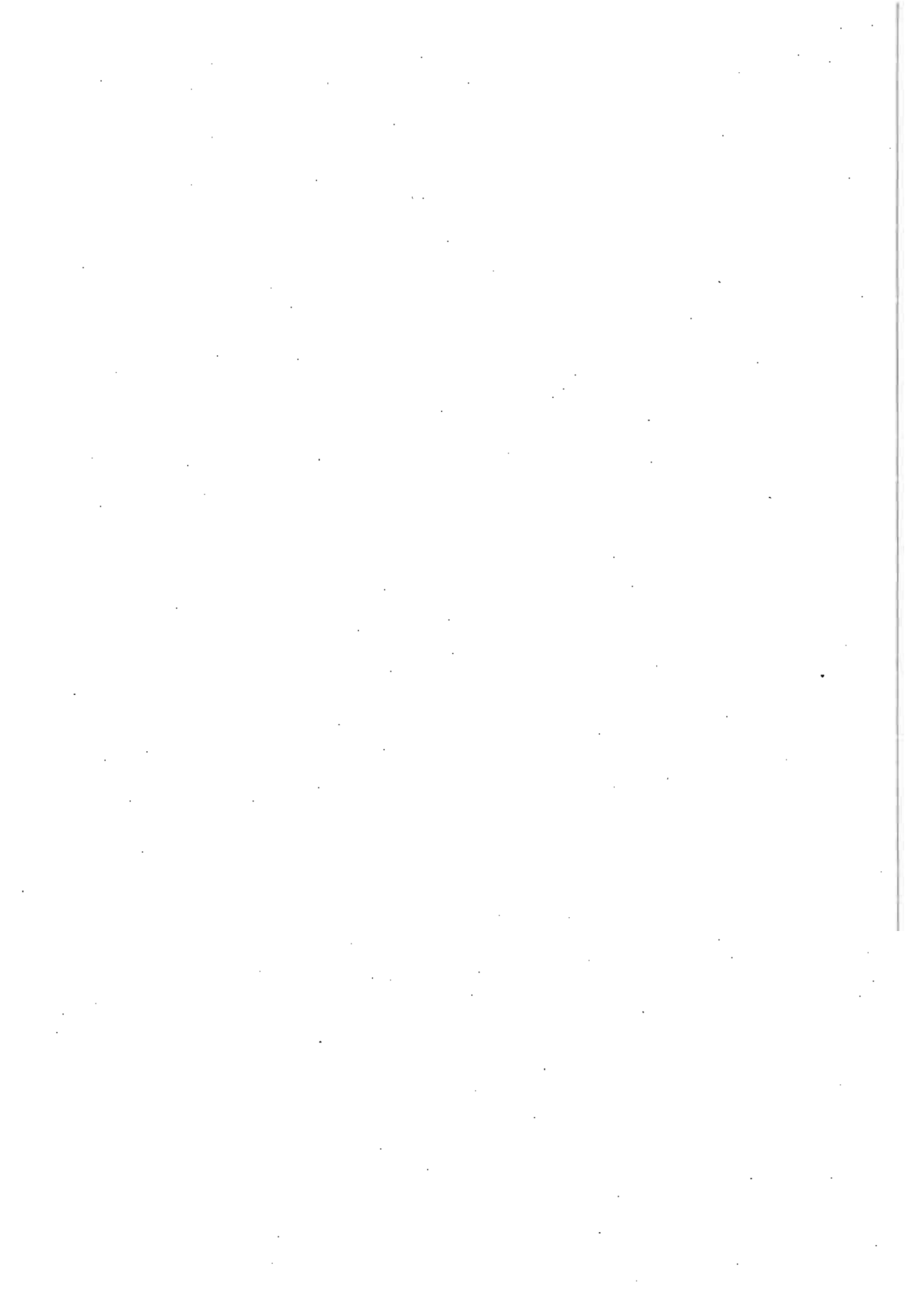


**AUDIT ENVIRONNEMENTAL
ET ECONOMIQUE DES FILIERES
D'ELIMINATION DES BOUES
D'EPURATION URBAINES**



**ANALYSE SANITAIRE,
ECONOMIQUE
ET ASPECTS EMPLOI
(Annexe)**



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



ANALYSE SANITAIRE, ECONOMIQUE ET ASPECTS EMPLOI (Annexe)

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 :

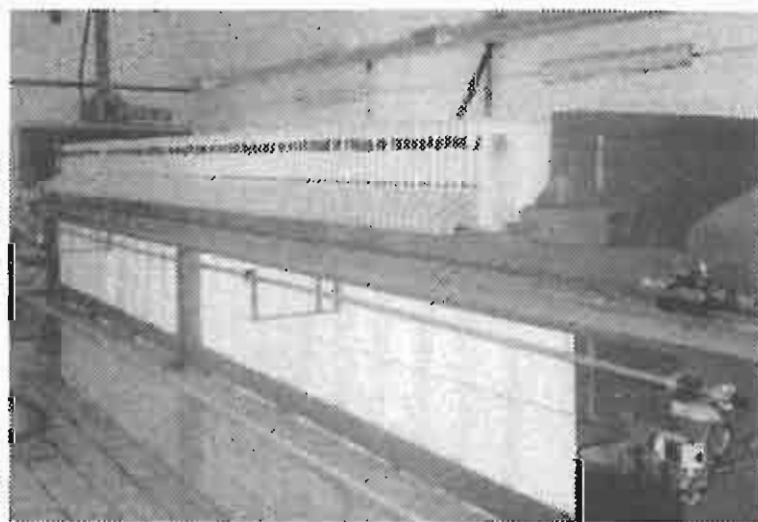
Agence de l'Eau Adour-Garonne
Agence de l'Eau Artois-Picardie
Agence de l'Eau Loire-Bretagne
Agence de l'Eau Rhin-Meuse
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
Agence de l'Eau Seine-Normandie
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)
Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (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 600 exemplaires/ septembre 1999

Prix : 150 F

Crédit photo : George Paté
Loreat



**ANALYSE
SANITAIRE**

1. PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les nombreuses années d'étude sur les boues d'épuration urbaines et leurs traitements permettent de dresser un état des lieux des connaissances sur les risques sanitaires par filière d'élimination, détaillé dans le tableau 1 et commenté dans le paragraphe 1.1 ci-après.

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

Il convient ainsi de combler les lacunes sur les risques sanitaires de la mise en décharge et de l'incinération, et de poursuivre les études concernant l'épandage, afin d'améliorer l'évaluation des risques sanitaires.

1.1 Risques sanitaires des différentes filières

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 (Cf. Bibliographie en Annexe 3).

Ainsi, de nombreuses interrogations scientifiques demeurent à l'heure actuelle, surtout sur les filières de l'incinération et de la mise en décharge.

Il faut souligner au préalable que l'application constante du principe de réduction à la source, notamment pour les polluants métalliques et organiques d'origines diverses, est une garantie de diminution des risques sanitaires, non seulement de l'épandage, mais aussi de l'incinération et de la mise en décharge.

1.11 Risques sanitaires de l'épandage

Concernant l'épandage des boues, il faut en premier lieu restituer à cette pratique son importance en rappelant que moins de 2 % des déchets épandus en agriculture proviennent des boues urbaines, contre plus de 94 % pour les déjections animales, qui présentent également des risques sanitaires¹.

En outre, la part des flux polluants sous forme d'éléments traces métalliques ou de composés traces organiques apportés au sol par les boues est le plus souvent inférieure à celle des autres sources de ce type de pollution (lisiers, engrais, dépôts atmosphériques, quantités déjà présentes naturellement, etc.).

¹ Cf. Tableau 4 pour les éléments traces métalliques, tableau 6 pour les composés traces organiques et tableau 4bis de l'Annexe 6 pour les germes pathogènes.

Il faut aussi souligner que la qualité des boues en éléments traces métalliques s'est largement améliorée depuis les 20 dernières années, et est généralement bien en dessous des seuils réglementaires, pourtant exigeants.

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, ne révèlent pas l'existence d'un risque dans ce domaine, dès lors que les prescriptions techniques réglementaires sont respectées.

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

Les quelques expériences menées jusqu'à présent sur l'**exportation des éléments traces métalliques** et **composés traces organiques** montrent que les exportations de ces polluants du sol vers les plantes sont faibles, voire inexistantes.

Pour 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.

Tableau 1 : Etat des connaissances sur les risques sanitaires des différentes filières de traitement des boues sur les populations cibles

Filière	Mode d'exposition	Risques pour les populations cibles			Exigences réglementaires	Remarques générales
		Travailleurs	Riverains	Consommateurs		
Epannage	Consommation de produits végétaux ou animaux			P: Faibles, Maîtrisés M: Limités O: Limités (Risque le plus grand sur pâturage)	Bonnes pratiques agricoles, normes d'hygiénisation ou de qualité des boues.	Exportations faibles vers les récoltes Risques à relativiser par rapport aux autres sources (lisiers, engrais ...)
	Inhalation ou contact dermique avec les boues Ingestion d'eau	P, P* M O } Limités	P, P* M O } Limités	P* Non quantifiés		
Incinération	Inhalation de particules ou de composés chimiques	P: Négligeables M* } Semblent faibles, O* } Limités	P: Négligeable M* } Semblent faibles, O* } Limités*		Limitation des émissions des fumées d'incinération (il est d'usage de respecter la réglementation sur l'incinération des OM).	Ces risques sont généralement encore mal connus et dépendent de la technologie utilisée.
	Consommation de produits animaux ou végétaux		P: Négligeables M* } semblent faibles, limités* O* } Limités*	P: Négligeables M* } Semblent faibles, limités* O* } Limités*		
Mise en décharge	Consommation et contact avec une eau contaminée	P M O } Non quantifiés, limités	M O } Non quantifiés Limités		Maîtrise des lixiviats.	Risques mal connus. Ce risque pourrait être limité si les émissions gazeuses des décharges étaient captées.
	Inhalation et contact avec des composés chimiques	P M** O** } Non quantifiés	P M** O** } Non quantifiés			
Manipulation, transport, ...	Inhalation et contact dermique avec les boues	P M O } Non quantifiés, limités			Précautions à respecter lors de la manipulation et du stockage.	

Légende

Limité : Limité par la réglementation correspondante

Limité* : limité en supposant que la réglementation sur l'incinération des OM est appliquée à l'incinération des boues

Les lettres P, M, O, correspondent aux différents types de risques liés aux :

P : pathogènes/P* : toxines spécifiques aux composts

M : éléments traces métalliques/M* : éléments métalliques et minéraux des rejets d'incinération/M** : éléments métalliques ou minéraux gazeux émis par les décharges

O : composés traces organiques/O* : composés organiques des rejets d'incinération/O** : composés organiques gazeux émis par les décharges

Un élément non rempli signifie que la population en question n'est pas concernée par le mode d'exposition (ou polluant) indiqué.

1.12 Risques sanitaires de l'incinération

Pour l'**incinération**, les risques liés à l'exposition à travers la chaîne alimentaire sont les moins bien connus, surtout pour les polluants organiques.

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) limitent ces risques.

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

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.

1.13 Risques sanitaires de la mise en décharge

Pour la **mise en décharge**, la stricte application de la réglementation concernant les Centres d'Enfouissement Technique de classe 2, acceptant les boues sous condition, permet de maîtriser les risques sanitaires dus à la percolation des lixiviats.

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

Les connaissances concernant ces risques sont également très insuffisantes.

1.2 Comparaison des risques sanitaires

Dans l'état actuel des connaissances, il n'est donc pas possible, ni d'appliquer la méthodologie d'évaluation quantifiée des risques, ni de **comparer** les risques sanitaires des différentes filières de traitement.

La seule comparaison effectuée dans cette étude concerne la filière de l'épandage, réalisée sur le seul critère micro-biologique (mesuré par la présence d'œufs d'helminthes). Il montre que les boues chaulées, compostées ou totalement séchées présentent un niveau satisfaisant d'hygiénisation. A défaut, des conditions d'usage plus restrictives sont nécessaires pour maîtriser ces risques micro-biologiques.

2. GLOSSAIRE ET DEFINITIONS

Composés traces organiques (ou micro-polluants organiques)

Substances organiques présentes dans les boues, d'origines diverses. Les substances considérées le plus fréquemment sont les HPA et les PCB. Les composés suivants entrent aussi dans cette catégorie : pesticides, solvants chlorés, chlorophénols, détergents, phtalates, et dioxines plus récemment, etc.

Danger

Expression de la potentialité d'expression d'un polluant.

CET

Centre d'enfouissement technique.

Dose Minimale Infectante (DMI)

C'est l'effectif d'un pathogène qui doit être absorbé pour que les symptômes de la maladie se manifestent chez quelques sujets au moins (de l'ordre de l'unité pour les œufs parasites intestinaux, de la centaine pour les virus et protozoaires ou plus pour les bactéries).

Éléments traces métalliques

Polluants minéraux constitués en majorité de métaux. Les recherches de l'INRA ont porté sur 16 micro-polluants minéraux (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, Fe, Al, Mn, As, Mo, Co, B, Tl), choisis pour leur présence hautement probable dans les boues d'épuration urbaines. Certains de ces éléments ont un rôle indispensable à faible concentration dans l'organisme (oligo-éléments), mais deviennent généralement toxiques au-delà d'un certain seuil.

NB : cette terminologie est préférée au terme "métaux lourds" traduction de "heavy metals", même si ce dernier terme est souvent utilisé.

EPA

Environmental Protection Agency (agence de protection de l'environnement des Etats-Unis).

Germes pathogènes ou micro-biologiques

Organismes biologiques, vivants ou non, susceptibles, après pénétration d'un organisme vivant, de s'y développer et d'occasionner une maladie. Ils appartiennent à cinq grands types :

1. Virus
2. Bactéries
3. Protozoaire
4. Helminthes (vers parasites)
5. Champignons

Ils sont présents dans les eaux usées et donc inévitablement présents dans les boues d'épuration.

HPA

Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques (appartiennent à la classe des composés traces organiques). Ce sont les sous produits de transformation du pétrole ou charbon dont un certain nombre sont cancérigènes (le benzo (a) pyrène est le mieux connu). On les retrouve dans les retombés atmosphériques. Ces composés sont souvent peu biodisponibles en raison de leur faible solubilité dans l'eau.

Hygiénisation

Traitement limitant le risque biologique en réduisant la présence d'agents pathogènes. Les critères déterminant si une boue peut-être dite hygiénisée ou non portent sur trois types d'agents pathogènes (Salmonella, Entérovirus et œufs d'helminthes pathogènes viables), qui doivent être en dessous du seuil détectable.

IAA

Industrie agro-alimentaire.

ICPE

Installation classée pour la Protection de l'Environnement.

OM

Ordures ménagères.

PCB

Polychlorobiphényles (appartiennent à la classe des composés traces organiques). Ils sont utilisés dans les circuits fermés de transformateur, comme plastifiant ou encore comme fluide hydraulique.

Risque et excès de risque

Probabilité d'expression d'un polluant (à distinguer du danger qui ne traduit que le caractère potentiel).

On mesure l'excès de risque par le risque supplémentaire par rapport à une population non exposée.

Remarque : le risque nul n'existe pas : l'objectif est de savoir s'il est acceptable ou non.

STEP

Station d'épuration.

"Spéciation"

Terme anglo-saxon, désignant l'ensemble des propriétés physiques et chimiques qui conditionne les potentialités biologiques d'un polluant, et notamment sa biodisponibilité, aussi bien dans un organisme végétal ou animal que dans le sol.

3. RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ANALYSE SANITAIRE

L'objectif de cette partie de l'étude est d'évaluer et de comparer les risques sanitaires générés par les différentes filières de traitement des boues d'épuration pour :

- les personnels travaillant dans ces filières,
- les populations voisines des installations de traitement et d'élimination,
- les consommateurs.

4. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Afin de traduire les différentes approches possibles pour l'évaluation des risques sanitaires des différentes filières, nous avons procédé à trois étapes :

- ① Présentation et application de la méthodologie standard d'évaluation **quantifiée des risques sanitaires**,
- ② **Etat des lieux actuel des connaissances** en matière de risques sanitaires de chacune des filières de traitement des boues,
- ③ **Classement des systèmes homogènes de l'épandage** en deux catégories, suivant un critère de risque micro-biologique.

Ces synthèses sont fondées sur de nombreuses publications, essentiellement sur l'épandage, et avis d'experts sur le sujet, dont les listes figurent en annexe (Annexe 3 : bibliographie et annexe 4 : liste des experts contactés).

5. EVALUATION QUANTIFIEE ET COMPARAISON DES RISQUES SANITAIRES

5.1 Hypothèses générales

Afin de comparer les différentes filières de traitement, nous considérons par défaut que les différentes installations de traitement des boues (CET, incinérateurs, ...) sont aux normes, tant en ce qui concerne les rejets gazeux (fumées, etc.) qu'aqueux (lixiviats de décharge, etc.).

Dans certains cas, comme pour la percolation de lixiviat, nous retenons toutefois des scénarios observés en pratique qui présentent des risques sanitaires, même si l'application de la réglementation permet en théorie de les supprimer.

5.2 Méthodologie d'évaluation quantifiée des risques sanitaires

La méthodologie standard d'évaluation des risques est basée sur le principe que le risque subi par une population au contact d'un polluant est fonction de deux facteurs :

- le danger intrinsèque du polluant et
- l'exposition de la population (dite cible) à ce polluant.

Le risque dû à des polluants identifiés, pour une population-cible préalablement définie, peut être formalisé sous la forme :

$$\text{Risque} = \text{Danger} \times \text{Exposition, où :}$$

- Le **danger** représente l'ensemble des caractéristiques du polluant considéré (toxicité, caractéristiques physico-chimiques,...),
- L'**exposition** caractérise les mécanismes qui amènent le polluant en contact avec la population cible. Pour ce faire, il faut identifier :
 - les mécanismes d'émission et de diffusion (lixiviation, vaporisation, etc.),
 - les modes d'exposition (inhalation, ingestion, contact dermique),
 - la fréquence et durée d'exposition.

L'évaluation quantifiée du risque suit alors les étapes suivantes :

- identification des populations cibles,
- identification des polluants,
- estimation du danger des polluants,
- évaluation de l'exposition,
- caractérisation du risque.

Les chapitres suivants présentent l'**application de cette méthodologie d'évaluation quantifiée des risques pour chacune des trois filières** (épandage, incinération, mise en décharge).

5.3 Détermination des population cibles

L'évaluation du risque sanitaire s'applique à trois cibles principales :

- les personnels de la filière,
- les riverains,
- les consommateurs.

Nous regroupons d'abord sous le terme "travailleur" toutes les personnes employées dans les filières d'élimination des boues de STEP et participant aux opérations de manutention, transport et traitement des boues. Cette cible comprend aussi les agriculteurs participant à la filière épandage.

Nous regroupons sous le terme "riverain" les populations voisines d'un site de traitement, stockage, ou d'élimination de boues.

Nous regroupons sous le terme "consommateur" les personnes susceptibles d'ingérer de l'eau ou un produit d'origine végétale ou animale.

5.4 Identification des polluants

Les polluants identifiés sont principalement de trois types :

- germes pathogènes,
- éléments traces métalliques,
- composés traces organiques.

Les **germes pathogènes**, de source humaine ou animale, sont inévitablement présents dans les eaux usées, et, par voie de conséquence, dans les boues.

Les **éléments traces métalliques** ont une origine plus diversifiée (activités commerciales, ruissellement des eaux pluviales, corrosion des conduites, et industrielles, ...).

Les **composés traces organiques** sont issus soit de source domestique (détergents), soit de contamination par des effluents industriels ou eaux de ruissellement, soit encore des lixiviats de stockage de déchets.

Ces polluants sont aussi présents dans les boues de l'industrie agro-alimentaire ou de l'industrie papetière, même si leur concentration varie fortement selon l'activité (cf. Pré-étude de définition).

Lors du traitement des boues, d'autres polluants peuvent apparaître au cours de certains traitements :

- gaz issus des décharges,
- fumées, refoim et mâchefers issus de l'incinération,
- toxines, telles les mycotoxines, lors du compostage.

Les polluants associés aux gaz et fumées seront par la suite classés en deux catégories :

- éléments métalliques ou minéraux (métaux, ammoniac, etc.),
- composés organiques (méthane, dioxines, furanes, etc.).

5.5 Estimation du danger des polluants

Le danger des polluants est différent suivant qu'il s'agit d'agents pathogènes ou non.

5.51 Agents pathogènes

Les organismes pathogènes potentiellement présents dans les boues peuvent être très nombreux et provoquer diverses pathologies (salmonellose, dysenterie, choléra, gastro-entérite, etc.).

On définit généralement une Dose Minimale Infectante (DMI) en dessous de laquelle l'infection ne peut avoir lieu.

5.52 Autres polluants

Pour les éléments traces métalliques², composés traces organiques et autres, les effets sur la santé humaine peuvent être séparés en deux catégories³ de toxicité :

- *Les effets de type A* (ou cancérigènes suivant la typologie de l'EPA) pour lesquels aucune valeur seuil de toxicité n'a été déterminée ;
- *Les effets de type B* (ou non cancérigènes suivant la typologie de l'EPA), pour lesquels une valeur seuil de toxicité a été identifiée.

Cette classification reste toutefois contestée en France, où la notion de seuil est parfois remise en cause.

5.53 Incertitudes de l'estimation des dangers

L'évaluation des dangers pathogènes est généralement limitée par les difficultés de recherches des agents pathogènes et par la méconnaissance de l'état de virulence d'un agent mis en évidence par les techniques analytiques actuelles.

Le temps peut aussi influencer le danger des polluants. Pour les agents pathogènes, des durées minimales de stockage sont recommandées. En outre, les composés traces organiques, contrairement aux éléments métalliques, sont la plupart du temps biodégradables.

² A titre d'illustration, parmi les éléments/traces métalliques, le cadmium est un des métaux dont la toxicité liée à la bio-accumulation est la plus forte.

³ Catégories figurant à l'annexe I - Partie A de la Directive Européenne n° 93/67/CEE

De plus, il faut tenir compte de la "spéciation" des éléments métalliques pour connaître par exemple la bio-disponibilité d'un polluant et donc son danger. Cette "spéciation" peut aussi varier lors des différentes étapes de traitement de boues comme par exemple lors du chaulage.

5.6 Evaluation de l'exposition

L'estimation de l'exposition nécessite de passer en revue l'ensemble des modes d'exposition susceptibles d'exister pour chacune des filières.

