

## Gestion des déchets organiques et des boues : un choix local

La notion de déchet est subjective. Un déchet est un résidu que les hommes jugent inutile dans un contexte donné. Les déchets organiques sont des éléments du cycle de la vie. La diversification des techniques de traitement des déchets amène à des choix parfois complexes. Chaque mode de traitement présente des avantages et des inconvénients et il n'existe pas de panacée. Il faut déterminer le mode de traitement le plus adapté au contexte socio-économique local. L'acceptabilité sociale des installations de traitement des déchets est médiocre. Leur proximité est considérée comme

une atteinte importante à la qualité de la vie. L'accumulation de déchets provoque des inquiétudes pour la santé ou l'environnement.

La valorisation des déchets, lorsqu'elle est possible, permet d'en retirer des produits utiles ou de l'énergie. Les méthodes de valorisation tendent à être considérées comme des processus industriels, soumises à des normes de plus en plus rigoureuses qui, dès lors qu'elles seront respectées, devraient contribuer à dépassionner le débat social autour de la question des déchets.

### sommaire

Les déchets dans le cycle de la vie .....	p. 1
Production, gestion et valorisation des déchets .....	p. 3
Les besoins des sols agricoles.....	p. 4
La valorisation biologique des déchets.....	p. 6
La valorisation énergétique des déchets.....	p. 8
Les conséquences pour la santé et l'environnement .....	p. 9
La toxicité des métaux lourds et d'autres produits chimiques....	p. 10
Contexte social et économique.....	p. 12
Références.....	p.15

### Les déchets dans le cycle de la vie

#### Qu'est-ce que la matière vivante ?

Les êtres vivants (l'homme, les animaux, les végétaux, les micro-organismes) sont constitués principalement d'eau et de molécules organiques. Les molécules organiques sont composées d'atomes de carbone associés à des atomes d'hydrogène, d'oxygène ou d'azote. Certaines molécules comportent en plus des atomes de phosphore, de soufre, etc. Les êtres vivants contiennent aussi une trentaine d'autres éléments (calcium, fer, etc.).

([39] fiche 2.2)

#### De quoi les êtres vivants ont-ils besoin ?

Les êtres vivants ont tous la même composition chimique (ADN, protéines, lipides, glucides, etc.) et donc besoin des mêmes éléments pour vivre. Les plantes trouvent ces éléments dans le sol et dans l'air. En règle générale, elles prélèvent l'eau, l'azote et tous les éléments autres que le carbone et l'oxygène dans le sol. Les éléments prélevés dans le sol sont dénommés éléments fertilisants. Les plantes ne les assimilent pas.



lent que lorsqu'ils sont présentés sous la forme de molécules minérales.

Contrairement aux plantes, l'homme, les animaux et la plupart des micro-organismes n'assimilent les éléments que s'ils sont présentés sous la forme de molécules organiques.

([19], [20], [33] p. 3)

### *Qu'est-ce qu'un déchet ?*

Le concept de déchet, lié à l'activité humaine, est largement subjectif. Un objet peut être considéré comme un déchet par une personne et comme une matière première par une autre. C'est par exemple le cas pour le verre : les bouteilles vides (déchets) jetées par les particuliers dans des containers spéciaux fournissent plus de la moitié de la matière première de l'industrie du verre d'emballage.

Les textes réglementaires considèrent comme déchet « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ».

([63], [77])

### *Quelle est la place des déchets dans le cycle de la matière organique ?*

Les déchets organiques sont, dans le cycle de la matière organique, la part ne présentant pas d'intérêt immédiat pour l'homme.

Au début du cycle, les plantes transforment le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), l'azote minéral et l'eau en matière organique grâce à l'énergie de la lumière solaire. Tous les êtres vivants se nourrissent, directement ou indirectement, de la matière organique synthétisée par les plantes. Ils la transforment pour grandir et se reproduire (une vache transforme l'herbe en viande, en os, etc.), ils la dégradent pour produire l'énergie nécessaire à la vie (le sucre consommé par un sportif, etc.) et enfin ils l'éliminent.

A chaque étape, une partie de la matière organique consommée est décomposée en ses constituants élémentaires (gaz carbonique, azote, eau, etc.), ce qui fait qu'à la fin elle a totalement disparu. Les constituants élémentaires se trouvent de nouveau dans des molécules minérales ; leur quantité totale n'a pas varié.

L'énergie de la lumière solaire a permis aux plantes de construire des molécules organiques complexes. Quand les molécules sont dégradées, l'énergie est restituée sous forme de chaleur. Le bilan énergétique est le même, que la matière organique soit brûlée ou consommée par les êtres vivants.

([17], [19], [30] pp. 27-31)

### *Que deviennent les débris organiques dans le sol ?*

Le sol héberge une immense diversité d'organismes (vers de terre, insectes, champignons, algues, bactéries, virus, etc.). Les champignons constituent plus de la moitié de la matière vivante présente dans le sol. Ils sont remplacés par des algues et des bactéries lorsque le sol est gorgé d'eau. Il y a entre un million et un milliard de bactéries par gramme de terre.

En présence d'une quantité suffisante d'oxygène, la plus grande partie de la matière organique présente dans le sol se décompose en moins d'un an. Les éléments fertilisants reprennent une forme minérale. Ce processus est appelé minéralisation. La décomposition du bois et des autres débris végétaux fibreux est plus lente (de deux à cinq ans). Elle donne naissance à l'humus. On parle alors d'humification.

([7] p. 81, [17], [18])

### *Comment l'eau est-elle épurée ?*

La matière organique et les éléments fertilisants présents dans l'eau (nitrate, phosphate, etc.) sont éliminés par des microorganismes à condition qu'il y ait une quantité suffisante d'oxygène. Ceci ne suffit pas nécessairement pour

rendre l'eau potable car elle peut contenir en plus des produits toxiques ou des microorganismes pathogènes dangereux pour l'homme.

Les stations d'épuration fonctionnent sur le même principe que l'épuration naturelle. Elles comportent des cultures fortement oxygénées de microorganismes spécialisés, ce qui leur permet d'épurer l'eau beaucoup plus rapidement que dans la nature. Le processus d'épuration entraîne une prolifération massive des microorganismes qui contribuent à former les boues d'épuration, un nouveau déchet qu'il faut à son tour éliminer.

([3] p. 394, [21], [39] p. 4)

### *Qu'est-ce qu'une boue ?*

Une boue est un mélange d'eau et de matière solide. On distingue :

- Les boues d'épuration provenant des stations de traitement qui collectent, par le tout-à-l'égout, les eaux usées et les eaux de ruissellement urbaines.
- Les boues des fosses septiques (assainissement individuel). Elles sont acheminées vers les stations d'épuration pour y être traitées avec les autres boues (un Français sur cinq n'était pas connecté au tout-à-l'égout en 1999).
- Les boues industrielles résultant du traitement des eaux usées du secteur agroalimentaire, de l'industrie du cuir et de l'industrie du papier et des fibres.

([27], [39] fiche 1.2)

### *Quelle est la composition des boues d'épuration ?*

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de station d'épuration.

Les boues sont très riches en matière organique (50 à 70 % de la matière sèche), ce qui favorise la prolifération des microorganismes qui se multiplient et décomposent la matière organique. En absence d'une aération suffisante, la décomposition libère des composés organiques nauséabonds, de l'hydro-

gène sulfuré responsable de l'odeur d'œuf pourri, etc., ainsi que des gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane, etc.).

Une addition de 25 % de chaux (on parle alors de boues chaulées) bloque la croissance des microorganismes et permet d'éviter les mauvaises odeurs. La prolifération des microorganismes reprend quand la concentration de chaux diminue (à la suite d'un épandage, par exemple).

La décomposition des boues d'épuration libère de grandes quantités d'azote (principalement sous forme de nitrate) et de phosphore.

Les métaux lourds représentent, en moyenne, moins de 0,15 % de la matière sèche. La réglementation évolue avec l'efficacité croissante de la gestion des déchets et les avancées techniques de leur traitement. La concentration maximale autorisée tend ainsi à diminuer au fil des années. Les pro-

jets de réglementation européenne devraient avoir pour effet qu'en 2025 la concentration maximale autorisée sera inférieure à celle de 1986 de 40 % pour le cuivre, le zinc et le chrome, de 70 % pour le nickel et le plomb et de 90 % pour le cadmium et le mercure.

([6], [21], [38] p. 21, [39] p. 30, [67] p. 63)

## Production, gestion et valorisation des déchets

### Quels sont les déséquilibres induits par l'homme ?

Dans le cycle naturel, les êtres vivent et meurent grosso modo au même endroit, ce qui fait que les éléments fertilisants assimilés à l'origine par les plantes restent finalement sur place.

L'homme rompt le cycle naturel en séparant les lieux d'élaboration de la matière organique des lieux de sa consommation : schématiquement, en France, l'élevage est concentré dans l'Ouest, la culture céréalière (nécessaire à l'alimentation du bétail) dans le grand Bassin parisien et les hommes dans les grandes villes. Il s'ensuit d'importants déséquilibres locaux entre la quantité des déchets et leur composition, et les besoins du sol.

Le cycle naturel est également rompu par l'utilisation massive de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel, etc.).

L'homme intervient aussi sur la répartition des métaux. Pendant des millénaires, il a extrait les métaux enfouis dans les mines et les a dispersés dans l'environnement. Mais actuellement, plus de la moitié des métaux utilisés par l'homme provient du recyclage. L'usage des appareils ménagers et des installations industrielles entraîne les métaux dans l'eau. Cependant, l'homme n'est pas le seul responsable de la dispersion

des métaux dans l'environnement. Une partie des métaux présents dans l'environnement a une origine naturelle (dégradation des roches, émissions volcaniques - la moitié du mercure présent dans l'air provient des volcans -, etc.). Enfin, l'homme synthétise de plus en plus de produits chimiques toxiques pour la santé ou l'environnement (lessives, solvants, pesticides, etc.) et de produits à dégradation très lente (la plupart des plastiques).