Certains modes d'exposition identifiés sont des modes d'exposition directs :

- contact dermique avec des boues,
- inhalation de composés volatils ou de poussières émises lors de la manutention,
- inhalation de composés volatils après incinération.

Les modes d'exposition directs peuvent être communs aux trois filières, notamment ceux qui concernent les employés affectés à la manutention, au transport et au stockage des boues.

Il existe également des modes indirects, faisant intervenir des transferts complexes :

- diffusion dans les eaux souterraines et ingestion d'eau souterraine,
- bio-accumulation dans les végétaux ou dans les produits animaux et ingestion de ceux-ci,
- etc.

Les modes d'exposition sont précisés ci-dessous pour chaque filière :

5.61 Modes d'exposition pour l'épandage

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,
- ingestion d'eau souterraine ou de surface contaminée par lixiviation.

Les principaux modes d'exposition de l'épandage sont synthétisés dans le tableau 1 ci-dessous :

Polluant	Voie d'exposition	Mode d'exposition	Travailleur	Riverain	Consommateur
Boues : - Agents Pathogènes - ET Métalliques - CI Organiques	Végétaux	Consommation de végétaux contaminés par les boues			X
		Consommation de produits animaux (bétail ingérant des végétaux)			X
	Sol	Contact dermique avec le sol ou inhalation de particules	X		
		Consommation de produits animaux (bétail broutant)			X*
		Consommation de végétaux contaminés par le sol			X
	Eaux souterraines et superficielles	Ingestion d'eau	X	X	X
		Consommation de produits animaux (Bétail s'abreuvant)			X
	Manipulation des boues ou du compost	Contact cutané avec les boues ou compost	X*		*
		Inhalation de particules de boues/compost ou de composés volatils	X*	X*	*

Légende

* Exposition spécifique des populations lors de la manipulation du compost.

Tableau 1 : Voies et modes d'exposition de l'épandage

A titre d'illustration, pour quantifier l'exposition, les modèles américains de l'EPA sont basés sur certaines hypothèses :

- un homme inhale au maximum 10 mg/m³ de boues épandues,
- un enfant ingère au maximum 0,2 g de boues exprimés en poids par jour pendant 5 ans,
- etc.

Un mode d'exposition concerne souvent plus une population et un type de polluant. Les risques de bio-accumulation pour les consommateurs sont par exemple plus aigus pour les composés traces organiques et éléments traces métalliques. A l'inverse, les agents pathogènes posent des risques plus locaux et concernent donc plus les travailleurs et riverains.

5.62 Modes d'exposition pour l'incinération

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.

Une présentation des modes d'exposition possibles de l'incinération est synthétisée dans le tableau 2 ci-dessous :

Polluant	Voie d'exposition	Mode d'exposition	Travailleur	Riverain	Consommateur	
Boues : - Agents Pathogènes - E. Métalliques ou Minéraux - E. Organiques	Air	Inhalation de composés volatils et particules	X	X		
	Sols	Contact dérmique avec des sols contaminés par les particules	X	X		
	Plantes/ Animaux	Consommation de produits animaux ou végétaux contaminés par les particules ou composés volatils		X	X	
	Manipulation des boues avant incinération		Contact cutané avec les boues	X		
			Inhalation de particules de boues	X	X	

Tableau 2 : Voies et modes d'exposition de l'incinération

Pour la mise en décharge des refiom et mâchefers, nous renvoyons aux modes d'exposition de la mise en décharge.

Les modes d'exposition étant déterminés, il reste à évaluer la **fréquence**, la **durée** et l'**intensité** de l'exposition.

Il n'existe cependant pas aujourd'hui de données générales sur ces éléments. La fréquence et la durée peuvent être obtenues par enquête auprès des populations cibles, et l'intensité par mesure ou par simulation.

5.63 Modes d'exposition pour la mise en décharge

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 lixiviation.

Les principaux modes d'exposition pour la mise en décharge sont synthétisés dans le tableau 3 ci-dessous :

Polluant	Voie d'exposition	Mode d'exposition	Travailleur	Riverain	Consommateur	
Boues : - Agents Pathogènes - E Métalliques et Minéraux - E Organiques	Air	Inhalation d'émissions volatiles et de poussières	X	X		
	Eaux souterraines et de surface	Ingestion d'eau	X	X	X	
	Sol	Contact dermique ou inhalation	X			
	Manipulation des boues avant mise en décharge	Contact cutané avec les boues		X		
		Inhalation de particules de boues		X	X	

Tableau 3 : Voies et modes d'exposition pour la mise en décharge

5.7 Conclusion et limitations

L'évaluation du risque sanitaire de chaque filière de traitement, telle qu'elle est définie par la méthodologie d'évaluation **quantifiée** des risques présentée ci-dessus, est ainsi confrontée à **de nombreuses limitations**.

La comparaison des risques sanitaires des filières de traitement des boues est ainsi limitée par la complexité, la diversité et les différences entre :

- polluants,
- populations cibles,
- voies d'exposition.

Le point faible des connaissances concerne aujourd'hui surtout l'estimation de l'exposition des populations aux polluants.

C'est pourquoi l'application de l'évaluation quantifiée des risques, ainsi que la comparaison des différentes filières de traitement des boues, ne sont pas réalisables dans l'état actuel des connaissances scientifiques.

Il faut noter que diverses démarches d'évaluation partielle des risques ont été utilisées pour les composés traces organiques. Trois démarches sont citées par l'ADEME : US EPA (1989), OMS (Chang A.C. et al., 1995; Dean R.B., Suess M.J., 1985) et Agence de l'Eau Rhin-Meuse (1995, non publiée). Chaque approche ne considère cependant pas les mêmes voies et, pour un même scénario, les résultats sont parfois même contradictoires selon les auteurs. En effet, la limite de ces démarches réside à la fois dans la validité des hypothèses retenues, dans le choix des données de références, et dans le choix des coefficients de sécurité obtenus (facteur 1 à 1000). Les décisions prises par le spécialiste en santé publique dans la manipulation des scénarios, sa propre subjectivité et sensibilité, influent fortement sur le résultat final.

Face à ces limitations la seule comparaison effectuée dans ce rapport concerne la filière de l'épandage, réalisée sur un seul critère de risque microbiologique, qui permet de classer uniquement les systèmes homogènes de l'épandage en deux catégories (voir chapitre 7).

Compte tenu de ces nombreuses limitations, nous présentons ci-après l'état des connaissances des risques sanitaires pour les populations cibles, séparément pour chacune des filières de traitement des boues.

6. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Nous présentons ci-dessous une synthèse de l'état des connaissances sur les filières de traitement des boues, ainsi que les dispositions prises afin de maîtriser ces risques.

6.1 Epannage

Les connaissances sur les risques sanitaires de l'épandage sont spécifiques aux polluants.

Nous présentons donc l'état des connaissances pour :

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

6.11 Germes pathogènes

Etat des connaissances

Il faut en premier temps relativiser la part des boues dans l'origine des déchets agricoles épandus en agriculture : moins de 2 % proviennent des boues urbaines contre plus de 94 % pour les déjections animales, qui présentent également des risques⁴ sanitaires.

Depuis le début des opérations d'épandage des boues, **aucune corrélation univoque entre épandage et événement pathologique n'a pu être mise en évidence**. Toutefois, ceci ne signifie pas une absence de risque, mais indiquerait plutôt un excès de risque très faible pour les agents pathogènes.

Les rares études épidémiologiques, qui ont réussi à mettre en évidence un excès de risque avec des certitudes variables (forte présomption ou quasi-certitude) concernaient deux agents pathogènes (*Taenia* spp et *Sarcocystis* spp) qui ont peu d'impact sur la santé de l'homme et des animaux.

De même, les études concernant la bactérie *Salmonella* spp. tendent à prouver qu'il y a peu de risques lorsque les recommandations d'épandage sont respectées [ADEME, 98].

⁴ Cf. Tableau 4 pour les éléments traces métalliques, tableau 6 pour les composés traces organiques et Annexe 6 pour les germes pathogènes.

Maîtrise du risque pathogène

La nouvelle réglementation française met en œuvre **deux moyens complémentaires pour maîtriser les risques pathogènes** :

- le respect de "*bonnes pratiques*", édictant un ensemble de règles relativement précises sur l'utilisation des boues;
- des exigences de *traitement* des boues (hygiénisation).

La nouvelle réglementation reprend en grande partie les recommandations du CSHPF en ce qui concerne :

- le stockage des boues en tête de parcelle,
- les matériels d'épandage,
- les dispositifs permettant de réduire la production d'odeurs et d'aérosols,
- les précautions à prendre en cas d'utilisation sur une prairie permanente.

Par ailleurs, afin de maintenir une *veille sanitaire*, le Centre National d'Information Toxicologique Vétérinaire (CNITV) et l'ADEME ont décidé de relancer la cellule de veille sanitaire, qui avait fonctionné de 1986 à 1990 et n'avait recensé qu'un seul cas d'accident, sans toutefois pouvoir établir une corrélation univoque avec l'épandage des boues.

La veille sanitaire permettra de surveiller des animaux sentinelles et de mieux connaître les transferts dans la chaîne alimentaire.

Il faut noter que seule l'Académie Nationale de Médecine, saisie par la FNSEA, est plus préoccupée que le CSHPF sur la question des risques sanitaires. Elle donne des recommandations plus strictes, essentiellement en proposant d'interdire l'utilisation de toutes sortes de boues, même hygiénisées, sur "les terrains destinés aux productions maraîchères et fruitières susceptibles d'être consommées à l'état cru" (avis du 30 juillet 1998).

6.12 *Éléments traces métalliques (ETM)*

Il faut d'abord noter que la quantité d'éléments traces métalliques apportée annuellement en France par les boues urbaines (exprimée en t/an) est très minoritaire (1 % à 14 %, Cf. Tableau 4 ci-après) par rapport aux autres polluants (lisiers, engrais, retombées atmosphériques, etc.).

Les flux annuels d'éléments traces (exprimés en t/ha/an) mesurés sur les parcelles recevant des boues sont également minoritaires par rapport aux flux reçus d'autres sources de pollution, sauf pour le cadmium. En effet, comme le montre le tableau 4bis de l'Annexe 7, les flux en cadmium sont plus importants sur les parcelles recevant des boues et des engrais. Il convient ainsi, comme le souligne l'INRA (1996) d'approfondir les connaissances sur le cadmium (Annexe Fiche Cadmium).

Sources identifiées	Eléments			
	Cd	Pb	Zn	Cu
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

Tableau 4 : Contribution relative des différentes sources d'éléments traces métalliques contaminant le sol français (en tonnes par an)

En outre, sur la base des quelques données disponibles, il apparaît que la **qualité des boues urbaines à dominante domestique s'est nettement améliorée** en France par rapport aux années 1974/1975, en particulier pour le cadmium, le plomb et le zinc.

Etat des connaissances

Les bilans tirés d'expériences pluriannuelles tendent à montrer que les **exportations annuelles par les végétaux en éléments traces sont de l'ordre du pour-cent des apports cumulés dans le sol**, ce qui montre qu'ils s'accumulent dans les autres compartiments de l'environnement (sol, eau, air) (CSHPF, 97).

Les **exportations par les récoltes mesurées dans les dispositifs de longue durée situés en France et en Angleterre mettent en évidence le caractère insignifiant de l'apport cumulé de métaux par les boues** (toujours moins de 1% durant la période considérée de 15 et 20 ans, ADEME, 1998).

Des éléments complémentaires relatifs à l'état des connaissances sur les transferts des éléments traces métalliques sont fournis ci-après.

1. Transfert du sol vers la plante (bio-disponibilité), bio-accumulation dans la plante et exportation par les récoltes

La biodisponibilité sol-plante dépend tout d'abord de l'espèce et de la variété végétale, comme le montre le tableau 5.

Caractère propre à l'accumulation	Eléments	Espèces végétales
Fortement accumulatrices	Cd	Carotte, Laitue, Epinard
	Zn	Carotte, Laitue, Epinard
	Cu	Carotte
	Ni	Chou vert
Moyennement accumulatrices	Cd	Chou, Céleri
	Zn	Maïs, Betterave
	Cu	Laitue, Betterave
	Ni	Betterave
Faiblement accumulatrices	Cd	Betterave, Poireau
	Zn	Céréales, Poireau, Céleri
	Cr	Chou vert
	Cu	Pomme de terre, Chou vert, Epinard
	Ni	Céréales, Maïs, Poireau, Pomme de terre
Très faiblement accumulatrices	Cd	Céréales, Maïs, Pomme de terre
	Zn	Pomme de terre
	Pb	Toutes espèces
	Cr	Toutes espèces sauf Chou vert

Tableau 5 : Caractère propre à l'accumulation de certaines espèces végétales, (ADEME 1998, d'après Sauerbeck et Stypereck, 1988)

Les autres facteurs du milieu déterminant la biodisponibilité sont le degré et la nature de la contamination, la texture et la teneur en matière organique, le pH, le potentiel redox du sol. Par exemple, la biodisponibilité est fortement limitée quand le pH du sol augmente, notamment en cas de chaulage des boues (à l'exception du cadmium qui voit sa biodisponibilité augmenter entre pH 5,7 et 7,5).

Des phénomènes d'antagonismes et de synergie peuvent aussi exister, du fait de la présence de nombreux métaux. L'exemple le plus cité est, pour les boues d'épuration, l'antagonisme zinc-cadmium, la présence de zinc limitant le transfert du cadmium dans certains végétaux.

Les éléments traces métalliques sont ensuite absorbés par les racines, où la plupart restent captifs : le transfert vers les parties aériennes est le plus souvent assez faible (phénomène de "barrière physiologique").

2. Transfert direct du sol vers l'animal

Ce mode de transfert doit et peut être évité, notamment en suivant les recommandations du CSHPF (reprises dans la réglementation), plus strictes pour l'épandage sur pâturage.

3. Transfert du sol vers la plante via l'atmosphère

Le transfert du sol vers la plante via l'atmosphère concerne principalement le mercure et le sélénium, dont on a pu retrouver une proportion importante dans les parties aériennes des plantes sur un sol fortement contaminé par du mercure, via les vapeurs de métal émises par le sol. Les concentrations moyennes en mercure et sélénium en France semblent écarter ce mode de transfert.

4. Transfert par voie particulière

Certaines anomalies de bilans de matière constatées lors de mesures faites en Angleterre sur des cultures de maïs, compte tenu de la faiblesse des exportations de polluants par les cultures ou par le drainage profond, ne peuvent s'expliquer que **par érosion ou entraînement du sol**. Ce pourrait être le cas notamment pour le cadmium sur des parcelles de cultures de maïs situées à proximité de parcelles expérimentales recevant des apports massifs de boues ayant une forte teneur en métal (1 à 30 fois supérieurs aux maxima autorisés).

Maîtrise des risques dus aux éléments métalliques

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

Les polluants métalliques n'étant pas biodégradables, l'**aspect préventif** de réduction à la source des polluants métalliques doit être privilégié à long terme.

D'après l'ADEME, l'expérience montre que la mise en œuvre coordonnée d'une politique "qualité des boues", à l'échelle des stations d'épuration, est capable de diminuer encore plus les concentrations en éléments traces métalliques.

6.13 Composés traces organiques

De manière similaire aux flux d'éléments traces métalliques, il faut souligner la contribution minoritaire des boues d'épuration à l'accumulation des composés traces organiques dans le sol d'après les sources disponibles. Selon une étude suisse parue en 1987 et citée par l'ADEME, 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 6 ci-dessous.

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

*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).*

Source : Diercxens 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.

Tableau 6 : Apports comparés par différentes sources en HPA et PCB totaux dans des sols cultivés en Suisse

Etat des connaissances

Pour les composés traces organiques, les risques sanitaires engendrés par les boues d'épuration sont a priori dus à deux types d'exposition (CSHPF, 1997) :

- exposition directe, pour les personnes en charge de l'épandage et,
- exposition indirecte, à travers différents composants de l'alimentation issus de sols recevant les boues.

La voie directe peut être évitée en suivant les bonnes pratiques agricoles, rappelées dans la réglementation.

La voie indirecte, en particulier celle par les plantes et les récoltes, semble limitée. En effet, les quelques expérimentations spécifiques faites avec des HPA et PCB montrent des passages dans la plante quasiment inexistantes (O'Connor, 1996).

Pour la voie de contamination passant par l'animal, (épandage sur pâturages), les **risques de contamination par consommation de produit existent surtout 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 liés aux composés traces organiques

La France est un des rares pays (avec notamment l'Allemagne, la Suisse, le Canada et aussi l'Organisation Mondiale de la Santé), à **prévoir des spécifications réglementaires concernant les composés traces organiques**. Les USA, qui avaient en projet de réglementer l'apport de ces polluants, via l'utilisation des boues, ont abandonné cette idée pour le moment, mais préparaient déjà un amendement à la réglementation qui vient d'être promulguée et pensent ajouter des limitations d'apport pour certains composés traces organiques.

En France, l'arrêté du 8 janvier 1998 a ainsi prévu des valeurs limites dans les boues pour les HPA et PCB, ainsi que les flux limites (voir tableau 1b de l'arrêté du 8 janvier 1998 en Annexe 1, qui fixe des limites légèrement plus contraignantes pour l'épandage sur pâturage).

De même que pour les éléments métalliques, **l'approche préventive est à privilégier** pour les composés organiques. Tout doit être mis en œuvre pour réduire, et si possible supprimer, les rejets ou les entrées dans le réseau d'assainissement. En effet, les traitements d'épuration ont souvent peu d'impacts sur ces substances, à l'exception des composés organiques volatils ou facilement biodégradables.

Enfin, il convient d'approfondir les recherches dans ce domaine afin de mieux connaître les risques associés à ces polluants.

6.2 Incinération

Le terme générique "incinération" regroupe, dans la suite de ce rapport, aussi bien l'incinération spécifique que la co-incinération avec des ordures ménagères.

Etat des connaissances

Très peu d'études concernent l'incinération spécifique des boues. De plus, peu d'études concernent l'incinération des déchets ménagers ou assimilés en général, d'où nous avons extrapolé les éléments applicables aux boues d'épuration (voir bibliographie).

Il faut noter qu'**une importante recherche bibliographique est actuellement menée par le Ministère de l'Environnement**. Les chargés d'étude concernés n'ont pas souhaité communiquer des résultats partiels, mais les conclusions, attendues en septembre 1999, devraient permettre d'enrichir les résultats actuellement disponibles sur le sujet.

Pour ces risques liés à l'incinération, on considère que **les germes pathogènes sont détruits** par la chaleur et ne représentent donc pas de risque sanitaire pour les populations (OTV, 1997).

Les risques sanitaires liés à la voie respiratoire des populations riveraines paraissent faibles voire négligeables (Dor, 1998). 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 dépôts atmosphériques liés spécifiquement à l'incinération de déchets et sur l'estimation de l'apport à travers la chaîne alimentaire**. Pour les métaux lourds cependant, il semblerait que la dose pénétrant dans l'organisme et attribuable aux fumées d'incinération représente moins de 10 % de la valeur seuil proposée par les organismes internationaux. **Le risque encouru par les populations riveraines semble donc très faible voire inexistant** (Zmirou, 1996 cité par Dor, 1998).

Il faut aussi évoquer les risques sanitaires dus aux résidus d'incinération comme les mâcheters et les cendres volantes, où se concentrent les polluants. En fonction de leur toxicité ceux-ci peuvent être mis en décharge de classe 2, de classe 1, ou encore valorisés.

Ces différents modes d'élimination sont encadrés par la réglementation, mais peu de données sont disponibles sur l'évaluation des risques sanitaires associés.

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. De plus, la forte teneur des fumées d'incinération en dioxyde de soufre par rapport aux éléments chlorés, limite la re-formation de composés indésirables (dioxines, furanes) lors des phases de récupération d'énergie (OTV, 1997). Il n'est toutefois pas exclu que l'incinération des boues soit une source d'émission de dioxines ou de furanes (qui touchent principalement les populations par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire) (Keck, 1998).

Maîtrise des risques de l'incinération

En l'absence de réglementation spécifique aux boues d'épuration, il est d'usage de se référer aux textes législatifs relatifs aux ordures ménagères, avec lesquelles les boues de station peuvent être incinérées (co-incinération). La réglementation sur les ICPE réglemente quant à elle les autres installations de combustion.

L'incinération des ordures ménagères en France est régie par l'arrêté du 25 janvier 1991, qui fixe les prescriptions applicables à toutes les installations nouvelles ou existantes. La sévérité des prescriptions augmente avec la taille des installations.

7.3 Limitations liées à cette méthode de classification

Cette classification comporte cependant certaines limitations :

- cette méthode ne tient pas compte des risques liés aux éléments traces métalliques et aux composés traces organiques ;
- cette classification est limitée uniquement à l'épandage, car les risques pathogènes ne constituent pas un des risques principaux de l'incinération et leur connaissance est encore mal maîtrisée pour la mise en décharge ;
- les hypothèses fortes retenues sur l'efficacité de l'hygiénisation (cf. tableau 7) ne sont pas forcément respectées entièrement sur le terrain, de même que les bonnes pratiques peuvent ne pas être appliquées, faute d'un encadrement suffisant par exemple.

SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe 1 : Décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 et arrêté du 8 janvier 1998 sur les boues urbaines	31
Annexe 2 : Exemple d'évaluation quantifiée des risques pour deux polluants identifiés (Nickel et Cadmium) pour une usine d'incinération (source GRIDEC, 1996)	42
Annexe 3 : Bibliographie de l'analyse sanitaire	44
Annexe 4 : Liste des experts contactés pour l'analyse sanitaire	47
Annexe 5 : Programme de recherche sur l'incinération et la mise en décharge (programmes en cours à l'ADEME et au Ministère de l'Environnement)	49
Annexe 6 : Risques pathogènes liés aux matières fécales des animaux à sang chaud (source : CEMAGREF, 1996)	52
Annexe 7 : Flux en éléments traces métalliques sur les parcelles en France (source : Robert et Juste, INRA, Journées Techniques ADEME des 5 et 6 juin 1997)	54

ANNEXE 1

*Décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 et arrêté du
8 janvier 1998 sur les boues*

Décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées

(NOR ATE E 97 50078 D)

(JO du 10 décembre 1997)

Le Premier ministre

Sur le rapport du ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement et du ministre de l'Agriculture et de la Pêche.