([7] pp. 184-185, [33] p. 5, [41], [57], [84])

### D'où proviennent les déchets organiques ?

La production de déchets dépasse en France 600 millions de tonnes par an. Plus des deux tiers sont des déchets organiques qui ont tous à peu près la même composition chimique. Ils ont les origines suivantes :

- Déchets agricoles (déjections animales, déchets de culture et de forêts) : 84 % de la quantité totale de déchets organiques.
- Déchets des industries agroalimentaires : 10 %.
- Déchets des collectivités (boues des stations d'épuration, boues des fosses septiques, espaces verts, marchés, nettoyage des rues) : 5 %.
- Déchets des ménages (poubelles) : 1 %.

([7] pp. 184-185)

### Pourquoi les stations d'épuration produisent-elles des déchets ?

Dans la plupart des stations, l'eau est épurée par des microorganismes qui consomment la matière organique et les éléments fertilisants dissous (boues activées aérées, lit bactérien, lagunage, etc.). Ce faisant, les microorganismes prolifèrent et constituent un nouveau déchet qu'il faut éliminer : ce sont les boues d'épuration.

([6], [21], [38] p. 21)

### La production de boues d'épuration va-t-elle augmenter ?

La généralisation du tout-à-l'égout imposée par la directive européenne 91/271 augmentera la quantité d'eau traitée. Par ailleurs, l'amélioration de la qualité de l'eau sortant des stations d'épuration nécessite l'action de microorganismes supplémentaires, capables d'éliminer l'azote et le phosphore.

Augmentation de la quantité et amélioration de la qualité de l'eau traitée entraînent un accroissement du nombre des microorganismes qui épurent l'eau et qui prolifèrent au cours de ce processus. Les boues étant composées de ces microorganismes, leur quantité augmente nécessairement. Entre 1992 et 2000, la production française de boues

a augmenté de 50 %.

La production de boues par les stations d'épuration passe de 90 kg (Grèce) à 380 kg (Danemark) par personne et par an, la France occupant une position moyenne avec 170 kg (soit 2 % des déchets organiques produits en France).

([2], [3] p. 146, [21], [36], [66] pp. 25-30)

### Qu'est-ce que la valorisation des déchets ?

La valorisation des déchets est définie comme un mode de traitement visant à :

- Ménager les ressources naturelles et éviter le gaspillage, en diminuant notamment l'extraction des matières premières non renouvelables (gisements de tourbe, gisements de phosphate, etc.).

- Lutter contre le réchauffement de la planète en diminuant la consommation d'énergie fossile (charbon, gaz naturel, pétrole, etc.) et la production de gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane, etc.).

- Lutter contre l'utilisation excessive d'engrais chimiques.

Les deux grands types de valorisation sont la valorisation biologique (production d'engrais et de compost) et la valorisation énergétique (production de

chaleur et d'électricité). La mise en décharge (appelée aussi stockage) revient le plus souvent à laisser se poursuivre le cycle de dégradation sans rien en retirer.

([9] pp. 2-3, [26] p. 6, [27] p. 9, [29] p. 2, [33] p. 4, p. 7)

### Quelles sont les conditions d'une bonne valorisation biologique ?

La valorisation biologique n'est possible et durable que si les critères suivants sont satisfaits :

- Le mode de valorisation doit être choisi en fonction des ressources et des débouchés locaux, sans perdre de vue que le stockage des déchets induit des surcoûts notables.

- Les déchets utilisés ne doivent pas présenter de risques pour la santé et l'environnement.

- Les déchets doivent être faciles à étaler sur le sol ou à enfouir et se décomposer rapidement en éléments fertilisants et en humus sous l'action des microorganismes. Ils ne doivent pas contenir de détritres imputrescibles.

- L'acceptation sociale nécessite une sensibilisation et une concertation au niveau local. Elle passe notamment par l'élimination des mauvaises odeurs.

Enfin, une part importante de la pollu-

tion générée par le traitement des déchets vient de leur transport car il produit lui-même des gaz à effet de serre en consommant du pétrole.

([49], [60] pp. 66-67, [67] p. 19)

### Quel est l'intérêt de la valorisation énergétique ?

La valorisation énergétique des déchets organiques n'est pas un enjeu significatif pour l'indépendance énergétique de la France. Elle permet en revanche de mieux gérer l'émission de gaz à effet de serre (destruction du biogaz) et de faire face à la production de grosses quantités de déchets.

La meilleure forme de valorisation est l'utilisation locale de la chaleur produite (chauffage urbain, industries). Son optimisation suppose une réflexion sur l'urbanisme et l'aménagement du territoire.

([29] p. 2)

### Qu'est-ce que le recyclage ?

Le recyclage consiste à utiliser des matériaux provenant de déchets à la place de la matière première vierge. Son intérêt est variable en fonction des matériaux ; il est vraisemblablement faible pour les déchets organiques.

([63], [77])

## Les besoins des sols agricoles

### Qu'est-ce qu'un élément fertilisant ?

Les éléments fertilisants sont les éléments nécessaires à la vie des plantes que celles-ci puisent dans le sol. On en distingue trois groupes en fonction des quantités nécessaires. Le phosphore, le potassium, et l'azote sont les éléments fertilisants primaires. Les éléments fertilisants secondaires sont le calcium, le magnésium, le sodium et le soufre. Il y a

enfin les oligo-éléments (fer, zinc, cuivre, etc.).

([20], [33] p. 3, [75] p. 10)

### Qu'est-ce que l'humus ?

L'humus est une matière foncée contenant un mélange de matières organiques pauvres en azote. Il résulte de l'association de l'argile du sol et de la matière organique provenant de la décomposition, en présence d'oxygène, de débris végétaux et animaux

(décomposition aérobie).

L'humus se décompose très lentement (de un à deux pour cent par an) en libérant des éléments fertilisants (azote sous forme minérale, etc.). Il contient aussi des molécules organiques complexes jouant un rôle essentiel dans la croissance des plantes et leur résistance aux parasites. Il augmente la quantité d'eau stockée dans le sol. L'humus est nécessaire pour qu'un sol soit cultivable.

([1] p. 622)

### Pourquoi faut-il enrichir régulièrement le sol ?

La concentration d'éléments fertilisants présents dans le sol diminue au fil des années. Les pertes en éléments fertilisants sont dues principalement au lessivage par l'eau de pluie et aux cultures car les éléments fertilisants se retrouvent incorporés dans les récoltes (par exemple, 100 kg de blé contiennent 1,8 kg d'azote, 1 kg de phosphate et 0,5 kg de potasse). Les engrais et la fumure organique apportent les éléments fertilisants. Depuis la fin des années 1940, c'est l'apport régulier d'engrais qui a permis de multiplier par cinq le rendement des cultures.

De la même façon, la qualité physique du sol diminue au cours du temps, notamment à cause de la décomposition spontanée de l'humus. Pour que le sol reste cultivable, il faut l'amender, c'est-à-dire lui apporter des substances (amendements) visant à améliorer ses propriétés physiques. Un amendement est composé soit de molécules organiques d'origine végétale (tourbe, terre de bruyère, etc.), soit de produits chimiques (amendement calcaire).

([1] pp. 554-556, [4], [75] p. 10)

### Pourquoi utilise-t-on la tourbe ?

La tourbe est utilisée pour entretenir ou reconstituer l'humus. C'est un amendement (substance améliorant les propriétés physiques du sol). Le fumier et le compost (exemple : la terre de bruyère) agissent également comme des amendements mais en plus ils apportent des éléments fertilisants : ils jouent aussi le rôle d'engrais.

([1] pp. 554-556, [75] p. 10)

### Quelles sont les sources d'éléments fertilisants ?

Un engrais minéral a pour fonction principale d'apporter aux plantes les éléments fertilisants sous une forme directement assimilable (forme minérale). La fumure organique est un apport de

compost, de fumier ou de lisier. Elle est composée de déchets agricoles en cours de décomposition par des microorganismes qui transforment en molécules minérales les éléments fertilisants présents dans la fumure organique (il faut environ trois ans pour décomposer totalement le fumier).

Le fumier et le compost n'agissent pas seulement par leur richesse en éléments fertilisants. Ils ont aussi une action bénéfique sur la texture et la structure du sol par leur apport en résidus de fibres végétales. Ils sont à l'origine de l'humus dans les terres cultivées. En revanche, le lisier et les déjections des volailles (assimilées à du lisier) ne contribuent pas du tout à la production d'humus car ils sont dépourvus de déchets végétaux. Ils agissent pratiquement comme des engrais minéraux.

([1] pp. 553-554)

### Quelle est la consommation annuelle d'éléments fertilisants en France ?

La consommation varie naturellement selon l'utilisation des surfaces agricoles : les céréales et le fourrage nécessitent les plus grosses quantités de fumure. Sur l'ensemble du territoire français, en 2000, l'épandage d'engrais minéraux a apporté aux sols 2,7 millions de tonnes d'azote, 0,9 million de tonnes de phosphate et 1,2 million de tonnes de potasse.

L'utilisation de fumure organique et l'épandage d'engrais apportent au total environ 4 millions de tonnes d'azote. Les plantes n'en consomment qu'une partie, la part non consommée augmentant régulièrement depuis 1995. Une partie de l'azote non utilisée par les plantes passe dans l'eau sous forme de nitrate.

([4], [7] p. 270, [8], [73] p. 44)

### Quelles sont les sources d'engrais minéraux ?

Les sources traditionnelles d'azote (le guano du Pérou par exemple) ont été

remplacées depuis longtemps par des engrais chimiques. L'azote est fourni sous forme d'urée et de nitrate d'ammonium, les deux étant fabriqués à partir de l'azote de l'air (associé à du gaz carbonique pour la synthèse de l'urée). Le phosphate et la potasse sont tous deux tirés de minerais. La potasse utilisée en France provient de mines européennes.

En 1996, la France a importé 1,3 million de tonnes d'azote, la totalité de son phosphate (40 % provenant d'Israël) et un million de tonnes de potasse.

([4], [16])

### Quelles sont les sources de fumure organique ?

Les bovins produisent environ la moitié de leurs déjections dans les champs et celles-ci sont recyclées sur place, de façon naturelle.

Les déjections émises à l'étable sont récupérées sous forme de fumier, fumure solide constituée des déjections (solides et liquides) mélangées aux litières (paille) et partiellement décomposées par des microorganismes. La production de fumier n'est réalisable que dans les exploitations associant élevage et culture céréalière.