Vu la directive n° 75/442/CEE du Conseil des Communautés européennes du 15 juillet 1975 modifiée relative aux déchets ;

Vu la directive n° 86/278/CEE du Conseil des Communautés européennes du 12 juin 1986 modifiée relative à la protection de l'environnement lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture ;

Vu la directive n° 91/271/CEE du Conseil des Communautés européennes du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines ;

Vu la directive n° 91/676/CEE du Conseil des Communautés européennes du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles ;

Vu le Code pénal, et notamment son article R. 610-1 ;

Vu le Code de la santé publique, et notamment son article L. 1 ;

Vu le Code général des collectivités territoriales ;

Vu le Code rural ;

Vu le Code forestier ;

Vu la loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative aux déchets ;

Vu la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;

Vu la loi n° 79-595 du 13 juillet 1979 relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture ;

Vu la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et notamment ses articles 8 (3°) et 10^o ;

Vu le décret n° 93-742 du 29 mars 1993 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues à l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée ;

Vu le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée ;

Vu le décret n° 93-1038 du 27 août 1993 relatif à la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole ;

Vu le décret n° 94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 372-1 et L. 372-3 du Code des communes ;

Vu le décret n° 96-102 du 2 février 1996 relatif aux conditions dans lesquelles peuvent être édictées les prescriptions et règles prévues par les articles 8 (3°) et 9 (2° et 3°) de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et l'article 58 de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution applicables aux installations, ouvrages, travaux et ac-

vités soumis à autorisation ou à déclaration par l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 ;

Vu le décret n° 96-163 du 4 mars 1996 relatif aux programmes d'action à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole ;

Vu l'avis de la mission interministérielle de l'eau en date du 12 novembre 1996 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France en date du 19 novembre 1996 ;

Vu l'avis du Comité national de l'eau en date du 21 novembre 1996 ;

Le Conseil d'État (section des travaux publics) entendu.

Décrète :

CHAPITRE PREMIER Dispositions générales

Article premier. — Le présent décret a pour objet de définir les conditions dans lesquelles sont épandus sur les sols agricoles, forestiers ou en voie de reconstitution ou de revégétalisation les sédiments résiduaires des installations de traitement ou de pré-traitement biologique, physique ou physico-chimique des eaux usées, ci-après dénommés « boues »

Art. 2. — Ces boues ont le caractère de déchets au sens de la loi du 15 juillet 1975 susvisée

Leur épandage est au nombre des activités entrant dans le champ d'application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, dont l'autorisation ou la déclaration fait l'objet du chapitre IV ci-après.

Ne sont pas soumis aux dispositions du présent décret :

— les produits composés en tout ou en partie de boues qui, au titre de la loi du 13 juillet 1979 susvisée, bénéficient d'une homologation ou, à défaut, d'une autorisation provisoire de vente ou d'importation, ou sont conformes à une norme rendue d'application obligatoire ;

— les boues dont l'épandage fait l'objet de réglementations spécifiques au titre de la loi du 19 juillet 1976 susvisée

Art. 3. — Les dispositions du présent décret fixent, en matière d'épandage des boues, les règles générales d'hygiène et toutes autres mesures propres à préserver la santé de l'homme au sens de l'article L. 1 du Code de la santé publique. Elle se substituent, à compter de leur date d'entrée en vigueur, aux règlements sanitaires départementaux.

Art. 4. — Les matières de curage des ouvrages de collecte des eaux usées ne peuvent être assimilées à des boues que lorsqu'elles ont subi un traitement destiné à en éliminer les sables et les graisses. A défaut, leur épandage est interdit. L'épandage des sables et des graisses est interdit quelle qu'en soit la provenance.

Le mélange des boues provenant d'installations de traitement distinctes est interdit. Toutefois, le préfet peut autoriser le regroupement de boues dans des unités d'entreposage ou de trai-

tement communs, lorsque la composition de ces déchets répond aux conditions prévues au chapitre III. Il peut également, sous les mêmes conditions, autoriser le mélange de boues et d'autres déchets, dès lors que l'objet de l'opération tend à améliorer les caractéristiques agronomiques des boues à épandre.

Les matières de vidanges issues de dispositifs non collectifs d'assainissement des eaux usées sont assimilées aux boues issues de stations d'épuration pour l'application du présent décret.

Art. 5. — Les exploitants des unités de collecte, de pré-traitement et de traitement biologique, physique ou physico-chimique d'eaux usées sont des producteurs de boues au sens du présent décret ; il leur incombe à ce titre d'en appliquer les dispositions.

Dans le cas où le mélange de boues d'origine diverses, ou de boues et de déchets autres, est autorisé en vertu de l'article précédent, le préfet désigne la ou les personnes à qui incombe l'application des dispositions du présent décret.

Dans le cas des matières de vidanges, cette charge est assumée par l'entreprise de vidange.

CHAPITRE II Conditions générales d'épandage des boues

Art. 6. — La nature, les caractéristiques et les quantités de boues épandues ainsi que leur utilisation doivent être telles que leur usage et leur manipulation ne portent pas atteinte, directe ou indirecte, à la santé de l'homme et des animaux, à l'état phytosanitaire des cultures, à la qualité des sols et des milieux aquatiques.

L'épandage des boues ne peut être pratiqué que si celles-ci présentent un intérêt pour les sols ou pour la nutrition des cultures et des plantations. Il est interdit de pratiquer des épandages à titre de simple décharge.

Art. 7. — Les boues doivent avoir fait l'objet d'un traitement par voie physique, biologique, chimique ou thermique, par entreposage à long terme ou par tout autre procédé approprié de manière à réduire, de façon significative, leur pouvoir fermentescible et les risques sanitaires liés à leur utilisation.

Des arrêtés conjoints des ministres chargés de l'Environnement, de la Santé et de l'Agriculture fixent :

— la nature du traitement en fonction de la nature et de l'affectation des sols ;

— les conditions dans lesquelles il peut être dérogé à cette obligation de traitement par des précautions d'emploi appropriées.

Art. 8. — Tout épandage est subordonné à une étude préalable réalisée à ses frais par le producteur de boues et déterminant l'aptitude du sol à le recevoir, son permettre, les modalités de sa réalisation, y compris les matériels et dispositifs d'entreposage nécessaires.

Cette étude justifie que l'opération envisagée est compatible avec les objectifs et dispositions techniques du présent décret, les contraintes

d'environnement recensées et toutes les réglementations et documents de planification en vigueur, notamment les plans prévus à l'article 10-2 de la loi du 15 juillet 1975 susvisée et les schémas d'aménagement et de gestion des eaux prévus aux articles 3 et 5 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée.

Des capacités d'entreposage aménagées doivent être prévues pour tenir compte des différentes périodes où l'épandage est soit interdit, soit rendu impossible. Toutes dispositions doivent être prises pour que l'entreposage n'entraîne pas de gênes ou de nuisances pour le voisinage, ni de pollution des eaux ou des sols par ruissellement ou infiltration.

Une solution alternative d'élimination ou de valorisation des boues doit être prévue pour pallier tout empêchement temporaire de se conformer aux dispositions du présent décret.

Art. 9. - Les producteurs de boues doivent mettre en place un dispositif de surveillance de la qualité des boues et des épandages.

Ils tiennent à jour un registre indiquant :

- la provenance et l'origine des boues, les caractéristiques de celles-ci et notamment les principales teneurs en éléments fertilisants, en éléments traces et composés organiques traces ;

- les dates d'épandage, les quantités épandues, les parcelles réceptrices, et les cultures pratiquées ;

Les producteurs de boues communiquent régulièrement ce registre aux utilisateurs et sont tenus de le conserver pendant dix ans.

Dans le cas de mélanges, des modalités particulières de surveillance doivent être mises en place de manière à connaître à tout moment la qualité des différents constituants du mélange et leur origine.

Art. 10. - Le producteur de boues adresse au préfet, chaque année, une synthèse des informations figurant au registre mentionné à l'article 9. Celui-ci doit être présenté aux agents chargés du contrôle de ces opérations. Le préfet peut communiquer la synthèse du registre aux tiers sur leur demande.

Le préfet peut faire procéder à des contrôles inopinés des boues ou des sols.

Art. 11. - Des conditions spécifiques d'emploi peuvent être fixées dans chaque département par le préfet, après avis du conseil départemental d'hygiène pour tenir compte de la nature particulière des sols et sous-sols, des milieux aquatiques, du milieu environnant et de la climatologie. Ces conditions doivent, en tout état de cause, procurer un niveau de protection au moins équivalent à celles prévues par le présent décret.

Art. 12. - Pour l'application du présent chapitre, des arrêtés conjoints des ministres chargés de l'Environnement, de la Santé et de l'Agriculture fixent :

- les prescriptions techniques applicables pour les dispositifs d'entreposage et les dépôts temporaires ;

- le contenu de l'étude préalable prévue à l'article 8 ;

- la nature des informations devant figurer au registre mentionné à l'article 9 et dans sa synthèse mentionnée à l'article 10 ;

- la fréquence des analyses et leur nature, les modalités de surveillance et les conditions dans lesquelles elles sont transmises aux utilisateurs de boues et aux agents chargés du contrôle de ces opérations ;

— les modalités du contrôle exercé par le préfet au titre de l'article 10.

CHAPITRE III

Dispositions techniques relatives aux épandages

Art. 13. - Les épandages de boues effectués sur les parcelles cultivées ou destinées à la culture doivent être adaptés aux caractéristiques des sols et aux besoins nutritionnels des plantes.

Les épandages sur sols agricoles doivent en outre être conformes aux mesures arrêtées par les préfets, en application du décret du 4 mars 1996 susvisé dans les zones vulnérables délimitées au titre de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole définies par le décret du 27 août 1993 susvisé.

Art. 14. - L'épandage sur sols agricoles de boues provenant d'ouvrages de traitement susceptibles de recevoir un flux polluant journalier supérieur à 120 kg de demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DBO₅) fait l'objet, par le producteur de boues :

- d'un programme prévisionnel d'épandage, établi conjointement ou en accord avec les utilisateurs définissant les parcelles concernées par la campagne annuelle, les cultures pratiquées et leurs besoins, les préconisations d'emploi des boues, notamment les quantités devant être épandues, le calendrier d'épandage et les parcelles réceptrices ;

- à la fin de chaque campagne annuelle, d'un bilan agronomique de celle-ci, comportant notamment le bilan de fumure, et les analyses réalisées sur les sols et les boues.

Ces documents sont transmis par le producteur de boues au préfet.

Art. 15. - Les périodes d'épandage et les quantités épandues doivent être adaptées de manière que :

- la capacité d'absorption des sols ne soit pas dépassée compte tenu des autres apports de substances épandues et des besoins des cultures ;

- ni la stagnation prolongée sur les sols, ni le ruissellement en dehors de parcelles d'épandage, ni une percolation rapide ne puissent se produire.

L'épandage est interdit :

- pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé, exception faite des boues solides ;

- pendant les périodes de forte pluviosité ;

- en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies normalement exploitées ;

- sur les terrains en forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage ;

- à l'aide de dispositifs d'aérodéposition qui produisent des brouillards fins.

Des distances minimales doivent être respectées par rapport :

- aux berges des cours d'eau, aux lieux de baignade, aux piscicultures et zones conchylicoles, aux points de prélèvement d'eau et des terrains affectés par des phénomènes karstiques, de manière à préserver la qualité des eaux souterraines et superficielles ;

- des habitations et établissements recevant du public, de manière à protéger la salubrité publique et limiter les nuisances olfactives.

L'arrêté conjoint des ministres chargés de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Santé fixe :

- les règles techniques d'épandage à respecter, les mesures nécessaires à la préservation des usages auxquels sont affectés les terrains faisant l'objet d'un épandage de boues et de la qualité sanitaire des produits destinés à la consommation humaine ou animale qui en sont issus, notamment les quantités maximales d'application, les doses et fréquences d'apport des boues sur les sols ;

- les distances minimales prévues à l'alinéa ci-dessus ;

- le contenu des documents mentionnés à l'article 14 ;

- les teneurs maximales en éléments traces et composés organiques traces présents dans les boues, l'arrêté pouvant prévoir une diminution progressive de ces teneurs.

Art. 16. - Les dispositions de l'article précédent s'appliquent à l'épandage des boues sur les parcelles boisées, publiques ou privées. Toutefois les opérations doivent être conduites de façon que :

- aucune accumulation excessive de substances indésirables ne puisse avoir lieu dans le sol ;

- le risque pour le public fréquentant les espaces boisés, notamment à des fins de loisir, de chasse ou de cueillette, soit négligeable ;

- aucune contamination de la faune sauvage ne soit causée directement ou indirectement par les épandages ;

- aucune nuisance ne soit perçue par le public.

L'arrêté conjoint des ministres chargés de l'Environnement, de la Santé et de l'Agriculture fixe les règles, les prescriptions techniques et les caractéristiques des produits permettant de répondre aux exigences du présent article. Jusqu'à l'entrée en vigueur de cet arrêté, les épandages en forêt font (même dans le cas où il n'y a pas lieu à autorisation au titre de la loi sur l'eau) l'objet d'une autorisation spéciale donnée après avis du conseil départemental d'hygiène. La demande d'autorisation comprend la description d'un protocole expérimental et d'un protocole de suivi.

Art. 17. - Lorsqu'ils sont destinés à la reconstitution ou à la revegetalisation des sols, les épandages doivent être adaptés en quantité et en qualité à la reconstitution d'un couvert végétal ou des propriétés physiques de sols, compte tenu des autres apports de substances épandues sur les sols. L'épandage de boues est interdit sur le site d'anciennes carrières.

L'arrêté conjoint des ministres chargés de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Santé fixe les règles et prescriptions techniques et les caractéristiques de produits permettant de répondre aux exigences de l'alinéa précédent.

CHAPITRE IV

Application de la loi sur l'eau

Art. 18. - I - La rubrique 5.4.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 susvisé est modifiée de la manière suivante :

« 5.4.0 Épandage de boues issues du traitement des eaux usées ; la quantité de boues épandues dans l'année, produites dans l'unité de traitement considérée, étant :

1° Quantité de matière sèche supérieure à 800 t/an. A

ou azote total supérieur à 40 t/an :

2^o Quantité de matière sèche comprise entre 3 et 8(X) t/an D

ou azote total compris entre 0,15 t/an et 40 t/an.

Pour l'application de ces seuils, sont à prendre en compte les volumes et quantités maximales de boues destinées à l'épandage dans les unités de traitement concernées »

11 - Il est créé une rubrique 5.5.0 à la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 susvisé ainsi rédigée :

« 5.5.0. Épandage d'effluents ou de boues, à l'exception de celles visées à la rubrique 5.4.0 : la quantité d'effluents ou de boues épandues étant :

1^o Azote total supérieur à 10 t/an A

ou volume annuel supérieur à 500 000 m³/an.

ou DBO₅ supérieure à 5 t/an :

2^o Azote total compris entre 1 t/an et 10 t/an D

ou volume annuel compris entre 50 000 m³/an et 500 000 m³/an

ou DBO₅ comprise entre 500 kg et 5 t/an. »

Art. 19. - Pour les opérations relevant de la rubrique 5.4.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 susvisé, le document mentionné aux articles 2 et 29 du décret n° 93-742 du 29 mars 1993 susvisé comprend, outre les éléments énumérés dans ce décret :

— une présentation de l'état du système d'assainissement et de son niveau de performances : la nature et le volume des effluents traités en tenant compte des variations saisonnières et éventuellement journalières ;

— la composition et le débit des principaux effluents raccordés au réseau public ainsi que

leur traitabilité et les dispositions prises par la collectivité à laquelle appartiennent les ouvrages pour prévenir la contamination des boues par les effluents non domestiques ;

— les dispositions envisagées pour minimiser l'émission d'odeurs gênantes ;

— l'étude préalable mentionnée à l'article 8 du présent décret et l'accord écrit des utilisateurs de boues ;

— les modalités de réalisation et de mise à jour des documents mentionnés à l'article 14

Ce document est établi et présenté par le producteur de boues

Art. 20. - Lorsque l'épandage des boues d'une même unité de traitement d'eaux usées, soumis à autorisation au titre de la rubrique 5.4.0 (1^o) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 susvisé, est réalisé dans trois départements ou plus, la procédure d'instruction de la demande d'autorisation conduite au titre des articles 3 à 8 du décret n° 93-742 du 29 mars 1993 susvisé est conduite indépendamment dans chaque département concerné. Toutefois, la demande d'autorisation mentionne l'ensemble des éléments énumérés à l'article 19 et l'avis du préfet ou des préfets coordonnateurs de bassin est requis.

CHAPITRE V

Sanctions et dispositions finales

Art. 21. - Est puni de l'amende prévue pour les contraventions de la 5^e classe :

— le fait d'épandre des graisses ou des sables, ou des matières de curage sans que celles-ci aient fait l'objet du traitement prévu à l'article 4 ;

— le fait de mélanger des boues provenant d'installations de traitement distinctes ou avec d'autres produits ou déchets en méconnaissance des dispositions de l'article 4 ;

— le fait, pour le producteur de boues, de ne pas respecter l'obligation de traitement ou, à défaut, les précautions d'emploi fixées en vertu de l'article 7 ;

— le fait, pour le producteur de boues ou, à défaut, l'entreprise chargée de la vidange des dispositifs d'assainissement non collectif, de ne pas mettre en place un dispositif de surveillance des épandages, ou de ne pas tenir à jour le registre mentionné à l'article 9, ou de ne pas fournir régulièrement aux utilisateurs de boues les informations figurant dans celui-ci ;

— le fait, pour le producteur de boues, de n'avoir pas élaboré, avant l'épandage, l'étude mentionnée à l'article 8 ou, le cas échéant, d'avoir réalisé l'épandage sans élaborer les documents prévus à l'article 14 ;

— le fait, pour quiconque, de ne pas respecter les prescriptions techniques applicables aux épandages mentionnés aux articles 15, 16 et 17

Le montant des amendes prévues en cas de récidive par l'article 131-13 du Code pénal est applicable aux infractions définies au présent article, en cas de récidive.

Les personnes morales peuvent être déclarées responsables pénalement, dans les conditions prévues par l'article 121-2 du Code pénal, des infractions définies au présent article. Elles encourent la peine d'amende suivant les modalités prévues par l'article 131-41 du Code pénal.

Art. 22. - Sans préjudice des dispositions de l'article 41 du décret n° 93-742 du 29 mars 1993 susvisé, les épandages régulièrement réalisés et ceux dont les procédures de déclaration ou de demande d'autorisation ont été engagées à la date de publication du présent décret doivent être mis en conformité avec les dispositions de l'article 4 dans un délai de deux ans, et avec les dispositions des articles 7, 8 et 14 dans un délai de trois ans.

ARRÊTÉ DU 8 JANVIER 1998

fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles
pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997
relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées

NOR ATE E 97 60538 A

(JO du 31 janvier 1998)

Le ministre de l'Intérieur, le ministre de l'Agriculture et de la Pêche, le ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, le ministre de la Fonction publique, de la Réforme de l'État et de la Décentralisation et le secrétaire d'État à la Santé

Vu la directive européenne 86/278 du 12 juin 1986 modifiée relative à la protection de l'environnement lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture ;

Vu la directive européenne 91/692 du 23 décembre 1991 visant à la standardisation et à la rationalisation des rapports relatifs à la mise en œuvre de certaines directives concernant l'environnement ;

Vu le Code de la santé publique ;

Vu la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau ;

Vu le décret n° 93-742 du 29 mars 1993 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues à l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée ;

Vu le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la Nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée ;

Vu le décret n° 94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L 372-1-1 et L 372-3 du Code des communes ;

Vu le décret n° 96-163 du 4 mars 1996 relatif aux programmes d'action à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole ;

Vu le décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, notamment ses articles 6, 11 et 15 ;

Vu l'avis de la mission interministérielle de l'eau en date du 13 novembre 1997 ;

Vu l'avis de la commission des matières fertilisantes et supports de culture en date du 16 mai 1997 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur d'hygiène de France en date du 16 septembre 1997 ;

Vu l'avis du Comité national de l'eau en date du 18 décembre 1997

Arrêtent :

Article premier. — L'objet de cet arrêté est de fixer les prescriptions techniques auxquelles doivent satisfaire les opérations d'épandage sur sols agricoles de boues issues du traitement des eaux usées, en application du décret du 8 décembre 1997 susvisé.

SECTION I — CONCEPTION ET GESTION DES EPANDAGES

Art. 2. — I — L'étude préalable d'épandage visée à l'article 8 du décret du 8 décembre 1997 susvisé comprend :

a) La présentation de l'origine, des quantités (produites et utilisées) et des caractéristiques des boues (type de traitement des boues prévu) ;

b) L'identification des contraintes liées au milieu naturel ou aux activités humaines sur le périmètre d'étude, y compris la présence d'usages sensibles (habitations, captages, productions spéciales...) et les contraintes d'accessibilité des parcelles ;

c) Les caractéristiques des sols, les systèmes de culture et la description des cultures envisagées sur le périmètre d'étude ;

d) Une analyse des sols portant sur l'ensemble des paramètres mentionnés au tableau 2 de l'annexe I réalisée en un point de référence, repéré par ses coordonnées Lambert, représentatif de chaque zone homogène

Par « zone homogène » on entend une partie d'unité culturale homogène d'un point de vue pédologique n'excédant pas 20 hectares

Par « unité culturale » on entend une parcelle ou un groupe de parcelles exploitées selon un système unique de rotations de cultures par un seul exploitant ;

e) La description des modalités techniques de réalisation de l'épandage (matériels, localisation et volume des dépôts temporaires et ouvrages d'entreposage, périodes d'épandage...)

f) Les préconisations générales d'utilisation des boues (intégration des boues dans les pratiques agronomiques, adéquation entre les surfaces d'épandage prévues et les quantités de boues à épandre en fonction de ces préconisations générales) ;

g) La représentation cartographique au 1/25 000 du périmètre d'étude et des zones aptes à l'épandage ;

h) La représentation cartographique à une échelle appropriée des parcelles exclues de l'épandage sur le périmètre d'étude et les moufs d'exclusion (points d'eau, pentes, voisinage...)

i) Une justification de l'accord des utilisateurs de boues pour la mise à disposition de leurs parcelles et une liste de celles-ci selon leurs références cadastrales ;

j) Tous les éléments complémentaires permettant de justifier le respect de l'article 8 du décret du 8 décembre 1997 susvisé

II — L'étude préalable d'épandage est remise à jour en fonction des modifications dans la liste des parcelles mises à disposition ou des modifications des contraintes recensées ini-

tialement. Pour les opérations soumises à autorisation ou déclaration au titre de l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 susvisée toute modification des surfaces d'épandage prévues fait l'objet d'une déclaration au préfet selon les modalités des articles 15 et 33 du décret n° 93-742 du 29 mars 1993 susvisé

Art. 3. — I — Le programme prévisionnel d'épandage mentionné à l'article 14 du décret du 8 décembre 1997 susvisé comprend :

a) La liste des parcelles ou groupes de parcelles concernées par la campagne d'épandage ainsi que la caractérisation des systèmes de culture (cultures implantées avant et après apport de boues...) sur ces parcelles ;

b) Des analyses des sols portant sur l'ensemble des paramètres mentionnés en annexe III « Caractérisation de la valeur agronomique » réalisées sur des points représentatifs des parcelles concernées par l'épandage, incluant les points de référence définis à l'article 2 concernés par la campagne d'épandage ;

c) Une caractérisation des boues à épandre (quantités prévisionnelles, rythme de production, valeur agronomique) ;

d) Les préconisations spécifiques d'utilisation des boues (calendrier prévisionnel d'épandage et doses d'épandage par unité culturale...) en fonction de la caractérisation des boues, du sol, des systèmes et types de cultures et des autres apports de matières fertilisantes ;

e) Les modalités de surveillance décrites à la section 3 du présent arrêté, d'exploitation interne de ces résultats, de tenue du registre mentionné à l'article 9 du décret du 8 décembre 1997 susvisé et de réalisation du bilan agronomique ;

f) L'identification des personnes morales ou physiques intervenant dans la réalisation de l'épandage.