Le lisier est un mélange, plus ou moins liquide, de déjections animales. Il ne représente que 10 à 15 % des déjections bovines mais la quasi-totalité des déjections de porcs (la plupart des élevages de porcs n'utilisent pas de litière et ne produisent que du lisier). Les déjections de volailles sont aussi un lisier.

Le compost est une fumure solide résultant de la décomposition partielle des déchets végétaux (feuilles mortes, herbe coupée, etc.) en présence d'oxygène.

([1] pp. 553-554, [5] p. 5)

### Quelle est la production française de fumure organique ?

La France produit chaque année environ 300 millions de tonnes de déchets

animaux (correspondant à 40 millions de tonnes de matière sèche). Près de 80 % est apporté par le fumier de vache, 10 % par le lisier de porc et près de 4 % par les déjections de volailles. La production est très inégalement répartie car elle est associée à la présence d'élevages intensifs. Elle est particulièrement forte en Bretagne et dans une partie de la Normandie et des Pays de la Loire.

([7] p. 270, [11] pp. 27-28, [39] fiche 2.1)

### La fumure organique peut-elle remplacer totalement les engrais minéraux ?

Même si la fumure traditionnelle minimise les pertes d'éléments fertilisants, elle ne les compense pas totalement et un apport complémentaire d'engrais est indispensable car :

- Les fumures organiques n'apportent pas l'ensemble des éléments fertilisants en bonnes proportions (le fumier est

naturellement pauvre en phosphate).  
- Il faut compenser la perte d'éléments fertilisants au cours des transformations dans la nature, notamment pour l'azote. Les plantes ne récupèrent que la moitié de l'azote présent dans les déjections animales. L'autre moitié est entraînée par les eaux de ruissellement, fixée dans le sol ou libérée sous forme de gaz sous l'action des bactéries. Ceci explique la grande quantité de nitrates dans les eaux de certaines régions.

([1] pp. 553-554, [28])

## La valorisation biologique des déchets

### Que peut-on faire des déchets organiques ?

Les déchets organiques et les boues sont des étapes dans le cycle de la matière vivante. Ils seront dégradés jusqu'à redevenir du gaz carbonique et de l'eau. Les éléments fertilisants qu'ils contiennent reprendront une forme minérale et l'énergie solaire stockée dans les molécules organiques sera libérée sous forme de chaleur.

En fonction du contexte économique local, le processus de dégradation peut être orienté afin de privilégier :

- La production d'énergie : incinération des déchets, production de biogaz (couplée à la production de compost).
- La libération rapide des éléments fertilisants par épandage sur les champs (fumier, lisier, boues d'épuration). Les déchets organiques se substituent alors à l'engrais.
- La production de compost à partir de déchets comme succédané de la tourbe ou du fumier pour améliorer la qualité des sols.

Certains usages sont interdits en France :

- Utilisation pour l'alimentation animale des produits extraits des boues d'épuration.

- Mise en décharge de déchets organiques pouvant encore être valorisés.

([10] pp. 21-23, [24], [30] pp. 145-146, [39] fiche 5.3, [82])

### Quels sont les critères permettant d'évaluer la valorisation des déchets organiques ?

Une comparaison précise des avantages et des inconvénients des différents modes de valorisation est impossible pour plusieurs raisons :

- L'évaluation du coût des différentes filières est en partie arbitraire car elle dépend des éléments retenus pour le calcul. Elle est fortement biaisée par les interventions publiques, avec leur système complexe de taxes et de subventions.

- Les déchets ont une composition fluctuante alors qu'une valorisation optimale passe par des produits de composition définie et garantie. C'est notamment nécessaire pour lutter contre les excès d'azote et de phosphate.

L'utilisation des déchets organiques présente potentiellement des risques pour la santé et l'environnement, ce qui limite les possibilités de valorisation.

En effet, ils contiennent des produits chimiques (métaux lourds et molécules organiques) et des agents pathogènes pour l'homme, les animaux et les plantes. L'importance de ces risques est difficile à évaluer. Cette estimation est même impossible, en l'état actuel de la science, pour les produits chimiques à longue durée de vie.

([9] p. 2, [29] pp. 2-3,

[33] p. 6, pp. 8-10, p. 13, [43] p. 5, [69] p. 12)

### Le tri sélectif facilite-t-il la valorisation des déchets organiques ?

La présence de produits toxiques constitue le principal obstacle à la valorisation des déchets organiques. Le tri sélectif consistant à séparer les déchets toxiques (piles électriques, médicaments, détergents, peintures, etc.) des autres déchets des ménages est la façon la plus efficace d'éviter que les déchets organiques contiennent des produits potentiellement toxiques. En effet, il est très difficile de séparer les deux types de déchets après qu'ils aient été mélangés.

Les déchèteries, comme les points d'apport volontaire, ne sont pas des installations de valorisation des déchets, mais des zones de stockage provisoire et de tri avant la valorisation proprement dite.

([29] p. 2, pp. 102-103, [32], [54], [78], [84])

### Existe-t-il des limites à l'épandage des déchets organiques ?

Le pouvoir épurateur des sols varie selon la composition du sol, les conditions climatiques, les cultures, la période de l'année, etc. Les principales limites tiennent à la charge en azote et en phosphate. Pour lutter contre la pollution de l'eau (eau non potable à

cause des nitrates, marées vertes, etc.) l'objectif est de ne pas dépasser 170 kg d'azote et 80 kg de phosphore par hectare.

Actuellement, on considère qu'il faut disposer de 30 hectares pour éliminer par épandage les boues produites par une station d'épuration desservant 3000 habitants (ce qui peut conduire, selon la composition des boues, à une charge maximum de 150 kg d'azote et 100 kg de phosphore par hectare). En 1999, 2 % des sols agricoles ont reçu des boues d'épuration.

Excepté pour le fumier des bovins, le phosphore limite plus encore que l'azote les possibilités d'épandage des déchets provenant des élevages. Du fait de la richesse en phosphate des lisiers de porc et des fientes de volailles, la quantité maximum d'azote par hectare ne doit être que de 120 kg et 75 kg respectivement, si l'on ne veut pas dépasser les limites préconisées pour le phosphore.

([39] fiche 4.4, [41], [43] p. 5, p. 10)

### Les boues d'épuration et le lisier ont-ils des points communs ?

La consistance et la composition des boues d'épuration et du lisier sont très voisines, tant pour la richesse en phosphate et en azote (sous forme d'ammoniac et de nitrate) que pour le contenu en métaux lourds (excepté le cadmium, plus concentré dans les boues). Leur origine différente explique que le lisier soit potentiellement plus riche en agents pathogènes pour les animaux et les boues d'épuration en agents pathogènes pour l'homme. En l'absence de traitement spécifique, les boues d'épuration et le lisier peuvent dégager des odeurs nauséabondes. L'existence d'une législation sur l'épandage des boues d'épuration ne signifie

pas que cette pratique présente plus de risques que l'épandage traditionnel des déjections animales (lisier, etc.). Des réflexions sur une extension de la réglementation à toutes les formes d'épandage sont en cours.

([1] p. 693, [28], [39] p. 23, p. 30)

### L'évolution des normes pour le compost favorise-t-elle sa valorisation ?

Les futures normes européennes visent à faire du compost un produit de type industriel. La Communauté européenne envisage d'inciter les pouvoirs publics à utiliser du compost plutôt que d'autres amendements afin de lui assurer un débouché économique.

Pour atteindre ces objectifs, les travaux en cours portent sur :

- La classification des composts selon leurs qualités environnementales.
- La fabrication du compost.
- La prévention des risques pour la santé (destruction des agents pathogènes, etc.) et l'environnement.
- Les concentrations de métaux lourds et les agents pathogènes (la réglementation devrait se rapprocher de celle applicable aux boues d'épuration).

([25])

### La production de compost est-elle économiquement viable ?

En France, le compost n'est pas fabriqué à une échelle industrielle. La viabilité économique de la production de compost nécessite donc que celui-ci trouve un débouché local.

Pour favoriser l'utilisation du compost, il faut aussi répondre à l'exigence de qualité de plusieurs groupements professionnels, dont les normes sont plus strictes que la réglementation publique :

- Les concentrations maximales admises

pour les métaux lourds sont inférieures à la réglementation en vigueur pour le compost.

- Le compost ne doit pas contenir trop de débris imputrescibles ; ceux-ci doivent être de petite taille (débris de verre, de plastique, etc.).

- Il est interdit, dans certains cas, d'incorporer des boues d'épuration dans le compost.

La valorisation est meilleure si l'installation de compostage permet la production de chaleur et que cette dernière trouve un débouché local (chauffage urbain, industrie).

([26] pp. 6-8, [29] p. 2, pp. 85-86,

[38] pp. 45-49, [52])

### La mise en décharge contribue-t-elle à la valorisation des déchets organiques ?

Dans une décharge, par manque d'oxygène, la décomposition de la matière organique n'est que partielle et s'étale sur plus d'une trentaine d'années. Dans la plupart des décharges, une partie des éléments fertilisants et des produits toxiques est entraînée par les eaux superficielles et rejoint ainsi les nappes d'eau souterraines.

La loi française du 13 juillet 1992 interdit la mise en décharge des déchets pouvant encore être valorisés car, bien que les possibilités de valorisation énergétique des décharges existent, elles ne sont pas exploitables en pratique du fait de leur éloignement.

Les décharges participent d'une certaine façon à la lutte contre l'augmentation de l'effet de serre. En effet, la décomposition n'est que partielle ce qui fait qu'une partie du carbone reste enfoui dans le sol et ne se transforme pas en gaz à effet de serre.

([29] p. 13, [51] pp. 26-27, pp. 33-35)

## La valorisation énergétique des déchets

### Comment peut-on produire de l'énergie à partir des déchets ?

Il y a deux façons de produire de l'énergie à partir des déchets :

- Incinération des déchets. La chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité (chauffage urbain, industries, etc.). Les résidus de l'incinération (mâchefer) sont utilisables pour les travaux publics.

- Fabrication de biogaz à partir des déchets. Le biogaz contient du méthane et peut remplacer en partie le gaz naturel.

Dans tous les cas, la meilleure solution écologique et économique est d'utiliser localement l'énergie produite.