II — Le programme prévisionnel d'épandage est transmis au préfet au plus tard un mois avant le début de la campagne d'épandage

Art. 4. — I — Le bilan mentionné à l'article 14 du décret du 8 décembre 1997 susvisé comprend :

a) Un bilan qualitatif et quantitatif des boues épandues ;

b) L'exploitation du registre d'épandage indiquant les quantités d'éléments fertilisants apportées par les boues sur chaque unité culturale et les résultats des analyses de sols ;

c) Les bilans de fumure réalisés sur des parcelles de référence représentatives de chaque type de sols et de systèmes de culture, ainsi que les conseils de fertilisation complémentaire qui en découlent ;

d) La remise à jour éventuelle des données réunies lors de l'étude initiale

II - Ce bilan est transmis au préfet au plus tard en même temps que le programme annuel d'épandage de la campagne suivante.

Art. 5. - Les ouvrages d'entreposage de boues sont dimensionnés pour faire face aux périodes où l'épandage est impossible. Ils sont conçus pour retenir les lixiviats générés au cours de la période d'entreposage. L'implantation des ouvrages d'entreposage, dépôts temporaires et dépôts de transit, leur conception et leur exploitation minimisent les émissions d'odeur perceptibles pour le voisinage, notamment lors des phases d'apport et de reprise des boues.

Le dépôt temporaire de boues, sur les parcelles d'épandage et sans travaux d'aménagement, n'est autorisé que lorsque les quatre conditions suivantes sont simultanément remplies :

- Les boues sont solides et stabilisées ; à défaut, la durée maximale du dépôt est inférieure à quarante-huit heures ;
- Toutes les précautions ont été prises pour éviter une percolation rapide vers les eaux superficielles ou souterraines ou tout ruissellement ;
- Le dépôt respecte les distances minimales d'isolement définies pour l'épandage par l'article 13 ainsi qu'une distance d'au moins 3 mètres vis-à-vis des routes et fossés ;
- Seules sont entreposées les quantités de boues nécessaires à la période d'épandage considérée. Cette quatrième condition n'est pas applicable aux boues hygiénisées.

Art. 6. - Outre les dispositions prévues aux articles 12 et 13, les boues sont épandues de manière homogène sur le sol. Les boues non stabilisées épandues sur sol nu sont enfouies dans un délai de quarante-huit heures.

Art. 7. - La quantité d'application de boues, sur ou dans les sols, doit respecter les trois conditions suivantes :

- Elle est calculée sur une période appropriée par rapport au niveau de fertilité des sols et aux besoins nutritionnels des plantes en éléments fertilisants, notamment le phosphore et l'azote, en tenant compte des autres substances épandues ;
- Elle est compatible avec les mesures prises au titre du décret du 4 mars 1996 susvisé ;
- Elle est, en tout état de cause, au plus égale à 3 kilogrammes de matière sèche par mètre carré, sur une période de dix ans.

Art. 8. - Le présent article fixe les prescriptions particulières pour les boues issues du traitement des eaux usées par lagunage.

Ces boues doivent être exemptes d'éléments grossiers.

Lorsque l'intervalle entre deux campagnes d'épandage est supérieur ou égal à cinq années, l'étude préalable d'épandage et le programme prévisionnel d'épandage de boues issues du traitement d'eaux usées par lagunage, mentionnés aux articles 2 et 3, peuvent être réalisés dans un document unique. La surveillance de la qualité des boues est celle prévue à l'article 14 (I et II).

Art. 9. - Le présent article fixe les prescriptions particulières pour les matières de vidange.

Celles-ci doivent être exemptes d'éléments grossiers.

Les modalités de surveillance prévues à l'article 14 sont remplacées par une analyse des éléments-traces métalliques du tableau 1 a de l'annexe I pour 1 000 mètres cubes de matières de vidange.

Art. 10. - Dans le cas de mélanges de boues avec d'autres produits ou déchets dans les conditions prévues à l'article 4 du décret du 8 décembre 1997 susvisé, les quantités maximales d'application fixées à l'article 7, point c), s'appliquent en référence à la quantité de boues entrant dans le mélange. Cette quantité est portée sur le registre mentionné à l'article 9 du décret du 8 décembre 1997 susvisé ainsi que la qualité des boues et celle du mélange. Les fréquences d'analyses fixées à l'article 14 s'appliquent en référence à la quantité totale du produit issu du mélange.

SECTION 2 - QUALITE DES BOUES ET PRECAUTIONS D'USAGE

Art. 11. - Les boues ne peuvent être épandues :

- Si les teneurs en éléments-traces métalliques dans les sols dépassent l'une des valeurs limites figurant au tableau 2 de l'annexe I ;
- Tant que l'une des teneurs en éléments ou composés-traces dans les boues excède les valeurs limites figurant aux tableaux 1 a ou 1 b de l'annexe I. Toutefois, jusqu'au 31 décembre 1999, des dépassements de ces concentrations limites sont tolérés, sans toutefois pouvoir dépasser une teneur égale à 1,5 fois la valeur limite ;
- Dès lors que le flux, cumulé sur une durée de dix ans, apporté par les boues sur l'un de ces éléments ou composés excède les valeurs limites figurant aux tableaux 1 a ou 1 b de l'annexe I.

En outre, lorsque les boues sont épandues sur des pâturages, le flux maximum des éléments-traces à prendre en compte, cumulé sur une durée de dix ans, est celui du tableau 3 de l'annexe I.

Des dérogations aux valeurs du tableau 2 de l'annexe I peuvent toutefois être accordées par le préfet sur la base d'études du milieu concerné montrant que les éléments-traces métalliques des sols ne sont pas mobiles ni biodisponibles.

Les boues ne doivent pas être épandues sur des sols dont le pH avant épandage est inférieur à 6, sauf lorsque les trois conditions suivantes sont simultanément remplies :

Le pH est supérieur à 5 ;

Les boues ont reçu un traitement à la chaux ;

Le flux cumulé maximum des éléments apportés aux sols est inférieur aux valeurs du tableau 3 de l'annexe I.

Art. 12. - I - Au sens du présent arrêté, on entend par :

- « boues solides » : des boues déshydratées qui, entreposées sur une hauteur de 1 mètre, forment une pente au moins égale à 30° ;

- « boues stabilisées » : des boues qui ont subi un traitement de stabilisation ;

- « stabilisation » : une filière de traitement qui conduit à une production de boues dont la fermentation est soit achevée, soit bloquée entre la sortie du traitement et la réalisation de l'épandage ;

- « boues hygiénisées » : des boues qui ont subi un traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans les boues. Une boue est considérée comme hygiénisée quand, à la suite d'un traitement, elle satisfait aux exigences énoncées pour ces boues à l'article 16.

II. - II ne peut être dérogé à l'obligation de traitement des boues mentionnée à l'article 7

du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 susvisé que lorsque les deux conditions suivantes sont simultanément remplies et sous réserve du respect des principes énoncés dans ce décret :

- lorsqu'il s'agit de matières de vidange ou que la capacité des ouvrages de collecte, de prétraitement ou de traitement des eaux usées est inférieure à 120 kg DBO5/jour ;

- si les boues sont enfouies dans les sols immédiatement après l'épandage au moyen de matériels adaptés.

Art. 13. - Sous réserve des prescriptions fixées en application de l'article L 20 du Code de la santé publique, l'épandage de boues tient compte des distances d'isolement et délais minimum prévus au tableau de l'annexe II.

SECTION 3 - MODALITES DE SURVEILLANCE

Art. 14. - I. - Les analyses des boues portant sur les éléments-traces métalliques et les composés-traces organiques sont réalisées dans un délai tel que les résultats d'analyses sont connus avant réalisation de l'épandage.

Les analyses portant sur la valeur agronomique des boues sont réalisées dans un délai le plus bref possible avant épandage et tel que les résultats d'analyses sont connus avant réalisation de l'épandage.

Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse sont précisées à l'annexe V.

L'arrêté d'autorisation peut, pour certains polluants, prévoir le recours à d'autres méthodes. Dans ce cas, des mesures de contrôle et d'étalonnage sont réalisées périodiquement à une fréquence fixée en accord avec le service chargé de la police des eaux.

II. - Les boues doivent être analysées lors de la première année d'épandage ou lorsque des changements dans la nature des eaux traitées, du traitement de ces eaux ou du traitement des boues sont susceptibles de modifier la qualité des boues épandues, en particulier leur teneur en éléments-traces métalliques et composés-traces organiques. Ces analyses portent sur :

- les éléments de caractérisation de la valeur agronomique des boues tels que mentionnés en annexe III ;

- les éléments et substances figurant aux tableaux 1 a et 1 b de l'annexe I, auxquels s'ajoute le sélénium pour les boues destinées à être épandues sur pâturages ;

- le taux de matière sèche ;

- tout autre élément chimique, substance ou micro-organisme pour lequel le dossier mentionné aux articles 2 et 29 du décret n° 93-742 du 29 mars 1993 susvisé a montré qu'il pouvait, du fait de la nature des effluents traités, être présent en quantité significative dans les boues.

Le nombre d'analyses est fixé au tableau 5 a de l'annexe IV. Pour les éléments, substances ou micro-organismes visés au dernier tiret ci-dessus, la fréquence est fixée par le préfet.

III. - En dehors de la première année d'épandage, les boues sont analysées périodiquement :

- selon la périodicité du tableau 5 b de l'annexe IV ;

- pour les éléments ou composés-traces pour lesquels toutes les valeurs des analyses effectuées lors de la première année d'épandage ou lors d'une année suivante sont inférieures à 75 % de la valeur limite correspondante ;

Tableau 1 b
Valeurs limites en composés-traces organiques dans les boues

Composés-traces	Valeur limite dans les boues (mg/kg MS)		Flux maximum cumulé, apporté par les boues en 10 ans (g/m ²)	
	Cas général	Épandage sur pâturages	Cas général	Épandage sur pâturages
Total des 7 principaux PCB (*)	0,8	0,8	1,2	1,2
Fluoranthène	5	4	7,5	6
Benzo(b)fluoranthène	2,5	2,5	4	4
Benzo(a)pyrène	2	1,5	3	2

(*) PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

Tableau 2
Valeurs limites de concentration en éléments-traces dans les sols

Éléments-traces dans les sols	Valeur limite en mg/kg MS
Cadmium	2
Chrome	150
Cuivre	100
Mercuré	1
Nickel	50
Plomb	100
Zinc	500

Tableau 3
Flux cumulé maximum en éléments-traces apporté par les boues pour les pâturages ou les sols de pH inférieurs à 6

Éléments-traces	Flux maximum cumulé, apporté par les boues sur 10 ans (g/m ²)
Cadmium	0,015
Chrome	1,2
Cuivre	1,2
Mercuré	0,012
Nickel	0,3
Plomb	0,9
Zinc	3
Sélénium (*)	0,12
Chrome - cuivre - nickel - zinc	4

(*) Pour le pâturage uniquement

ANNEXE II

Distances d'isolement et délais de réalisation des épandages

Tableau 4
Distances d'isolement et délais de réalisation des épandages

Nature des activités à protéger	Distance d'isolement minimale	Domaine d'application
Puits, forages, sources, aqueducs transitant des eaux destinées à la consommation humaine en écoulement libre, installations souterraines ou semi-enterrées utilisées pour le stockage des eaux, que ces dernières soient utilisées pour l'alimentation en eau potable ou pour l'arrosage des cultures maraîchères	35 mètres	Tous types de boues, pente du terrain inférieure à 7°
	100 mètres	Tous types de boues, pente du terrain supérieure à 7°

Nature des activités à protéger	Distance d'isolement minimale	Domaine d'application
Cours d'eau et plans d'eau	35 mètres des berges 200 mètres des berges 100 mètres des berges 5 mètres des berges.	Cas général, à l'exception des cas ci-dessous Boues non stabilisées ou non solides et pente du terrain supérieure à 7 % Boues solides et stabilisées et pente du terrain supérieure à 7 % Boues stabilisées et enfouies dans le sol immédiatement après l'épandage, pente du terrain inférieure à 7 %
Immeubles habités ou habituellement occupés par des tiers, zones de loisirs ou établissements recevant du public	100 mètres Sans objet.	Cas général à l'exception des cas ci-dessous Boues hygiénisées, boues stabilisées et enfouies dans le sol immédiatement après l'épandage
Zones conchylicoles	500 mètres	Toutes boues sauf boues hygiénisées et sauf dérogation liée à la topographie
DELAI MINIMUM		
Herbages ou cultures fourragères	Six semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères. Trois semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte des cultures fourragères	Cas général, sauf boues hygiénisées Boues hygiénisées.
Terrains affectés à des cultures maraîchères et fruitières à l'exception des cultures d'arbres fruitiers	Pas d'épandage pendant la période de végétation	Tous types de boues
Terrains destinés ou affectés à des cultures maraîchères ou fruitières, en contact direct avec les sols, ou susceptibles d'être consommées à l'état cru	Dix-huit mois avant la récolte, et pendant la récolte elle-même Dix mois avant la récolte, et pendant la récolte elle-même	Cas général, sauf boues hygiénisées Boues hygiénisées

ANNEXE III

Éléments de caractérisation de la valeur agronomique des boues et des sols

Analyses pour la caractérisation de la valeur agronomique des boues :

- matière sèche (en %) : matière organique (en %) ;
- pH ;

- azote total ; azote ammoniacal ;
- rapport C/N ;
- phosphore total (en P_2O_5) ; potassium total (en K_2O) ; calcium total (en CaO) ; magnésium total (en MgO) ;
- oligo-éléments (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn). Cu, Zn et B seront mesurés à la fréquence prévue pour les éléments-traces à l'annexe IV

Les autres oligo-éléments seront analysés dans le cadre de la caractérisation initiale des boues

Analyses pour la caractérisation de la valeur agronomique des sols :

- granulométrie, mêmes paramètres que précédemment en remplaçant les éléments concernés par P_2O_5 échangeable, K_2O échangeable, MgO échangeable et CuO échangeable

ANNEXE IV

Fréquence d'analyses de boues

Tableau 5 a

Nombre d'analyses de boues lors de la première année

Tonnes de matière sèche épan- dues (hors chaux)	< 32	32 à 160	161 à 480	481 à 800	801 à 1 600	1 601 à 3 200	3 201 à 4 800	> 4 800
Valeur agronomique des boues	4	8	12	16	20	24	36	48
As, B	-	-	-	1	1	2	2	3
Éléments-traces	2	4	8	12	18	24	36	48
Composés organiques	1	2	4	6	9	12	18	24

Tableau 5 b
Nombre d'analyses de boues en routine dans l'année

Tonnes de matière sèche épan- dues (hors chaux)	< 32	32 à 160	161 à 480	481 à 800	801 à 1 600	1 601 à 3 200	3 201 à 4 800	> 4 800
Valeur agronomique des boues	2	4	6	8	10	12	18	24
Éléments-traces	2	2	4	6	9	12	18	24
Composés organiques	-	2	2	3	4	6	9	12

ANNEXE V

Méthodes de préparation d'échantillonnage et d'analyse

1. Échantillonnage des sols

Les prélèvements de sol doivent être effectués dans un rayon de 7,50 mètres autour du point de référence repéré par ses coordonnées Lambert, à raison de 16 prélèvements élémentaires pris au hasard dans le cercle ainsi dessiné :

- de préférence en fin de culture et avant le labour précédant la mise en place de la suivante ;

- avant un nouvel épandage éventuel de boues ;

- en observant de toute façon un délai suffisant après un apport de matières fertilisantes pour permettre leur intégration correcte au sol ;

- et à même époque de l'année que la première analyse.

Les modalités d'exécution des prélèvements élémentaires et de constitution et conditionnement des échantillons sont conformes à la norme NF X 31 100

2. Échantillonnage des boues

Les boues sont l'objet d'un échantillonnage représentatif. Les sacs ou récipients destinés à l'emballage final des échantillons doivent être inertés vis-à-vis des boues, résistants à l'humidité et étanches à l'eau et à la poussière

2.1 Boues liquides : celles-ci doivent être homogénéisées avant prélèvement, soit par recirculation, soit par agitation mécanique pendant une durée comprise entre trente minutes et deux heures selon leur état. Les échantillons représentatifs des boues soumis à l'analyse sont constitués de quatre séries de 5 prélèvements élémentaires de deux litres, à des hauteurs différentes et en des points différents. Les différents prélèvements élémentaires sont mélangés, homogénéisés et réduits à un échantillon global d'un volume minimum de deux litres

2.2. Boues solides ou pâteuses :

Deux options sont possibles :

- échantillonnage sur un lot :

Les échantillons représentatifs des boues soumis à l'analyse sont constitués de 25 prélèvements élémentaires uniformément répartis en différents points et différentes profondeurs du lot de boues destinées à être épandues. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une sonde en dehors de la croûte de surface et des zones où une accumulation d'eau s'est produite. Les prélèvements élémentaires sont mélangés dans un récipient ou sur une bâche et donnent, après réduction, un échantillon d'un kilogramme environ envoyé au laboratoire ;

- échantillonnage « en continu » :

Les échantillons représentatifs des boues soumis à l'analyse sont constitués de 25 prélèvements élémentaires régulièrement espacés au cours de la période séparant chaque envoi au laboratoire. Chaque prélèvement élémentaire doit contenir au moins 50 grammes de matière sèche, et tous doivent être identiques. Ces échantillons élémentaires

sont conservés dans des conditions ne modifiant pas leur composition, puis rassemblés dans un récipient sec, propre et inerté afin de les homogénéiser de façon efficace à l'aide d'un outil adéquat pour constituer un échantillon composite qui, après réduction éventuelle, est envoyé au laboratoire. L'échantillon pour laboratoire représente 500 grammes à un kilogramme de matière sèche.

3. Méthodes de préparation et d'analyse des sols

La préparation des échantillons de sols en vue d'analyse est effectuée selon la norme NF ISO 11464 (décembre 1994). L'extraction des éléments-traces métalliques Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn et leur analyse est effectuée selon la norme NF X 31-147 (juillet 1996). Le pH est effectué selon la norme NF ISO 10390 (novembre 1994).