([29] p. 2)

### L'incinération est-elle adaptée au traitement des petites quantités de déchets ?

Avec la technologie habituelle, environ 30 000 tonnes de déchets par an sont nécessaires au fonctionnement correct d'un incinérateur et au respect des normes d'épuration des fumées. Le coût par tonne de déchets incinérés diminue presque par deux quand la capacité de l'incinérateur passe de 20 000 tonnes à 150 000 tonnes par an. D'un point de vue économique, il est souhaitable que la capacité d'incinération atteigne quelques centaines de milliers de tonnes par an.

Les recettes de la vente de l'énergie produite augmentent rapidement avec la taille de l'installation et peuvent atteindre près de 30 € par tonne de déchets.

Les technologies dérivées de la fabrication du charbon de bois (thermolyse, pyrolyse) sont mieux adaptées aux petites quantités de déchets. Elles produisent une sorte de charbon qui peut fournir de l'énergie dans des installations spécialisées.

Cependant, en France, la place et l'intérêt économique de cette filière font encore l'objet de débats.

([10] pp. 89-91, p. 93, p. 103, p. 108, [29] p. 13, pp. 21-25, pp. 28-29, p. 31)

### Peut-on incinérer les déchets liquides ?

Oui. Par exemple, en France, 15 % des boues d'épuration sont incinérées (en Europe, le pourcentage va de 0 à 55 % selon les pays).

Il existe des solutions techniques pour tous les types de boues, depuis la boue liquide jusqu'à la boue séchée. Sauf dans les très grandes stations d'épuration qui possèdent leur propre incinérateur, il est plus économique d'incinérer les boues dans un incinérateur prévu pour les ordures ménagères.

([29] pp. 24-25, [36], [39] p. 40)

### La production d'électricité à partir de l'incinération des déchets est-elle rentable ?

La vapeur d'eau produite à partir de la chaleur des incinérateurs est trop chaude pour servir immédiatement au chauffage mais elle peut être utilisée pour produire de l'électricité (par passage dans des turbines).

La production de l'électricité nécessaire au fonctionnement de l'installation d'incinération est économiquement intéressante. En revanche, la vente des excédents d'électricité n'apporte pas de bénéfice notable si elle est faite au prix du marché (environ 0,045 € par kWh). Des subventions permettent, dans certains cas, de compenser le surcoût de l'électricité provenant de la valorisation des déchets organiques.

([29] p. 22, pp. 25-28, p. 92)

### La production de biogaz est-elle rentable à petite échelle ?

La production de biogaz nécessite des

installations particulières. Elle procure de l'énergie à un coût inférieur à celui de l'incinération et permet de traiter de plus petites quantités de déchets (de 10 000 à 40 000 tonnes de déchets par an). Cependant, elle génère ses propres déchets organiques. Ils peuvent servir à leur tour à fabriquer du compost.

Le biogaz doit être utilisé localement car c'est un produit toxique et corrosif (il est notamment pollué par de l'hydrogène sulfuré). Seuls quelques pays (notamment l'Allemagne, les Pays-Bas et la Suisse) acceptent qu'il soit injecté dans le réseau public de gaz après purification. Le couplage de la production de biogaz et de compost augmente la rentabilité.

En France, une soixantaine de stations d'épuration produisent du biogaz pour leurs besoins énergétiques internes (séchage des boues, etc.). Afin d'utiliser au mieux les installations de production de biogaz, une bonne solution est de traiter ensemble déchets agro-alimentaires, boues d'épuration et autres déchets des collectivités (espaces verts, marchés, etc.).

([29] pp. 62-64, pp. 96-97)

### Le biogaz produit par les décharges est-il utilisable ?

En règle générale, en France, le biogaz n'est pas utilisé pour produire de l'énergie car les décharges sont trop éloignées des utilisateurs potentiels. Les déchets organiques jetés dans les décharges produisent pendant une trentaine d'années du biogaz, qu'il est obligatoire de brûler car c'est un gaz à effet de serre plus nuisant que le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). On utilise pour cela des torchères.

([29] p. 12, [76] p. 7)



## Les conséquences pour la santé et l'environnement

### Le cycle de la matière organique participe-t-il à l'effet de serre ?

Certains composants de l'atmosphère (appelés gaz à effet de serre) laissent passer la lumière du Soleil mais retiennent une partie de la chaleur renvoyée par la Terre. C'est l'effet de serre. Il s'ensuit un réchauffement de la surface de la Terre (la température moyenne est de 15° C, elle serait de -18° C en absence d'effet de serre). La vapeur d'eau est la principale responsable de l'effet de serre. Les activités humaines n'ont pas un impact direct sur la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et le méthane (gaz naturel, biogaz) sont aussi des gaz à effet de serre. Le méthane retient beaucoup plus la chaleur de la Terre que le gaz carbonique. En moyenne, sur un siècle, la quantité de CO<sub>2</sub> libérée par la décomposition de la matière organique est pratiquement égale à la quantité de CO<sub>2</sub> fixée par les plantes. Le traitement des déchets est responsable de moins de 4 % des émissions de gaz à effet de serre en France.

En revanche, la consommation massive et récente de matière organique fossile (charbon, pétrole, gaz naturel, etc.) a introduit un excès de CO<sub>2</sub> qui n'a pas encore trouvé sa place dans le cycle de la matière organique. Il contribue à l'augmentation de l'effet de serre.