4. Méthodes de préparation et d'analyse des boues

La préparation des échantillons de boues et leur analyse sont effectuées selon les méthodes des tableaux 6 a, 6 b et 6 c. À défaut, la préparation des échantillons pour analyse s'effectue selon la norme NF U 44-110 (octobre 1982) et les analyses selon les normes françaises applicables aux analyses de boues ou de sols notamment :

- la norme NFU 44-171 (octobre 1982) pour la détermination de la matière sèche ;

- la norme NF ISO 11261 (juin 1995) pour la détermination de l'azote total ;

- la norme NF X 31-147 (juillet 1996) pour la mesure des éléments P, Ca, Mg et K

Tableau 6 a

Méthodes analytiques pour les éléments-traces

Éléments	Méthode d'extraction et de préparation	Méthode analytique
Éléments-traces métalliques.	Extraction à l'eau régale Séchage au micro-ondes ou à l'étuve	Spectrométrie d'absorption atomique, ou spectrométrie d'émission (AES), ou spectrométrie d'émission (ICP) couplée à la spectro- métrie de masse, ou spectrométrie de fluorescence (pour Hg)

Tableau 6 b

Méthodes analytiques recommandées pour les micro-polluants organiques

Éléments	Méthode d'extraction et de préparation	Méthode analytique
HAP	Extraction à l'acétone de 5 g MS (1) Séchage par sulfate de sodium. Purification à l'oxyde d'aluminium ou par passage sur résine XAD Concentration.	Chromatographie liquide haute performance. détecteur fluorescence. ou chromatographie en phase gazeuse + spectrométrie de masse
PCB	Extraction à l'aide d'un mélange acétone/éther de pétrole de 20 g MS (1). Séchage par sulfate de sodium. Purification à l'oxyde d'aluminium ou par passage sur colonne de célite ou gel de bio-beads (2) Concentration.	Chromatographie en phase gazeuse. détecteur ECD ou spectrométrie de masse

(1) Dans le cas de boues liquides, centrifugation préalable de 50 à 60 g de boue brute, extraction de surnageant à l'éther de pétrole et du culot à l'acétone suivie d'une seconde extraction à l'éther de pétrole ; combinaison des deux extraits après lavage à l'eau de l'extrait de culot.
(2) Dans le cas d'échantillons présentant de nombreuses interférences, purification supplémentaire par chromatographie de perméation de gel

Tableau 6 c

Méthodes analytiques recommandées pour les micro-organismes (boues hygiénisées)

Type de micro-organismes	Methodologie d'analyse	Étapes de la méthode
<i>Salmonella</i>	Dénombrement selon la technique du nombre le plus probable (NPP)	Phase d'enrichissement Phase de sélection. Phase d'isolement Phase d'identification présomptive Phase de confirmation : serovars.
Œufs d'helminthes.	Dénombrement et viabilité.	Filtration de la boue. Flotation au ZnSO ₄ Extraction avec technique diphasique : - incubation ; - quantification. (technique EPA, 1992)
Enterovirus	Dénombrement selon la technique du nombre le plus probable d'unités cytopathogènes (NPPUC)	Extraction-concentration au PEG 6000 ; - détection par inoculation sur cultures cellulaires BGM ; - quantification selon la technique du NPPUC

ANNEXE VI

Format de la synthèse annuelle des registres

Nom de la ou des stations de traitement et n° de département :

(pour les matières de vidange communes concernées par la collecte)

Quantités de boues produites dans l'année :

(pour les matières de vidange quantité collectée par année par commune)

- quantités brutes en tonnes :

- quantité de matière sèche en tonnes :

Méthodes de traitement des boues avant épandage :

Surface d'épandage en hectares :

Nombre d'agriculteurs concernés :

Quantités épandues :

- en tonnes de matière sèche :

- en tonnes de matière sèche par hectare :

Périodes d'épandage :

Identité des personnes physiques ou morales chargées des opérations d'épandage :

Identité des personnes physiques ou morales chargées des analyses :

Analyses réalisées sur les sols (un tableau par zone homogène) :

Références de l'unité culturale		Références parcelaires	
Éléments-traces dans les sols	Unité	Nombre d'analyses réalisées dans l'année	Valeur moyenne
Cadmium	mg/kg MS		
Cuivre	mg/kg MS		
Nickel	mg/kg MS		
Plomb	mg/kg MS		
Zinc	mg/kg MS		
Mercuré	mg/kg MS		
Chrome	mg/kg MS		

Dérogations éventuelles données aux seuils en éléments-traces métalliques dans les sols ou au pH :

- paramètres concernés :

- valeurs :

- surface couverte et type de sols :

Analyses réalisées sur les boues :

Éléments et substances	Unité	Nombre d'analyses réalisées dans l'année	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Cadmium	mg/kg MS				
Chrome	mg/kg MS				
Cuivre	mg/kg MS				
Mercure	mg/kg MS				
Nickel	mg/kg MS				
Plomb	mg/kg MS				
Zinc	mg/kg MS				
Chrome + cuivre + nickel + zinc	mg/kg MS				
Total des 7 principaux PCB (*)	mg/kg MS				
Fluoranthène	mg/kg MS				
Benzofluoranthène	mg/kg MS				
Benzopyrène	mg/kg MS				
Autres éléments-traces	mg/kg MS				
Matière sèche	%				
Matière organique	% MS				
pH					
C	% (brut)				
N	% (brut)				
NK	% (brut)				
N-NH ₄	% (brut)				
P ₂ O ₅	% (brut)				
CaO	% (brut)				
MgO	% (brut)				
K ₂ O	% (brut)				
SO ₄	% (brut)				
(*) PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180					

ANNEXE 2

*Exemple d'évaluation quantifiée des risques
pour deux polluants identifiés (Nickel et
Cadmium) pour une usine d'incinération
(source GRIDEC, 1996)*

Étapes de la méthodologie	Nickel	Cadmium
Concentration émission maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1)	6.1	0.3
Concentration émission par modélisation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1)	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Risque unitaire cancérigène (2)	$4.8 \cdot 10^{-4}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-
Seuil effet toxicologique (3)	-	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Concentration exposition vie entière riverain ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (4)	$2.18 \cdot 10^{-2}$	$1.04 \cdot 10^{-3}$
Effet sanitaire retenu (5)	cancer	effet rénal
Excès de risque vie entière riverain (6)	$1 \cdot 10^{-5}$	-

Tableau : Risques attribuables aux émissions d'un incinérateur (d'après GRIDEC, 1996)

Légende

- (1) Concentration mesurée ou évaluée.
- (2) Le risque unitaire cancérigène ou excès de risque unitaire (ERU) est la probabilité supplémentaire - par rapport à un sujet non exposé à la substance - qu'un individu a de contracter un cancer s'il est exposé toute sa vie à l'unité de dose de toxique.
- (3) Application pour les effets où l'on considère une valeur "seuil" (non cancérigène) selon la typologie de l'EPA.
- (4) Concentration mesurée, évaluée ou modélisée.
- (5) Effet sanitaire considéré.
- (6) L'excès de risque vie entière est le produit de l'ERU avec la dose d'exposition au toxique à laquelle est soumise la personne.

Bibliographie de l'analyse sanitaire

ANNEXE 3

Avertissement :

Epandage

Chacun de ces ouvrages comporte une bibliographie très abondante sur le sujet (plus de 170 études concernant l'épandage ont ainsi été identifiées).

Nous n'avons retenu que les ouvrages de synthèse récents.

On pourra se référer à la partie «analyse sociologique» de l'étude pour obtenir le détail des 170 études identifiées sur l'épandage des boues urbaines.

ADEME, Aspects sanitaires et environnementaux de l'épandage des boues d'épuration urbaines, Journées techniques ADEME, 5 et 6 juin 1997.

ADEME, ENVN, FNDAE et ENSP, 1994, les germes pathogènes dans les boues d'épuration urbaines. Collection "Valorisation agricole des boues d'épuration".

ADEME, INRA de Bordeaux, et FNDAE, 1995. Les micro-polluants métalliques dans les boues résiduelles des stations d'épuration urbaines. Collection "Valorisation agricole des boues d'épuration".

ADEME, IRH-Environnement, et FNDAE, 1995. Les micro-polluants organiques dans les boues résiduelles des stations d'épuration urbaines. Collection "Valorisation agricole des boues d'épuration".

Avis de l'Académie Nationale de Médecine adopté lors de la séance du 30 Juin 1998.
Epandage des boues d'épurations.

CEMAGREF, Avril 1996, Etude du risque de contamination fécale des eaux après épandage de lisier, Mlle Bouedo et M. Bertru, (Université de Rennes), Fabrice Guiziou.

CNITV/ADEME (Cellule Nationale de Veille Sanitaire Vétérinaire des Epandages des boues d'épuration Urbaines). Intérêt, Rôle et Fonctionnement, 1997.

Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), juin 1997. Risques sanitaires liés aux boues d'épuration des eaux usées urbaines, édition Lavoisier, Tee & Doc. (Les recommandations qui concluent les différents chapitres de cet ouvrage, ont, pour la plupart, été reprises dans le décret du 8 décembre 1997 et l'arrêté du 8 janvier 1998).

Décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 et arrêté du 8 Janvier 1998 relatifs à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.

FNDAE et ADEME, 1998. Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales.

Gaspard P, 1995. Contamination parasitaire dans l'environnement : prospective pour une gestion des risques sanitaires. Thèse Université Henri Poincaré, Nancy 1.

George A. O'Connor, Organic compounds in sludge-amended soils and their potential for uptake by crop plants, 1996, *The Science of the Total Environment* 185 (1996) 71-81.

JUSTE C., 1992 Cadmium in soils biavailability and possible ways to manage it in cadmium 92, Proc. seventh Intern Cadmium Comt, New Orlean Cadmium Assoc FP 69.

National Research Council (USA), 1996, Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production. Committee on the Use of Treated Municipal Wastewater Effluents and Sludge in the Production of Crops for Human Consumption. National Academy Press, Washington D.C. (USA), 178 p., ISBN 0 309 05 479 b [document diffusé en France par les éditions Lavoisier]

OTV, 1997. Traiter et valoriser les boues. Collection OTV.

Page et al., 1996. Use of reclaimed water and sludge in food crop production. National Research Council. National Academy Press. 178 p.

Incinération et mise en décharge

ADEME/GRIDEC, octobre 1996. Evaluation des nuisances et impacts liés à l'incinération d'ordures ménagères et assimilés. Rapport final d'étude.

D. Zmirou, Avril 1996. Traitement des déchets et risques sanitaires pour les riverains : évidences et incertitudes. Colloque ADEME, Recherche Santé-Déchets : Quelles priorités ?

Frédéric Dor ADEME, Mai 1998. Santé-Déchets : certitudes et incertitudes, article publié dans *Environnement et Techniques*.

Lesoual Jacques et Perrod Christophe, novembre 98, co-incinération et incinération des déchets solides et boues résiduaires, Degrémont et Lyonnaise des Eaux Bordeaux.

OTV, 1997. Traiter et valoriser les boues. Collection OTV.

*Liste des experts contactés pour l'analyse
sanitaire*

ANNEXE 4

Domaine	Nom	Service et Organisation
Epannage	Pr. Gérard KECK	Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon Réseau Santé-Déchets
	Pr. HARTEMAN	LHRSP (Laboratoire d'Hygiène et de Recherche en Santé Publique) de Nancy
Incinération	D. ZMIROU	Laboratoire de Santé Publique / Grenoble
	M. ALLARD	Degrémont (Responsable service boues)
Incinération et Mise en décharge	Frédéric DOR	Service Impact et Milieux, ADEME
Mise en décharge	Martine HOURS	IUMTE (Institut Universitaire de Médecine du Travail et d'Ergonomie) Réseau Santé-Déchets
	Irina KOSTROMINE	France Déchets (Responsable environnement)

ANNEXE 5

**Programmes de recherche sur l'incinération
et la mise en décharge
(en cours à l'ADEME)**

Programmes de recherche sur l'incinération et la mise en décharge en cours à l'ADEME

Le Ministère de l'Environnement, conjointement avec l'ADEME, la Société Française de Santé Publique (SFSP), le Ministère de la Santé ainsi que des experts et des industriels, mène actuellement une synthèse bibliographique sur le thème **des risques sanitaires de l'incinération des déchets ménagers et assimilés**. Les résultats de l'étude, en cours depuis un an, seront vraisemblablement disponibles en septembre 1999. Les chargés d'études n'ont cependant pas souhaité communiquer des résultats partiels.

Dans ce contexte lacunaire, l'ADEME a aussi mis en place et anime depuis 1996 un programme national de recherche intitulé "**Santé-Déchets**", qui vise à l'amélioration des connaissances et au développement d'outils et de méthodes d'évaluation et de caractérisation des risques sanitaires liés aux déchets et à leurs modes de gestion. Pour y parvenir, les travaux soutenus sont notamment de nature épidémiologique, toxicologique, métrologique, sociologique et économique sous l'angle de la santé. Les propositions pluridisciplinaires et/ou les travaux menés en liaison avec des gestionnaires de centres de traitement / élimination / valorisation sont vivement encouragés.

Les études sont en cours et elles ont débuté à partir de décembre 97 (Le budget actuel est environ de 5 millions de FF). Elles sont supervisées par M. Frédéric Dor, ADEME, Service Recherche Impacts et Milieux.

Programmes de recherche (suite)

Domaine	Equipe	Titre du projet	Durée
Incinération	Ministère de l'Environnement conjointement avec l'ADEME, le Ministère de la santé, la SFSP, des experts et industriels.	Risques sanitaires de l'incinération des déchets ménagers et assimilés.	En cours Résultats prévus en septembre 99
Programme Santé-Déchets			
Incinération	A. MAITRE (IUMTE)	Evaluation de l'exposition particulière chimique et microbiologique d'une population vivant à proximité d'un incinérateur d'ordures ménagères au moment des pointes d'exposition	En cours 24 mois
	H. CACHIER (CNRS Gif/Yvette) J.P. QUISEFIT (LISA)	Caractérisation physico-chimique des rejets particuliers des incinérateurs et quantification des facteurs d'émissions	En cours 18 mois
	M. GRIGNON (EVRY)	Méthodologie de reconstruction de la météorologie locale appliquée aux estimations d'exposition des populations situées au voisinage des centres de traitement des déchets	En cours -
	J.M. BLANCHARD (LAEPSI)	Etude des émissions de Dioxine d'une UIOM et de leur transfert dans l'environnement et les chaînes alimentaires	En cours -
	Y.LAURANS (ASCA)	Nature et place des arguments sanitaires dans les négociations autour des implantations conflictuelles d'incinérateurs	En cours -
Mise en décharge	P. KALUZNY (GRECA)	Etude des émissions de COV lors du stockage des déchets ménagers ou assimilés - tentative de réduction de ces émissions	En cours -
	M. HOURS (RSD)	Evaluation des risques sanitaires des centres de stockage des déchets - mise au point d'une méthodologie de suivi et de surveillance - application à deux sites	En cours 24 mois
Autres	C. BITAUD (SCPA)	Etude du transfert des métaux lourds du sol à l'huile de colza	En cours 12 mois
	D.LHUILLIER (GERAL)	Environnement et santé : représentations des risques sanitaires liés aux déchets et à leurs modes de traitement	24 mois
	PH. POUECH (SOLAGRO)	Etat des connaissances sur les aspects sanitaires de la filière méthanisation des déchets et sous-produits organiques	-

*Risques pathogènes liés aux matières fécales
des animaux à sang chaud*

ANNEXE 6

Risques pathogènes liés aux matières fécales des animaux à sang chaud

Source : CEMAGREF, Avril 96, *Etude du risque de contamination fécale des eaux après épandage de lisier*, Mlle Bouedo et M. Bertru, (Université de Rennes), Fabrice Guiziou.

La présence de bactéries d'origine fécale dans un milieu permet d'identifier le risque pathogène.

Pour apprécier la contamination bactérienne, les organismes de recherche et les organismes de contrôle de la qualité de l'eau et des produits alimentaires utilisent des indicateurs représentés par des groupes de bactéries typiques bien identifiés et bien maîtrisés en laboratoire : il s'agit des coliformes totaux et streptocoques fécaux.

Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la composition des matières fécales de certains animaux à sang chaud (nombre de coliformes et streptocoques fécaux par gramme d'excrément).

Source	Streptocoques fécaux (millions)	Coliformes fécaux (millions)
Porc	84,0	3,3
Canard	54,0	33,0
Poulet	3,4	1,3
<i>Homme</i>	3,0	13,0
Dinde	2,8	0,3
Vache	1,3	0,2

Ce tableau montre que les déjections d'animaux d'élevage (porc, canard, etc.) peuvent aussi présenter des risques pathogènes.

ANNEXE 7

*Flux en éléments traces métalliques sur les
parcelles concernées par différentes sources
de pollution*

*(Source Robert et Juste, INRA,
Journées Techniques, ADEME des 5 et 6 juin 1997)*

**Tableau 4 bis : Flux en éléments traces
métalliques sur les parcelles concernées par
différentes sources de pollution**

Source identifiée	Eléments			
	Cd	Pb	Zn	Cu
	Flux** (g/ha/an)	Flux** (g/ha/an)	Flux** (g/ha/an)	Flux** (g/ha/an)
Retombées atmosphériques (industries et voitures)	0,027	661	-	-
Engrais	10	78,9	-	-
Boues *	8,4	208	-	524
Composts urbains	-	-	1.444	-
Lisiers de porc	-	-	90.000	1.400
Produits phytosanitaires	-	-	-	14.000

* En se basant que un épandage sur 1% de la SAU.

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

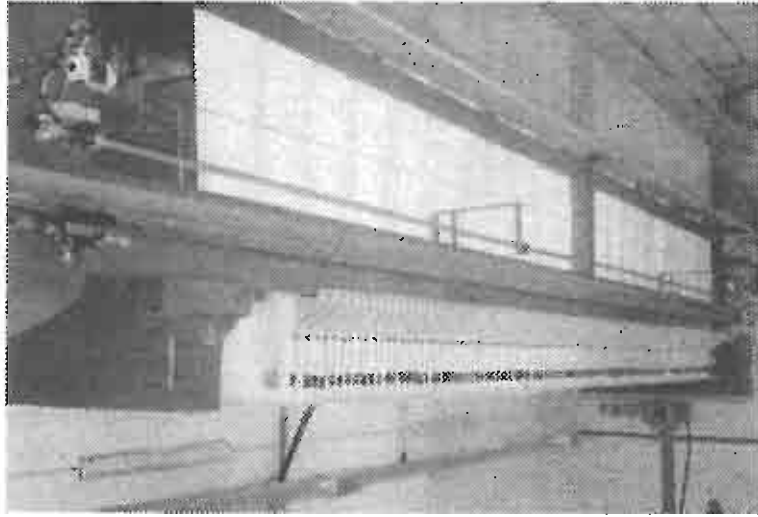
Légende :

Flux ** (g/ha/an) :

Les flux correspondent à la fourchette basse des estimations faites.

Remarque : Ces données sont des estimations faites dans l'état des connaissances actuelles, avec de nombreuses imprécisions et limitations.

ANALYSE ECONOMIQUE



SOMMAIRE

1. PRINCIPALES CONCLUSIONS	58
2. RAPPEL DES OBJECTIFS	61
3. METHODOLOGIE	61
3.1 Méthodologie d'évaluation financière	61
3.2 Détermination d'un périmètre équivalent	61
3.3 Collecte des données	62
3.4 Présentation des résultats	64
3.5 Exploitation des résultats	64
4. RESULTAT DE L'ANALYSE DES COUTS	64
4.1 Fiche type	64
4.2 Fiches par systèmes homogènes	65
Système homogène 1	68
Système homogène 2	71
Système homogène 3	74
Système homogène 4	77
Système homogène 5	80
Système homogène 6	83
Système homogène 7	86
Système homogène 8	89
Système homogène 9	92
Système homogène 10	96
Système homogène 11	99
Système homogène 12	102
4.3 Boues agro-alimentaires et de papeteries	105
4.4 Extension du périmètre	106
ANNEXE 1 – Eléments bibliographiques	107

1. PRINCIPALES CONCLUSIONS

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

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

Afin de baser la comparaison des systèmes homogènes définie au cours de la phase 1 sur des coûts exploitables, il a été nécessaire de retenir **des hypothèses fortes** qui permettent de s'abstraire des spécificités locales.

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 ou le stockage, pour lesquels nous n'avons dû retenir qu'une seule variante.

Par ailleurs, le calcul du coût en F/t MS est évidemment **très sensible à la capacité nominale** des steps retenue pour chaque système homogène. De même l'impact sur le prix de l'eau est basé sur une consommation moyenne qui ne traduit pas les diversités locales.

Enfin, la destination finale des résidus d'incinération a un impact important sur le coût global.

Ainsi, préalablement à toute comparaison, les chiffres doivent être impérativement rapprochés des hypothèses retenues pour le calcul des coûts. Ces hypothèses sont précisées pour chacun des dix systèmes homogènes dans la suite de ce document.

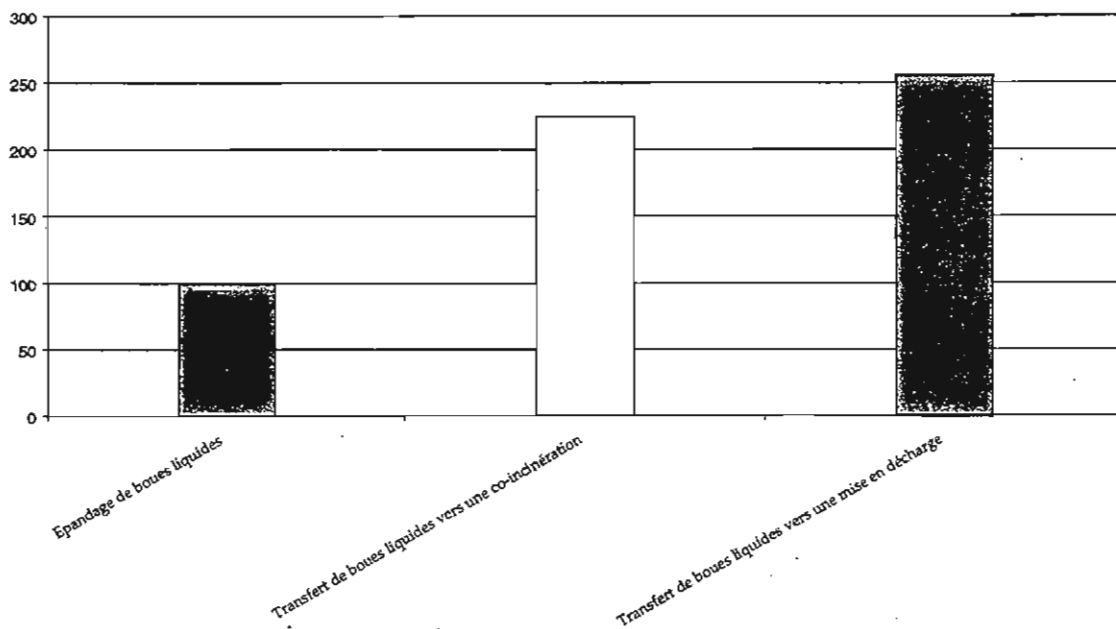
Les schémas ci-dessous présentent les résultats de la comparaison économique des systèmes homogènes des trois classes principales de capacité.

La comparaison est présentée 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 capacité des stations d'épuration, les résultats distinguent trois groupes non comparables entre eux.

Indice
Base 100

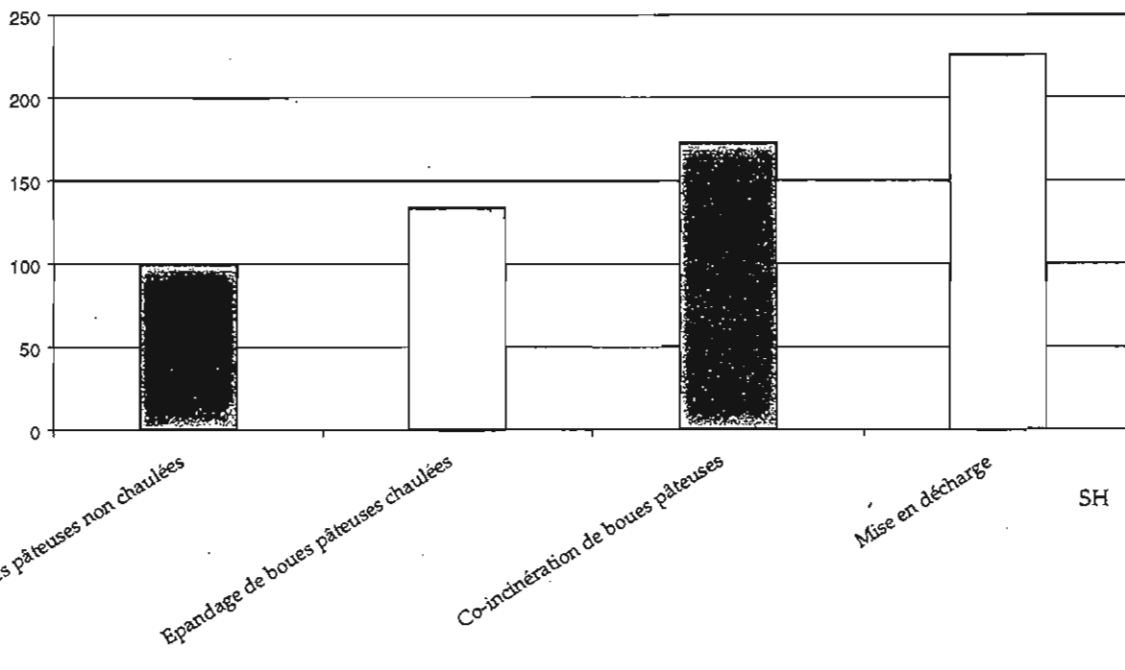
Systèmes homogènes - Capacité 3.000 EH



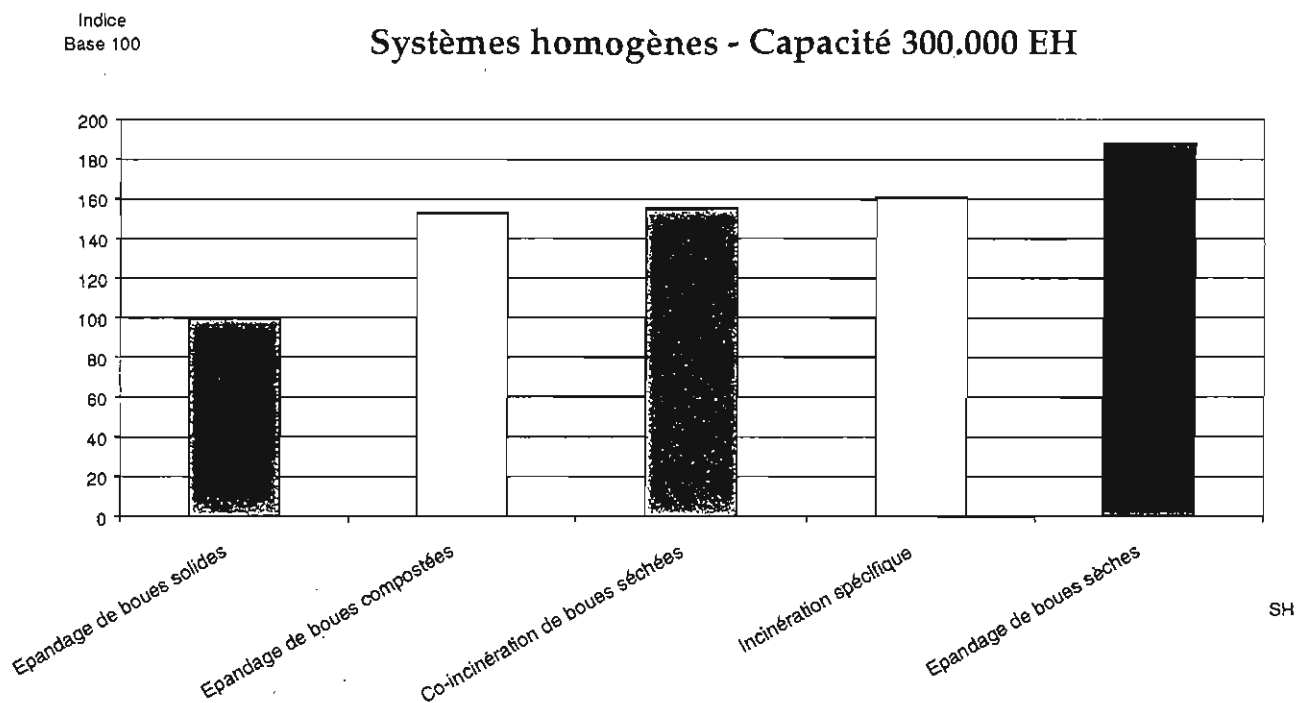
SH

Indice
Base 100

Systèmes homogènes - Capacité 50.000 EH



SH



Il ressort que :

- 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). Il apparaît donc que les deux filières de transfert des boues, bien que très défavorables, restent économiquement envisageables.
- 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 filières.
- 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.

2. RAPPEL DES OBJECTIFS

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 périmètres équivalents**.

Elle n'a en aucun cas pour objectif de donner des coûts absolus des filières de traitement des boues.

3. METHODOLOGIE

3.1 Méthode d'évaluation financière

Le principe de notre méthodologie d'évaluation consiste à déterminer **des prix de marché théoriques** qui seront la base de la comparaison.

Ces prix correspondent à **une situation théorique précise**.

Ces hypothèses permettent de **s'abstraire de situations locales particulières dont aucune méthode d'évaluation ne peut rendre la diversité**.

Ainsi, **cette méthode exclut toute approche statistique, systématiquement inadaptée pour ce type d'évaluation**.

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

3.2 Détermination d'un périmètre équivalent

3.2.1 Périmètre physique

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 STEP, 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.

Lorsque la siccité de la boue est, après la phase de déshydratation, inférieure au niveau de référence (20 %), il convient d'intégrer l'économie réalisée pour ce système homogène (moindre coût pour obtenir la siccité souhaitée). Au contraire, si la siccité doit être poussée au-delà de 20 %, il faut ajouter le surcoût de cette déshydratation.

3.22 Périètre chronologique

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.

Ceci a pour avantage de simplifier la méthode d'évaluation par les cash flows cumulés.

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

3.23 Mode de gestion

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.

3.24 Extension du périmètre

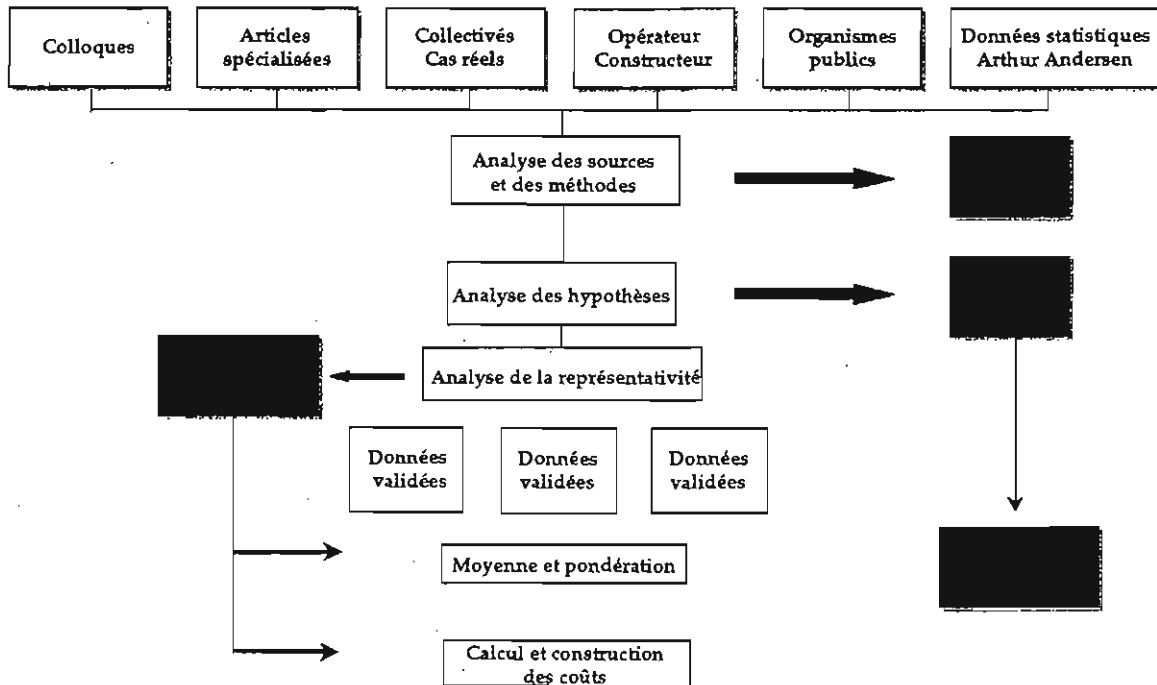
Une extension du périmètre est proposée en fin d'étude pour tenir compte du gain économique réalisé par les agriculteurs sur les terres desquels les boues sont répandues.

3.3 Collecte des données

Les données qui ont servi de base à nos calculs nous ont été communiquées soit sous forme bibliographique (cf. Annexe 1), soit sous forme d'entretiens avec les organismes publics du secteur (ADEME, MIRSPA, Agences de l'eau) ou les principaux constructeurs et opérateurs du marché (OTV, Degremont, CGE, Syprea, France Déchets). Les chiffres qu'ils nous ont fournis sont généralement des données internes de référence.

Nos résultats sont le fruit de nombreuses enquêtes ou études approfondies, et ont été validés auprès des constructeurs et des exploitants.

Chacune de ces données a fait l'objet d'une **analyse critique approfondie** qui peut être schématisée comme ci-après. L'objectif étant de travailler sur **des données fiables, représentatives et homogènes.**



3.4 Présentation des résultats

L'analyse des coûts de chaque système homogène est présentée sous forme de fiche. Chaque fiche se décompose en trois parties :

3.41. Synthèse des coûts de traitement

Il s'agit des coûts de revient annuels, conduisant à un coût par tonne de MS et à un impact sur le prix de l'eau.

Pour chacun des coûts, nous avons retenu un chiffre (et non une fourchette) dans la mesure où les fourchettes dans ce domaine sont systématiquement trop larges pour permettre ensuite une comparaison entre les systèmes homogènes.

3.42. Hypothèses spécifiques

Afin de comprendre quelles sont les précautions à prendre concernant l'exploitation des résultats, nous donnons le détail des hypothèses spécifiques retenues pour les calculs, en particulier description des techniques de traitement retenues, des matériaux utilisés, des temps de stockage, des distances de transport, etc.

3.43. Etude de sensibilité

Nous indiquons les paramètres dont les variations ont un impact mesurable sur les coûts.

3.5 Exploitation des résultats

Compte tenu de la multiplicité des situations possibles et des hypothèses que nous avons retenues, il convient de considérer les chiffres présentés uniquement comme des ordres de grandeur.

4. RESULTAT DE L'ANALYSE DES COUTS

4.1 Fiche type

Avant de présenter pour chaque système homogène une fiche complète sur les coûts, nous présentons une fiche-type qui en détaille le contenu et l'organisation.

Fiche type

Système homogène x

Capacité nominale : une taille d'agglomération a été fixée pour chaque système homogène. Elle a été retenue sur la base de dires d'experts comme étant la plus représentative de la filière en question. Cette méthode permet de donner des coûts sous forme de chiffres de référence et non sous forme de fourchettes peu précises.

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

La synthèse des coûts est présentée sous la forme d'un tableau en deux parties :
La partie fonctionnement conduit à un coût par tonne de matière sèche.

La partie investissement n'est donnée qu'à titre indicatif ; elle ne constitue qu'une étape pour le calcul des annuités.

INVESTISSEMENT (en KF)

Economie déshydratation	Prise en compte des gains ou des surcoûts par rapport au niveau de référence fixé après une déshydratation à 20 %, au cas où une des étapes antérieures de traitement n'est pas nécessaire ou si au contraire elle doit être poussée.
Génie civil, équipements	Ce poste représente le coût des installations spécifiques au traitement des boues (sauf cas particuliers). Lorsque cela a été possible il a été scindé en génie civil et équipements.
Études, entreposage	Dans le cas de la valorisation agricole, ces coûts représentent le montant total des études à engager (conformément aux derniers arrêtés) et les investissements liés aux installations de stockage avant l'épandage.

Fiche type(suite)

FONCTIONNEMENT (en KF/an)

Economie déshydratation	Gains ou surcoûts d'exploitation évoqués précédemment
Exploitation	<p>Sont regroupés dans ce poste l'ensemble des dépenses d'exploitation (personnel, énergie, réactifs, sous-traitance).</p> <p>Dans le cas d'épandage, l'exploitation se décompose en mise en œuvre et en encadrement, conformément à la terminologie des derniers textes réglementaires.</p> <p>Des postes comme l'évacuation des résidus ont en général été isolés.</p>
Annuités	<p>Ce poste représente le coût annuel lié aux investissements présentés ci-dessus.</p> <p>Les durées d'actualisation retenues (15 ans et 8 ans) correspondent à une durée de vie moyenne des installations de traitement des boues.</p> <p>Le taux de 6 % a été retenu sur des bases statistiques.</p>
Gros entretien	Ce poste représente le coût des campagnes de gros entretien des installations nécessitant ce type d'intervention. Il est évalué à 2,5 % du montant total des équipements.
Total	
Coûts en F/t MS	Il s'obtient en divisant le total des coûts annuels de fonctionnement par la production annuelle de MS basée sur une production statistique quotidienne de 55 g par EH.
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	L'impact sur le prix de l'eau est basé sur une consommation moyenne de 150 litres par EH et par jour - montant national retenu pour la présentation des CRF (comptes-rendus Financiers).

Fiche type(suite)

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

Nous donnons dans cette partie des fiches le détail des hypothèses spécifiques retenues pour les calculs de coûts, en particulier description des techniques de traitement retenues, des matériaux utilisés, des temps de stockage, des distances de transport, etc.

Les hypothèses sont généralement classées selon les thèmes suivants : production de boues, siccité, techniques de traitement, études préalables, mise en œuvre, encadrement et financier.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

Enfin, une étude de sensibilité est donnée pour les paramètres dont les variations ont un impact mesurable. Il s'agit plus particulièrement de la distance de transport, des variantes de traitement, de la capacité, etc.

4.2 Fiches par systèmes homogènes

Les fiches détaillées pour chacun des dix systèmes homogènes retenus sont présentées dans les pages suivantes, selon le modèle de fiche-type ci-dessus.

Système homogène 1

Mise en décharge de boues solides

Capacité nominale 50 000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Surcoût déshydratation	1 100			
Investissement chaulage	400			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Surcoût déshydratation	100	30	100	5 %
			0	
Chaulage	180	54	180	8 %
Transport	300	90	300	14 %
Exploitation	1 350	405	1 350	62 %
Annuités	240	72	240	11 %
Total	2 170	651	2 170	
Coûts en F/t MS	2 170			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,79			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 1 000 t de MS par an pour 50 000 EH.

2.2 Siccité

30-35 % obtenu par une déshydratation du type centrifugation conduisant à 27-28 % de siccité et un chaulage. La mise en décharge d'une boue non digérée rend obligatoire un chaulage.

2.3 Surcoût déshydratation

La centrifugation poussée engendre des surcoûts par rapport au niveau de référence fixé à 20 % (chap. 3 : Méthodologie).

Les surcoûts sont issus de données OTV et des membres du Syprea.

2.4 Investissement chaulage

Coûts correspondant à un silo et un malaxeur - Source ADEME.

2.5 Transport

Le coût de transport retenu après calcul s'élève à 90 F/t MB pour un rayon inférieur à 50 km. Il consiste en un transport réglementaire comprenant la location d'une benne de dépôt sur la Step pour un montant de 15 F/t MB.

2.6 Exploitation

- Coût statistique moyen de mise en CET 2 de 400 F/t MB issu de données ADEME, taxe FMGD comprise.
- Coût d'exploitation du chaulage sur la base de 0,3 kg de CaO par kg de MS à 0,55 F/Kg et 15 F/t MS d'énergie (source ADEME et OTV).

2.7 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 8 ans et un taux de 6 %. Il a été considéré que les installations de déshydratation et de chaulage étaient composées essentiellement d'équipement. Une durée de 8 ans correspondant à une durée de vie moyenne permet de prendre en compte les coûts de renouvellement.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Une distance de transport réduite à 25 km conduirait à un coût global de 2 070 F/t MS, soit une économie de moins de 5 %. La sensibilité au transport est donc très faible.

Système homogène 2

Epandage de boues liquides

Capacité nominale 3 000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Economie déshydratation	-500			
Etudes	60			
Entreposage	800			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Economie déshydratation	-26	-26	-435	
Exploitation				
<i>Mise en œuvre</i>	60	60	1 000	
<i>Encadrement</i>	30	30	500	
Annuités	8	8	135	
Total	72	72	1 200	
Coûts en F/t MS	1 200			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,44			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 60 t de MS par an pour 3 000 EH.

2.2 Siccité

6 %, obtenue par un épaissement du type table d'égouttage.

2.3 Economie déshydratation

Ce système homogène, qui concerne des boues liquides, ne nécessite pas de déshydratation avant leur élimination, d'où un gain sur le coût d'une déshydratation classique (centrifugeuse ou filtre à presse) en investissement et en fonctionnement. En effet, conformément aux hypothèses méthodologiques, la comparaison des différents systèmes est basée sur une référence nulle pour une boue à 20 % de siccité.

Montant correspondant à une station de 2 500 à 5 000 EH, issu des membres du Syprea et des Agences de l'eau.

2.4 Etudes préalables

Etudes conformes aux derniers arrêtés.

2.5 Entreposage

- Capacité de stockage de 9 mois sur 12.
- Coût d'un stockage en béton (type silo) de 1 070 F/m³ - Source Syprea.

2.6 Mise en œuvre

- Sous-traitée,
- Comprend tous les coûts de transport (tonne à lisier) dans un rayon de 5 à 10 km,
- Coût retenu sur une base statistique de 60 F/m³ - Source Syprea.

2.7 Encadrement

Conforme aux définitions des derniers textes (planning d'épandage, bilan agronomique, registre).

2.8 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour le silo et les études, de 8 ans et 6 % pour l'économie de déshydratation, considérée comme essentiellement composée d'équipement.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Sensibilité au transport très faible.

3.2 Type de stockage

Un stockage moins soigné (bâché) engendrerait une économie d'investissement de l'ordre de KF 200. L'impact sur le coût global du traitement s'élèverait alors à 335 F/t MS soit - 28 %. La sensibilité au type de stockage utilisé est donc relativement importante.

Ce type de stockage pourrait en revanche présenter d'autres inconvénients comme des difficultés de reprise.

Système homogène 3

Epandage de boues pâteuses non chaulées

Capacité nominale 50.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Etudes	150			
Entreposage	3 440			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation				
<i>Mise en œuvre</i>	500	100	500	52 %
<i>Encadrement</i>	100	20	100	10 %
Annuités	360	72	360	38 %
Total	960	192	960	
Coûts en F/t MS	960			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,35			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 1.000 t de MS par an pour 50.000 EH.

2.2 Siccité

20 % après déshydratation.

2.3 Etudes préalables

Etudes conformes aux derniers arrêtés.

2.4 Entreposage

- Capacité de stockage de 9 mois sur 12.
- Stockage sur site.
- Montant correspondant à une moyenne entre un coût de stockage simple (dalle et contention) et celui d'un stockage plus "perfectionné" (couverture, etc.). Source Syprea et OTV.

2.5 Mise en œuvre

- Sous-traitée.
- Comprend tous les coûts de transport dans un rayon de 15 à 20 km
- Coût retenu sur une base statistique de 100 F/m³. Source Syprea

2.6 Encadrement

Conforme aux définitions des derniers textes (planning d'épandage, bilan agronomique, registre) - Source Syprea.

2.7 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 %.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

La sensibilité au transport est très faible. En effet, le chargement représente l'essentiel de ce poste.

Le rayon peut donc être étendu à 30 km

3.2 Stabilisation

L'épandage de boues pâteuses non chaulées nécessitera à terme (cadre réglementaire) de mettre en œuvre un autre type de stabilisation dont l'impact sur le coût total de cette filière sera important. A ce titre, ce système n'est pas pérenne.

Système homogène 4

Epandage de boues pâteuses chaulées

Capacité nominale 50.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Etudes	150			
Entreposage	3 825			
Chaulage	400			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation				
<i>Mise en œuvre</i>	530	100	530	41 %
<i>Encadrement</i>	100	20	100	8 %
<i>Chaulage</i>	180	36	180	14 %
Annuités	475	95	475	37 %
Total	1 285	250	1 285	
Coûts en F/t MS	1 285			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,47			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 1.000 t de MS par an pour 50.000 EH.

2.2 Siccité

20 % après déshydratation et avant chaulage à 30 %.

2.3 Etudes préalables

Etudes conformes aux derniers arrêtés.

2.4 Entreposage

- Capacité de stockage de 9 mois sur 12.
- Stockage sur site.
- Montant correspondant à une moyenne entre un coût de stockage simple (dalle et contention) et celui d'un stockage plus "perfectionné" (couverture etc.). Source Syprea et OTV, sur la base d'un chaulage à 30 % conduisant à une siccité moyenne de 25 %.

2.5 Investissement chaulage

Coûts correspondant à un silo et à un malaxeur- Source ADEME.

2.6 Mise en œuvre

- Sous-traitée.
- Comprend tous les coûts de transport dans un rayon de 15 à 20 km.
- Coût retenu sur une base statistique de 100 F/m³- Source Syprea

2.7 Encadrement

Conforme aux définitions des derniers textes (planning d'épandage, bilan agronomique, registre) - Source Syprea.

2.8 Chaulage

Coût d'exploitation du chaulage sur la base de 0,3 kg de Ca O/kg de MS à 0,55 F/kg et 15 F/t MS d'énergie (source ADEME, OTV).

2.9 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour le stockage et les études ; 8 ans et 6 % pour les installations de chaulage.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

La sensibilité au transport est très faible. En effet, le chargement représente l'essentiel de ce poste.

Le rayon peut donc être étendu à 30 km.

3.2 Stockage

Dans le cas d'un stockage plus perfectionné (couverture, etc.) l'investissement s'élèverait à MF 5 et induirait un surcoût de 120 F/t MS, soit une sensibilité moyenne.

Système homogène 5

Epandage de boues compostées

Capacité nominale 300.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Compostage	35 000			
Etudes	500			
Entreposage	3 035			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation				
<i>Compostage</i>				
<i>Co-produit</i>	1 350	45	225	12 %
<i>Exploitation</i>	3 000	100	500	27 %
<i>Mise en œuvre</i>	2 100	74	350	19 %
<i>Encadrement</i>	360	12	60	3 %
Annuités				
<i>Compostage</i>	4 110	137	685	36 %
<i>Epandage</i>	360	12	60	3 %
Total	11 280	376	1 880	
Coûts en F/t MS	1 880			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,69			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 6.000 t de MS par an pour 300.000 EH.

2.2 Siccité

20 % avant compostage.

2.3 Compostage

Les coûts d'exploitation et d'investissement sont issus de données recoupés entre Degrémont et OTV. Ils correspondent à une installation du type compostage en andins par fermentation accélérée avec retournement, conduisant à une boue à 50 % de siccité.

La station de compostage a été supposée sur le site de la STEP.

Il y a peu d'antériorité des retours d'expérience à ce niveau de taille. Il faut donc considérer ces coûts avec précaution, a priori comme des coûts de projet.

2.4 Etudes préalables

Etudes conformes aux derniers arrêtés. Source Syprea.

2.5 Entreposage

- Capacité de stockage de 9 mois sur 12.
- Stockage conforme au cadre réglementaire mais installation simple, la boue compostée étant pelletable. Source Syprea.

2.6 Mise en œuvre

- Sous-traitée.
- Comprend tous les coûts de transport dans un rayon de 50 km.
- Coût fourni par le Syprea.

2.7 Encadrement

Conforme aux définitions des derniers textes (planning d'épandage, bilan agronomique, registre).

2.8 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour les postes études, stockage et pour 75 % de l'unité de compostage ; une durée de 8 ans et un taux de 6 % pour l'autre partie de l'unité considérée comme de l'équipement.

2.9 Renouvellement

Les coûts de renouvellement sont pris en compte dans l'annuité basée sur la durée de vie technique moyenne des équipements.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Une distance de transport réduite à 20 km conduirait à un coût global de 1 795 F/t MS, soit une économie de moins de 5 %. La sensibilité au transport est donc très faible.

3.2 Techniques de compostage

Compte tenu de l'importance des postes relatifs au compostage, la sensibilité aux techniques de compostage est importante.

3.3 Type de co-produit

Un co-produit à coût nul (déchets verts) conduirait à une économie de 225 F/t MS.

3.4 Compost homologué

Dans le cas d'un compost homologué les étapes "études" et "encadrement" ne sont pas obligatoires. En revanche, il convient de prendre en compte les coûts d'homologation.

Système homogène 6

Epannage de boues solides

Capacité nominale 300.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Surcoût déshydratation	3 000			
Etudes	500			
Entreposage	21 000			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation				
<i>Surcoût déshydratation</i>	1 200	60	200	16 %
<i>Mise en œuvre</i>	2 910	145	485	40 %
<i>Encadrement</i>	350	18	60	5 %
Annuités	2 930	145	485	39 %
Total	7 390	368	1 23	
Coûts en F/t MS	1 230			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,45			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 6.000 t de MS par an pour 300.000 EH.

2.2 Siccité

30 % obtenue grâce à une déshydratation poussée du type centrifugation avec chaulage.

2.3 Etudes préalables

Etudes conformes aux derniers arrêtés.

2.4 Entreposage

- Capacité de stockage de 9 mois sur 12.
- Stockage couvert (dalle de béton, muret de contention, armature métallique et bardage). Compte tenu des volumes en jeu, cette solution contrairement à celle étudiée ci-dessous (cf. 3) permet de pérenniser la filière même si la couverture du stockage n'est pas imposé par le cadre règlementaire.

2.5 Mise en œuvre

- Sous-traitée.
- Comprend tous les coûts de transport dans un rayon de 50 Km
- Coûts fourni par le Syprea.

2.6 Encadrement

Conforme aux définitions des derniers textes (planning d'épandage, bilan agronomique, registre).

2.7 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour la plus grande partie du stockage et les études ; de 8 ans et 6 % pour la déshydratation, considérée comme essentiellement composée d'équipement et une partie du stockage (essentiellement du bardage) à hauteur de 4 000 KF.

2.8 Surplus déshydratation

La déshydratation poussée engendre des surcoûts d'investissement et de fonctionnement calculés à partir des données OTV et Agences de l'Eau. Ces surcoûts comprennent les coûts de chaulage.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Une distance de transport réduite à 25 km conduirait à un coût global de 1 180 F/t MS, soit une économie de 4 %. La sensibilité au transport est donc très faible.

3.2 Stockage

Un stockage moins "perfectionné" (dalle et murs de contention non couverts) estimé à KF 4 875 (sur la base de 250 F/ MB stockée) conduit à une économie de 300 F/t MS, soit une sensibilité relativement importante.

3.3 Mise en œuvre

Un coût de mise en œuvre de 150 F/t MB (+15 %) conduit à un surcoût de 215 F/t MS (+ 25 %), soit une sensibilité importante.

Système homogène 7

Epandage de boues sèches

Capacité nominale 300.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Séchage	34 000			
Etudes	500			
Entreposage	5 000			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation				
<i>Séchage</i>	5 700	190	950	41 %
<i>Mise en œuvre</i>	1 500	50	250	11 %
<i>Encadrement</i>	350	12	58	2 %
Annuités	5 650	188	940	41 %
Gros entretien	680	23	113	5 %
Total	13 880	463	2 311	
Coûts en F/t MS	2 311			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,84			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 6.000 t de MS par an pour 300.000 EH.

2.2 Siccité

20 %.

2.3 Séchage

Les coûts d'exploitation et d'investissement sont issus de données recoupés Degrémont et OTV. Ils correspondent à une installation récente et performante assurant un séchage total à 90 % sur le site de la STEP.

Peu d'installations existent actuellement.

2.4 Etudes préalables

Etudes conformes aux derniers arrêtés (coûts Syprea).

2.5 Entreposage

- Capacité de stockage de 9 mois sur 12.
- Stockage couvert conforme au cadre réglementaire mais simple, la boue se présentant sous forme de croquettes. Le montant est fourni par le Syprea.
- Coût retenu de 1.000 F/t MB stocké - Source Syprea.

2.6 Mise en œuvre

- Sous-traitée.
- Comprend tous les coûts de transport dans un rayon de 50 Km.
- Coût fourni par le Syprea.

2.7 Encadrement

Conforme aux définitions des derniers textes (planning d'épandage, bilan agronomique, registre).

2.8 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour les postes d'études, stockage et 20 % du sécheur (génie civil) ; une durée de 8 ans et un taux de 6 % pour 80 % du sécheur (équipement).

2.9 Renouvellement

Le renouvellement des équipements est pris en compte dans les annuités dont la durée est basée sur la durée de vie technique.

2.10 Gros entretien

Le coût des campagnes de gros entretien a été évalué à 2,5 % du montant des équipements.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Une distance de transport réduite à 20 km conduirait à un coût global de 2 230 F/t MS, soit une économie de moins de 4 %. La sensibilité au transport est donc très faible.

3.2 Technique de séchage

Un coût d'investissement de MF 30 conduirait à un coût total diminué de 100 F/t MS, soit une sensibilité modérée.

Système homogène 8

Incinération spécifique

Capacité nominale 300.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Génie civil	4 000			
Équipement	36 000			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation	5 040	168	840	42 %
Évacuation des résidus	360	12	60	3 %
Annuités	5 580	186	930	47 %
Gros entretien	900	30	150	8 %
Total	11 880	396	1 980	
Coûts en F/t MS	1 980			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,72			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 6.000 t de MS par an pour 300.000 EH.

2.2 Siccité

20 %.

2.3 Technique d'incinération

- Incinération sur site (pas de coûts d'acheminement) dans des fours à lit fluidisé.
- L'énergie calorifique produite est utilisée pour le pré-séchage des boues.

2.4 Evacuation des résidus

Utilisation des résidus minéraux (30 % des MS entrantes) en remblais routiers au coût de 200 F/t.

2.5 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour le génie civil et 30 % des équipements ; 8 ans et 6 % pour 70 % des équipements. Cette répartition correspond aux estimations des durées de vie technique des installations (source OTV).

2.6 Renouvellement

Le renouvellement des équipements est pris en compte dans les annuités dont la durée est basée sur la durée de vie technique.

2.7 Gros entretien

Les coûts de campagne de gros entretien sont évalués à 2,5 % du montant total des équipements.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Type d'évacuation

Si l'utilisation en remblais routiers n'est pas praticable et que seule la mise en décharge (CET 2) peut être retenue le coût total serait augmenté de 60 F/t MS.

3.2 Investissement

Des coûts d'investissement plus élevés de 25 % conduiront à un surcoût de 270 F/t MS et conduiront à un coût total de 2.250 F/t MS, soit une sensibilité relativement importante.

Système homogène 9

Co-incinération de boues séchées

Capacité nominale 300.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Génie civil	5 000			
Equipement	20 000			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation	5 705	190	950	50 %
Evacuation des résidus	1 530	51	255	13 %
Annuités	3 735	125	622	33 %
Gros entretien	500	17	83	4 %
Total	11 470	383	1 910	
Coûts en F/t MS	1 910			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,70			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 6.000 t de MS par an pour 300.000 EH.

2.2 Siccité

20 %.

2.3 Technique d'incinération et de séchage

- Incinération dans une UIOM distante de quelques km ; le poste exploitation comprend les frais de transport.
- Séchage préalable à 60 % sur le site du four (gain d'énergie).
- La capacité de l'UIOM est supposée suffisante pour recevoir la quantité de boues (en moyenne 15 % du tonnage brut).
- Le poste investissement représente essentiellement le sécheur (la boue est déposée directement dans la fosse ou dans la trémie). La quote-part de l'investissement de l'UIOM est incluse dans le poste exploitation.

2.4 Evacuation des résidus

Le poste "évacuation des sous-produits" comprend :

- l'utilisation en remblais routiers de 50 % de la matière minérale (30 % des MS entrantes),
- le traitement en CET 1 (stabilisation et transport compris) de l'autre moitié des résidus à un coût évalué à 1.500 F/t.

2.5 Exploitation

- Les coûts d'exploitation comprennent une quote-part des frais de fonctionnement et d'investissement de l'UIOM. (Le montant retenu qui repose sur des modèles tenant compte de la siccité est de l'ordre de 10%.)
- Par ailleurs, ils tiennent compte du manque à gagner de l'énergie utilisée pour le séchage (basé sur un coût de 40 F/t de vapeur).

2.6 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour le génie civil ; 8 ans et 6 % pour les équipements.

2.7 Renouvellement

Le renouvellement des équipements est pris en compte par le calcul des annuités basé sur une durée de vie technique moyenne.

2.8 Gros entretien

Les frais de gros entretien sont évalués à 2,5 % du montant des équipements.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Type d'évacuation

Si l'utilisation en remblais routiers n'est pas praticable et que seule la mise en décharge (CET 2) peut être retenue, le surcoût s'élève alors à 55 F/t MS.

Si la proportion mâchefer/REFIOM évolue (nature des boues, caractéristiques du sécheur) l'impact est assez faible : une répartition 90/10 conduit à une économie de 155 F/t MS, soit 8 %.

Il faut souligner qu'à ce jour les retours d'expérience sont relativement peu nombreux et que les proportions mesurées sont très variables.

La sensibilité à la destination des résidus reste assez faible.

3.2 Situation du sécheur

Si le sécheur n'est pas situé à proximité de l'UIOM mais sur la zone de la STEP, il faut ajouter environ 150 F/t MS au coût global.

3.3 Transport

Une distance plus importante entre l'UIOM et la STEP (rayon de 25 km) impacterait le coût du traitement de 50 F/t MS.

3.4 Coûts d'investissement

Si les coûts des équipements du sécheur s'élève à 25 MF le surcoût est évalué à 150 F/t MS.

Système homogène 10

Co-incinération de boues pâteuses

Capacité nominale 50.000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

<i>INVESTISSEMENT</i>				
	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
Génie civil	600			
Equipement	3 600			
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Exploitation	700	140	700	42 %
Evacuation des résidus	225	45	225	15 %
Annuités	640	128	640	38 %
Gros entretien	90	18	90	5 %
Total	1655	331	1 655	
Coûts en F/t MS	1 705			
Impact sur le coût de l'eau en F/m³	0,60			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 1.000 t de MS par an pour 50.000 EH.

2.2 Siccité

20 %.

2.3 Technique d'incinération

- La boue est injectée dans l'UIOM à 20 % de siccité.
- Incinération dans une UIOM distante de quelques km ; le poste exploitation comprend les frais de transport.
- La capacité de l'UIOM est supposée suffisante pour recevoir la quantité de boues.
- Il s'agit d'une UIOM classique conforme aux normes de traitement de fumées.
- Le poste investissement représente essentiellement le coût de l'injecteur.
- Le poste investissement représente essentiellement le coût de l'injecteur. Les éléments de stockage et de reprise ne représente qu'une faible part du montant. La quote part des investissements de l'UIOM est comprise dans le poste d'exploitation.

2.4 Exploitation

Ce poste comprend les coûts d'exploitation propre à l'injecteur (maintenance, 1 employé supplémentaire, etc.) et une quote part de l'exploitation et de l'investissement de l'UIOM. (Le montant retenu qui repose sur des modèles tenant compte de la siccité est de l'ordre de 5%).

2.5 Evacuation des sous-produits

Le poste exploitation comprend l'évacuation des matières minérales (transport compris) : 50 % sous forme de mâchefers en remblais routiers, 50 % sous forme de REFIOM en CET1 à 1.500 F/t (stabilité et transport compris). (répartition source CGEA, sur la base de 30 % des MS entrantes)

2.6 Financier

Coût de financement des investissements basé sur une durée de 15 ans et un taux de 6 % pour le génie civil, 8 ans pour les équipements.

2.7 Renouvellement

Les coûts de renouvellement sont pris en compte dans les annuités basé sur une durée de vie technique.

2.8 Gros entretien

Les frais de gros entretien sont évalués à 2,50 % du montant des équipements.

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Retour d'expérience

A ce jour, il existe encore peu d'installations de ce type. Il faut donc considérer les coûts d'investissement et d'exploitation avec précaution.

3.2 Type d'évacuation

Comme pour le système 9, la proposition Mâchefer/Refiom a un impact relativement faible sur le coût total. Cette proportion (évaluée ici à 50/50) dépend essentiellement de la mode d'injection retenue.

3.3 Transport

Une distance plus importante entre l'UIOM et la STEP (rayon de 25 km) impacterait le coût du traitement de 50 F/t MS.

3.4 Exploitation

Les coûts d'exploitation s'élèvent à 700 KF (hors évacuation des résidus) essentiellement suite à des effets de seuil, dont l'embauche d'une personne supplémentaire.

Dans le cas où l'exploitation permet d'éviter ces effets de seuil, les coûts d'exploitation peuvent être évalués à 450 KF et conduire à une baisse du coût global de 250 F/ t MS.

Système homogène 11

**Transfert de boues liquides d'une petite STEP (3 000 EH) vers une
filère de mise en décharge de boues solides d'une STEP de 50 000
EH**

Capacité nominale 3000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
<i>INVESTISSEMENT</i>	0	0	0	
<i>FONCTIONNEMENT</i>				
Stockage tampon (location benne 10 m ³)	10	10	166	5 %
Transport (15 km)	50	50	834	27 %
Exploitation	124	124	2 070	68 %
<i>Total</i>	184	184	3 070	
Coûts en F/t MS	30			
Impact sur le coût de l'eau en F/m ³	1,12			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 60 t de MS par an pour 3 000 EH.

2.2 Siccité

6 %, obtenue par un épaissement du type table d'égouttage.

2.3 Transfert vers une filière de mise en décharge de boues solides d'une STEP de 50 000 EH

Les boues liquides sont transférés vers une STEP de 50 000 EH. Elles sont injectés au niveau de la déshydratation de cette STEP qui conduit à une siccité de 30 %. La filière est ensuite similaire à celle du système homogène 1

2.4 Exploitation et investissements

Le schéma retenu revient à considérer que la petite station sous-traite le traitement de ses boues liquides à la STEP de 50 000 EH et que celle-ci facture au pro rata du coût d'exploitation global. Aucun investissement n'est donc pris en charge directement par la petite STEP ; en revanche elle supporte la charge d'investissement de la STEP de 50 000 EH par l'intermédiaire du coût d'exploitation global.

2.4 Stockage tampon

Les boues liquides sont stockées dans une bennes étanches de 15 m³ en location. Les coûts de location retenus ont été collectés directement auprès des prestataires.

2.5 Transport

La benne est reprise en moyenne une fois par semaine et transportée vers une STEP de 50 000 EH distante de 15 km (conformément aux hypothèses générales de l'étude).

2.6 Financier

Les hypothèses financières concernent uniquement le poste exploitation (il n'y a pas d'investissement au niveau du transport ni du stockage). Elles sont donc identique à celles du système homogène 1

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Un transport des boues liquides dans un rayon plus faible (5 km) conduirait à un coût global évalué à 2 570 F ; soit une sensibilité relativement faible.
De même la sensibilité au transport des boues solides vers la décharge (cf. SH 1) est faible.

Système homogène 12

**Transfert de boues liquides d'une petite STEP (3 000 EH) vers
une filière de co-incinération de boues pâteuses d'une STEP
de 50 000 EH**

Capacité nominale 3000 EH

1. SYNTHÈSE DES COÛTS DE TRAITEMENT

	<u>KF</u>	<u>F/t MB</u>	<u>F/ t MS</u>	<u>%</u>
INVESTISSEMENT	0	0	0	
FONCTIONNEMENT				
Stockage tampon (location benne 10 m ³)	10	10	167	6 %
Transport (15 km)	50	50	833	31 %
Exploitation	102	102	1 700	63 %
Total	162	162	2 700	
Coûts en F/t MS		27		
Impact sur le coût de l'eau en F/m ³	0,99			

2. HYPOTHESES SPECIFIQUES

2.1 Production de boues

55 g de MS par EH et par jour soit 60 t de MS par an pour 3 000 EH.

2.2 Siccité

6 %, obtenue par un épaissement du type table d'égouttage.

2.3 Transfert vers une filière de co-incinération de boues pâteuses d'une STEP de 50 000 EH

Les boues liquides sont transférés vers une STEP de 50 000 EH. Elles sont injectés au niveau de la déshydratation de cette STEP qui conduit à une siccité de 20 %. La filière est ensuite similaire à celle du système homogène 10

2.4 Exploitation et investissements

Le schéma retenu revient à considérer que la petite station sous-traite le traitement de ses boues liquides à la STEP de 50 000 EH et que celle-ci facture au pro rata du coût d'exploitation global. Aucun investissement n'est donc pris en charge directement par la petite STEP ; en revanche elle supporte la charge d'investissement de la STEP de 50 000 EH par l'intermédiaire du coût d'exploitation global.

2.4 Stockage tampon

Les boues liquides sont stockées dans une benne étanches de 15 m³ en location. Les coûts de location retenus ont été collectés directement auprès des prestataires.

2.5 Transport

La benne est reprise en moyenne une fois par semaine et transportée vers une STEP de 50 000 EH distante de 15 km (conformément aux hypothèses générales de l'étude)

2.6 Financier

Les hypothèses financières concernent uniquement le poste exploitation (il n'y a pas d'investissement au niveau du transport ni du stockage). Elles sont donc identiques à celles du système homogène 10

3. ETUDE DE SENSIBILITE

3.1 Transport

Un transport des boues liquides dans un rayon plus faible (5 km) conduirait à un coût global évalué à 2 205 F ; soit une sensibilité relativement faible.

3.2 Autres sensibilité

Les résultats des études de sensibilité du SH 10 sont valables pour ce système par l'intermédiaire du poste exploitation (évacuation des résidus, exploitation et transport jusqu'à l'UIOM)

4.3 Boues agro-alimentaires et de papeteries

4.31 *Boues agro-alimentaires*

Nous ne disposons pas de données précises sur les traitements des boues des IAA. Compte tenu de l'hypothèse retenue que la nature des boues d'IAA est similaire à celle des boues urbaines, la comparaison économique des dix systèmes homogènes peut être étendue à ces boues.

4.32 *Boues de papeterie*

Après discussion avec la COPACEL, les boues de papeterie ne peuvent être rattachées d'un système homogène.

Par conséquent, aucune analyse n'a été réalisée.

4.4 Extension du périmètre d'analyse

L'étude comparative des coûts peut être étendue au niveau macro-économique.

Sous cet angle, les coûts de traitement et d'élimination doivent être diminués de l'économie de fertilisants réalisée par les agriculteurs lorsqu'ils épandent des boues.

L'économie réalisée par la récupération d'énergie, issue de la co-incinération, est déjà prise en compte dans les résultats présentés dans les fiches.

Nous donnons ci-dessous un calcul équivalent fertilisant basés sur les données disponibles de MVAD, OTV et l'ADEME, portant sur des boues non compostées :

Elément	Teneur en % de MS	Disponibilité en %	Prix en F/Kg	Equivalent en F/t MS
CaO	5	100	0.7	35
N	3	40	3.6	43
P ₂ O ₅	4.5	70	3.3	104

Afin d'intégrer l'économie de fertilisant réalisée lors de l'épandage, les coûts des systèmes homogènes comprenant une valorisation agricole doivent dans ces conditions être diminués de 182 F/t MS.

Il ne s'agit bien sur que d'une estimation, qui a peu d'impact sur la comparaison des filières entre elles.

Nous ne disposons pas de données suffisamment fiables pour mener cette comparaison entre les différents types d'épandage retenus.

ANNEXE 1

Eléments de bibliographie

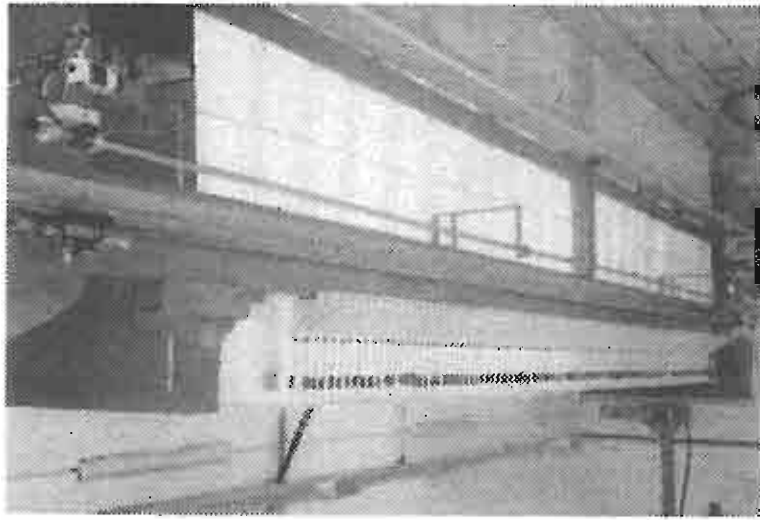
Principaux entretiens réalisés sur les aspects économiques, 1998

H. Brunet, Syprea - entretiens et validation
B. Tisserand, Vivendi - entretiens et validation
V. Branchereau, CGEA - entretiens et validation
P. Binot, JP Barbère, V Derouet, OTV - entretiens et validation
M. Coconier, Degrémont - entretiens et validation
M. Dary, Novergie - entretiens et validation
D. Frelet, MIRSPA - entretiens et validation

Principale bibliographie utilisée

- Comparaison technico-économique des filières d'élimination des boues, Vivendi - direction technique, 1998
- Coûts d'investissement et d'exploitation de filières de recyclage agricole de boues, Syprea, 1998
- Traiter et valoriser les boues, OTV, 1997
- La valorisation agricole en Seine-Normandie, Jean-Paul Borges, 1995
- Etude pour la valorisation agricole des boues produites, SATESE et Chambre d'agriculture du Lot, 1995
- Incinération dédiée et incinération combinée avec les OM, Séminaire EFE, 1998

ASPECTS EMPLOI



SOMMAIRE

	Page
PRINCIPALES CONCLUSIONS	110
INTRODUCTION	111
1. RAPPEL DES OBJECTIFS	112
2. METHODOLOGIE	112
2.1 Périmètre d'étude	112
2.2 Moyens mis en oeuvre	113
2.3 Hypothèses de calcul	113
2.4 Limites de l'analyse	113
3. DESCRIPTION DES EMPLOIS DANS CHAQUE FILIERE	114
3.1 Dans la station d'épuration	114
3.2 Incinération et co-incinération	114
3.3 Mise en décharge	115
3.4 Epanchage agricole	115
4. QUANTIFICATION DES EMPLOIS DANS CHAQUE FILIERE	116
4.1 Dans la station d'épuration	116
4.2 Incinération et co-incinération	117
4.3 Mise en décharge	118
4.4 Epanchage agricole	118
4.5 Bilan général	120
5. EMPLOIS POTENTIELS	122
ANNEXES	123

PRINCIPALES CONCLUSIONS

La quantification des emplois liés aux différentes filières d'élimination des boues urbaines et industrielles nécessite de nombreuses approximations, du fait de la variété des situations existantes en terme de :

- capacité des stations d'épuration (step),
- taux de charge des step,
- niveau d'automatisation des step,
- siccité en sortie de step,
- mode et matériel de stockage des boues,
- matériel utilisé pour la reprise et le transport des boues,
- matériel utilisé pour l'épandage,
- organismes impliqués dans les filières,
- etc.

De plus, l'identification et l'individualisation précises du temps de travail sont toujours délicates. Enfin, la plupart des acteurs ne consacrent pas tout leur temps de travail aux tâches auxquelles nous nous intéressons.

Les résultats obtenus n'offrent pas une représentativité nationale. Celle-ci nécessiterait un travail de terrain étendu à l'ensemble du territoire avec un traitement statistique permettant de tenir compte de la composition du parc français de step.

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.

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.

INTRODUCTION

Ce rapport était auparavant rattaché à la synthèse partielle sur les aspects sanitaires. Il porte sur les aspects emplois liés à l'élimination des boues d'épuration.

Il est organisé en 5 parties : rappel des objectifs (chapitre 1), présentation de la méthodologie (chap. 2), description des emplois dans chacune des trois voies d'élimination des boues (chap. 3), quantification des emplois présents (chap. 4) et futurs (chap. 5).

1. RAPPEL DES OBJECTIFS

L'analyse des aspects emploi a pour objectif :

- de décrire et de quantifier les emplois dans chaque filière d'élimination des boues,
- de quantifier les emplois potentiels de chaque filière.

Les conditions de travail des personnels directement concernés sont abordées dans la partie analyse sanitaire.

2. METHODOLOGIE

2.1 Périmètre d'étude

Conformément au cahier des clauses techniques, les filières d'élimination débutent juste après la production de boue liquide en sortie de clarificateur. Elles incluent donc les aspects préparatoires éventuels (stabilisation, épaisseur, chaulage,...).

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.

2.2 Moyens mis en œuvre

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 et UIOM, CET), bureaux d'étude, transporteurs, entrepreneurs agricoles, etc. (Ces entretiens ont permis de valider, compléter ou adapter les données bibliographiques).

Les principales sources d'information utilisées sont présentées en annexe.

2.3 Hypothèses de calcul

Lors de la quantification des emplois, nous avons effectué les hypothèses suivantes :

- temps de travail d'une journée estimé à 7,8h (39h/semaine) ;
- nombre de semaines de travail d'une année égal à 47 ;
- production de boue dans une station d'épuration constante tout au long de l'année.

2.4 Limites de l'analyse

L'évaluation précise de la situation actuelle en terme d'emploi dans les différentes filières, et a fortiori dans les dix systèmes homogènes retenus, nécessiteraient un travail similaire à celui de la chambre d'agriculture de Lorraine (cf. annexe), étendu à l'ensemble du territoire, avec un traitement statistique afin de tenir compte de la composition du parc français de stations d'épuration.

En effet, des facteurs tels que :

- capacité des stations d'épuration,
- niveau d'automatisation des stations d'épuration,
- siccité en sortie de station d'épuration,
- équipement de transport et de stockage des boues sur le site de la station d'épuration,
- matériel utilisé par la reprise et le transport des boues,
- facilité de transport (lié à la topographie locale) et distance à parcourir jusqu'au site d'élimination,

influent sur l'emploi et doivent être pris en compte conjointement pour une analyse précise.

Cependant, un tel travail sort du cadre de l'étude. Il est donc 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 en terme d'emplois générés.

3. DESCRIPTION DES EMPLOIS DANS CHAQUE FILIERE

3.1 Dans la station d'épuration

Au sein de la station d'épuration, on distingue plusieurs types d'emplois :

- La conduite quotidienne de la station est assurée par les agents d'exploitation. Ils assurent le suivi des différents process de traitement des boues (épaississement, stabilisation, déshydratation,...) mais aussi parfois le chargement des boues avant leur évacuation finale.
- Les analyses quotidiennes des boues, effectuées aux différents stades de traitement, sont généralement réalisées par le personnel de laboratoire de l'usine.
- La maintenance (programmation, réparation, etc.) est le plus souvent prise en charge par les ouvriers de l'usine. Suivant la nature des travaux, l'intervention est réalisée par différents spécialistes : mécaniciens, électroniciens, électromécaniciens, instrumentistes, automaticiens, etc.
- La gestion et l'encadrement du personnel de la station sont assurés par un chef d'exploitation.

3.2 Incinération et co-incinération

L'incinération spécifique des boues est généralement réalisée sur le site (ou à proximité) de la station d'épuration. Elle nécessite la présence de personnel de même type que celui qui assure le traitement des boues (personnel de conduite, de maintenance et de laboratoire).

Le transport des boues de la station à l'UIOM est généralement effectué par un transporteur privé.

La co-incinération des boues est réalisée dans une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM). Le fonctionnement d'une UIOM est assuré par du personnel de niveau ouvrier et technicien, encadrés par une ou plusieurs personnes.

Le transport des résidus de l'incinération est généralement pris en charge par un transporteur privé.

Leur mise en décharge est assurée par le personnel spécialisé des centres d'enfouissement technique de classe 1 (pour les résidus d'épuration des fumées) et/ou de classe 2 (pour les mâchefers) décrit ci-dessous.

3.3 Mise en décharge

De même que pour la co-incinération, le transport des boues jusqu'à la décharge est réalisé par un transporteur privé.

L'exploitation de la décharge (CET 2) est généralement assurée par du personnel ouvrier (conduite des engins de compactage) et technicien (réception des déchets). Un poste d'encadrement peut être partagé entre plusieurs CET. La prise en charge des boues, assimilées à des déchets pulvérulents dans un CET 2, nécessite l'utilisation d'un engin de terrassement adapté (type chenillard), mais pas la présence d'agents spécialisés supplémentaires.

3.4 Epandage agricole

Le chargement des boues est réalisé par le personnel de conduite de la station ou par le transporteur.

Le transport des boues est en général assuré par une entreprise spécialisée, mais peut également être pris en charge par des agriculteurs (en particulier par des CUMA dans le cas des boues liquides) ou encore (de façon marginale) par le producteur des boues (personnel de la station, employés municipaux).

Le suivi agronomique, la réalisation des plans d'épandages, la recherche de zones d'épandages, le programme prévisionnel, la logistique, les comptes rendus annuels, peuvent être réalisés par le personnel des bureaux d'étude, les chambres d'agriculture, ou les Missions Déchets. Ces tâches sont effectuées par des ingénieurs et techniciens, assistés de secrétaires.

L'épandage peut être assuré directement par le bureau d'étude, mais il est le plus souvent pris en charge par un entrepreneur agricole ou par l'agriculteur lui-même.

Lorsqu'il est réalisé par un entrepreneur agricole, l'épandage est organisé en chantiers d'épandages, comprenant généralement plusieurs ouvriers assurant la conduite des épandeurs et du chargeur, auxquels peuvent s'ajouter une personne d'encadrement.

L'enfouissement des boues dans le sol après épandage est souvent réalisé par l'agriculteur, à l'exception de certaines boues liquides pour lesquelles l'épandage et l'enfouissement sont effectués simultanément par un prestataire.

L'épandage fait ainsi intervenir plusieurs acteurs (transporteur, agriculteur, entrepreneur agricole, bureau d'étude). Son impact est relativement plus important en milieu rural, où il contribue plus nettement au développement de l'emploi.

4. QUANTIFICATION DES EMPLOIS DANS CHAQUE FILIERE

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 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.

4.1 Dans la station d'épuration

Les calculs présentés s'appuient sur les interviews d'exploitants de stations. Lorsque des différences très importantes étaient notées entre les petites, moyennes et grandes stations, nous les avons mentionné. Cependant, la taille de notre "échantillon", et la sous-représentation des petites stations ne permettent pas d'obtenir un chiffre significatif par taille de station.

La quantification de la part des emplois de conduite et de maintenance en relation avec le traitement des boues est difficile à évaluer car le personnel de la station travaille souvent sur plusieurs postes de traitement. La distinction est particulièrement difficile pour la partie maintenance et pour les petites stations.

Lorsque l'évaluation est possible, il apparaît que les opérations de maintenance et de conduite confondues mobilisent en moyenne 0,3 emploi/1000 tMB produites annuellement.

Une part importante de la conduite est consacrée au chargement des boues en vue de leur transport.

Suivant les situations locales, la qualité et la quantité de boue, la taille de la station d'épuration et les procédés de traitement, ce ratio peut varier fortement. A titre d'exemple, le procédé de déshydratation par filtre à plateau ou filtre à bande nécessite une personne supplémentaire à plein temps /10000 tMB supplémentaires, c'est à dire 0,1 emploi/1000 tMB an.

Le temps nécessaire à la réalisation des analyses de laboratoire est variable suivant la taille des stations. D'après les données disponibles, le ratio emploi associé est compris entre 0,04 (petites stations) et 0,01 (grandes stations)/1000 tMB/an.

Un temps fixe (estimé entre 1h à 2h par jour selon la taille de la station) est nécessaire au renseignement de documents administratifs et aux principales analyses.

S'y ajoute ensuite le temps nécessaire à des analyses complémentaires fonction de la taille de la station.

Si l'on additionne la moyenne des différentes estimations du temps nécessaire au traitement des boues dans la station d'épuration, avec toutes les approximations que cet exercice engendre, on aboutit à un total de $(0,3 + 0,025) = 0,33$ emploi /1000 tMB produites annuellement.

4.2 Incinération et co-incinération

Les temps de travail observés pour la conduite et la maintenance des fours d'incinération spécifique et des équipements de traitement des fumées varient de 1 à 10 (entre 0,05 et 0,5 emploi /1000 tMB /an) suivant la taille et le degré d'automatisation des stations.

Un travail de laboratoire est également nécessaire mais il est difficile à évaluer car réalisé conjointement avec les différentes analyses liées à la conduite de la station d'épuration.

Sur la base des informations collectées, le temps nécessaire au chargement des mâchefers ainsi que celui consacré à leur transport jusqu'au CET par une entreprise spécialisée est considéré comme négligeable.

La part consacrée à la prise en charge des résidus d'incinération des boues dans un CET 1 ramené à la tonne de boue brute est également infime (d'autant que ces centres nécessitent peu de personnel par tonne gérée).

Dans le cas de la co-incinération des boues, le temps nécessaire au transport représente en moyenne 0,04 emploi/1000 tMB annuelles. Ce ratio est calculé en prenant un temps de rotation moyen de 1h30 pour le transport jusqu'à l'usine d'incinération.

La quantification des emplois générés par une UIOM est, sur la base des travaux de Terra et de données Elyo, évaluée à 0,3 à 0,4 emploi /1000 tonnes prises en charge /an. On estime que ce ratio est applicable à la co-incinération des boues avec des OM car réalisé sur le même site avec les mêmes employés.

Ce ratio varie suivant la taille de l'usine, mais on observe un effet de seuil (autour de neuf personnes au minimum sont nécessaires) et un effet d'économie d'échelle (le ratio emploi diminue avec la taille de l'usine).

Compte tenu du faible tonnage de boues actuellement concerné par l'incinération spécifique, on ne retiendra que les chiffres relatifs à la co-incinération pour l'évaluation globale incinération spécifique et co-incinération.

En tenant compte des nombreuses estimations réalisées, le nombre total d'emplois générés par la filière incinération est donc de 0,35 emploi/1000 tMB produites annuellement.

4.3 Mise en décharge

La mise en décharge des boues implique la production de boues d'une siccité minimale de 30%. Cela implique parfois une étape de déshydratation supplémentaire dans la station d'épuration, mais leur conséquence en terme d'emploi est difficile à chiffrer.

De même que pour la co-incinération, on estime le temps de transport nécessaire à 0,04 emploi/1000 tMB an.

Le ratio emploi généré par le fonctionnement d'un CET2 est estimé à 0,1 /1000 tonnes prises en charge /an (source : Terra).

De même que pour l'IUOM, le ratio emploi varie suivant la taille du CET et on constate des phénomènes de seuil et d'économie d'échelle difficiles à intégrer dans un calcul moyen.

Le ratio emploi total de la filière mise en décharge est évalué à 0,14.

4.4 Epandage agricole

Les calculs présentés s'appuient principalement sur les travaux de la chambre d'agriculture de Lorraine et sur les informations recueillies auprès du Syprea.

Le temps nécessaire au transport des boues d'épuration de la station vers les parcelles agricoles est sensible à la capacité et à la nature (agricole ou routière) du matériel utilisé, ainsi qu'à la situation topographique locale (plaine ou montagne). La distance parcourue a moins d'impact sur le temps de transport que les contraintes de reprise puis d'épandage des boues.

Le ratio emploi lié à la reprise et au transport est estimé entre 0,05 et 0,1 emploi/1000 tMB produites annuellement, la fourchette basse correspondant à une configuration optimisée.

Le temps nécessaire aux différentes études liées à l'épandage agricole est variable suivant la situation locale ainsi que la nature et le nombre des acteurs impliqués : bureau d'étude, Missions Déchets, chambre d'agriculture.

Lorsque la totalité des opérations sont effectuées par les bureaux d'études, les données recueillies amènent aux ratios suivants : 0,1 à 0,2 emplois / 1000 tonnes épandues annuellement. Ce ratio, bien que lié au tonnage de boues brutes produites par la station varie en fonction du nombre de stations pour lequel le bureau d'étude prend en charge les boues.

Les opérations d'épandage, lorsqu'elles sont réalisées par un entrepreneur agricole ont été évaluées entre 0,02 et 0,04 emploi /1000 tonnes de boues brutes épandues annuellement. Le temps nécessaire à l'épandage des boues liquides est plus important que celui nécessaire à l'épandage des boues pâteuses ou solides.

Lorsque cette opération est réalisée par l'agriculteur, le temps nécessaire est difficilement identifiable car elle est effectuée dans le cadre d'autres pratiques agricoles. Il en est de même pour l'enfouissement des boues dans le sol, qui est réalisé dans le cadre d'épandage de matières fertilisantes.

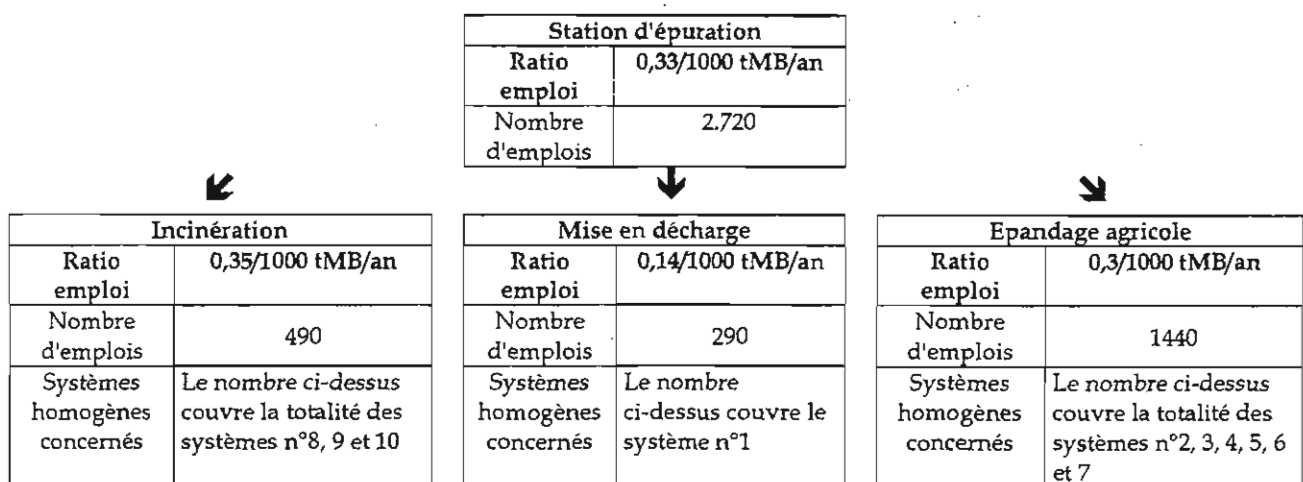
L'addition des différentes estimations permet d'évaluer le ratio emploi de la filière épandage agricole à 0,3/1000 tMB produites annuellement.

4.5 Bilan général

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

On estime ce tonnage réparti en :

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



Remarque :

Il n'est malheureusement pas possible de détailler ces résultats par système homogène, du fait de la non-linéarité de la fonction qui donne le nombre d'emploi à partir du tonnage de matière sèche produite.

Pour obtenir un tel détail, il est nécessaire de "construire" des ratio-emplois différents selon la taille de la step et la siccité de la boue en sortie de step, ce qui implique une étude beaucoup plus approfondie et des moyens adaptés.

5. EMPLOIS POTENTIELS

L'évaluation des emplois potentiels devrait théoriquement prendre en compte cinq aspects :

- évolution de la quantité de boues produites et du nombre de step,
- évolution de la répartition entre les différents modes de traitement des boues.
- évolution de l'encadrement des pratiques,
- évolution du taux d'utilisation des capacités actuelles,
- évolution des technologies utilisées,

Compte tenu du peu de données disponibles, nous n'aborderons que les trois premiers aspects.

Evolution de la production de boues

On estime que la production totale de boues urbaines devrait passer d'environ 850.000 tMS/an actuellement à 1,3 millions de tonnes dans cinq ans (nous ne possédons pas assez d'informations pour pouvoir évaluer les tonnages futurs de boues industrielles).

Cette augmentation est due :

- à l'accroissement du nombre de raccordement aux réseaux et du nombre de stations d'épuration,
- à l'utilisation de nouveaux procédés de dépollution à meilleurs rendements,
- au renforcement de la réglementation concernant la qualité de l'eau rejetée.

Le nombre d'emplois dans chaque filière étant principalement lié au tonnage de boues produites, il serait donc amené à augmenter pour chacune d'elles, à répartition constante entre les filières de traitement. Cependant, les deux scénarios d'évolution de la répartition entre les filières présentés dans la pré-étude de définition (source : IFTS, 1995) mettent en évidence dans les deux cas une prédominance de l'incinération d'ici à 2002.

Sur la base des hypothèses suivantes :

- augmentation de 50% du tonnage de MB (boues urbaines et industrielles) d'ici à 2005,
- 49% d'épandage agricole et 51% d'incinération (abandon de la mise en décharge),

on obtient à l'horizon 2005 un ordre de grandeur de 2950 emplois au total pour l'incinération et de 2425 emplois au total pour l'épandage agricole. Cette évaluation ne tient pas compte de l'évolution de l'encadrement des pratiques.

Evolution de l'encadrement des pratiques

La nouvelle réglementation concernant l'épandage agricole des boues, qui prévoit la réalisation d'études préalables, d'analyses de sol, de plans d'épandage, de programmes prévisionnels, de bilans agronomiques, etc., va influencer sur la valeur des ratios emplois établis pour la filière.

Dans une note du Ministère de l'Environnement sur l'évaluation de l'impact de la nouvelle réglementation datant de fin 1996, cet impact était évalué à 1235 emplois supplémentaires à l'horizon 2000, auxquels se rajoutent 845 emplois supplémentaires à l'horizon 2005 (en tenant compte de l'évolution de la production de boues). Selon cette note, ces emplois seront pour 11% des emplois d'ingénieurs, pour 13% des emplois de techniciens et pour 76% des emplois d'ouvriers ou de secrétariat.

1. Sources bibliographiques
2. Interviews effectuées

ANNEXES

1. SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Environnement et emploi. Vers une observation statistique des emplois dans le domaine de l'environnement, *IFEN* 1996.

Environment and employment. Technical Report Series, *IPTS* 1996.

Rapport d'étude sur les emplois générés par la valorisation agricole des boues urbaines en Lorraine. Marie-France Michel, *Chambre d'Agriculture de Lorraine* 1998.

Traiter et valoriser les boues, OTV 1997.

Note du Ministère de l'Environnement sur l'évaluation de l'impact du décret n° 97-1133 du 8/12/1997 et de l'arrêté du 8/01/1998, 1996.

Gestion intégrée des déchets et emploi. Journée Technique du 29 octobre 1997, *ADEME* 1997.

2. INTERVIEWS

- M. Barbère, Direction de l'exploitation OTV
- M. Brunet, Président du SYPREA
- M. Goubert, Direction de l'exploitation DEGREMONT
- M. Meurer, Resp. Agence Traitement Propeco (SITA)
- Mme Dari, NOVERGIE
- Mme Moryoussef, Station d'épuration de Valenton (1.200.000 EH)
- M. Le Mouillour, Station d'épuration de La Roche sur Foron (35.000 EH)
- Mme Pineau, Station d'épuration de Bonneuil en France
- M. Pointel, Stations d'épuration de Courcelle (20.000 EH), Carvin (50.000 EH) et Henin Baumont (100.000 EH)
- M. Cret, Station d'épuration Cergy Pontoise (200.000 EH)
- M. Kergommeaux, Station d'épuration de Rouen (550.000 EH)
- M. Fritch, société SEDE
- M. Amalin, société PROVAL
- M. Joly, société RECYVAL



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).

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



Agences de l'Eau

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