([15], [29] p. 54, [58], [83])

### Le recyclage diminue-t-il globalement la production de gaz à effet de serre ?

Le recyclage vise à remplacer de la matière première vierge par des matériaux provenant de déchets. Son intérêt varie selon les matériaux. Il est incontestable pour le verre et les métaux, il est douteux pour les déchets organiques. Le papier et le carton, par exemple, sont des matériaux qui se décomposent rapi-

dement. Leur recyclage ne retardera que de quelques années leur décomposition (avec libération de gaz carbonique), ce qui est sans effet sur le cycle naturel. La production de chaleur par l'incinération du papier et du carton évite de consommer des combustibles fossiles. De la sorte, elle contribue à limiter la production de gaz à effet de serre en évitant une production supplémentaire de gaz carbonique.

([29] p. 2, p. 16, [63], [77])

### Pourquoi les accumulations de matière organique sentent-elles mauvais ?

Quand la quantité de matière organique est importante par rapport à la quantité d'oxygène disponible, les microorganismes décomposent la matière organique en la faisant fermenter. La décomposition n'est que partielle et dégage des composés organiques nauséabonds, de l'hydrogène sulfuré responsable de l'odeur d'œuf pourri, etc. Ce mode de décomposition est appelé digestion anaérobie.

Les déchets très riches en matière organique subissent le plus souvent, faute d'oxygène disponible en quantité suffisante, une digestion anaérobie source de mauvaises odeurs (décharges, fosses septiques, décanteurs-digesteurs des stations d'épuration, etc.).

([6], [21], [38] p. 21)

### Peut-on éviter les mauvaises odeurs ?

Un certain nombre de mesures de bon sens limitent les nuisances. Il est aussi possible de supprimer la production d'odeurs, mais cela génère un coût supplémentaire. Le choix des techniques dépend de la nature des déchets et des quantités à traiter (boues stabilisées, traitement bactériologique ou chimique du lisier, etc.).

([11] p. 49, [35], [39] fiche 1.5, fiche 4.3, [56])

### Quelle est l'origine des marées vertes ?

Les marées vertes sont dues à un excès d'éléments fertilisants dans l'eau (azote, phosphore). Cet excès favorise une croissance rapide des algues qui envahissent la surface de l'eau. A leur mort, des microorganismes les décomposent en commençant par absorber tout l'oxygène disponible, puis le phénomène continue en absence d'oxygène par une digestion anaérobie. La plupart des espèces, notamment les poissons, ne peuvent pas vivre dans ces conditions et disparaissent. Ce phénomène est appelé eutrophisation. Il touche aussi bien les étangs et les rivières que la mer.

([7] pp. 22-23, p. 50, [13])

### Peut-on éviter la pollution due aux excès d'éléments fertilisants ?

Les éléments fertilisants non utilisés par les plantes rejoignent en grande partie les eaux de ruissellement et les eaux souterraines. Le lessivage direct par les eaux de ruissellement est un facteur très important de pollution. Des bandes herbeuses arrêtant les eaux de ruissellement préservent efficacement la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines car elles retiennent les éléments fertilisants et dégradent les herbicides. Les techniques de dépollution par les plantes utilisent la capacité de celles-ci à absorber de fortes quantités de polluants (nitrate par exemple). L'agriculture de précision vise à apporter la bonne dose de produit, à un endroit précis, au bon moment, mais en 2000 elle ne concernait qu'une centaine d'agriculteurs en France.

Quels que soient les progrès apportés, les excès d'éléments fertilisants accumulés depuis plus de quarante ans ne pourront pas être résorbés avant des dizaines d'années.

([7] pp. 269-270, [8], [22], [31])

## Quels sont les risques de contamination biologique ?

Les excréments présents dans les déchets sont une source d'organismes vivants nocifs pour la santé de l'homme et des animaux (vers parasites, bactéries pathogènes, virus, etc.). Certains traitements (chaleur, irradiation, etc.) permettent de tuer la plupart des organismes risquant de provoquer des maladies.

Trois microorganismes témoins servent d'indicateurs de la qualité sanitaire d'une boue. La boue est dite hygiénisée s'ils sont absents.

([39] fiche 3.2, [60] p. 45, pp. 96-97, [67] p. 17)

## Peut-on éliminer les risques de maladies infectieuses ?

Les agents pathogènes contenus dans les déchets organiques survivent de quelques jours à quelques années dans le sol, suivant les espèces.

Une première façon d'éviter la transmission de maladies infectieuses est d'épandre les déchets très longtemps avant les récoltes (dix-huit mois pour les aliments consommés crus par

l'homme, six semaines pour le pâturage et le fourrage).

Une seconde technique consiste à désinfecter les déchets en les traitant par la chaleur ou par d'autres moyens. C'est ce qui se passe quand les déchets sont transformés en compost.

([27] p. 10, [38] p. 20, [39] fiche 4.2, [55], [60] p. 45-46)

## Les déchets organiques peuvent-ils propager la maladie de la vache folle ?

La réponse à cette question n'est pas connue. De toutes façons, par mesure de précaution, il est interdit d'utiliser des déchets susceptibles d'être contaminés par le prion (déchets d'abattoirs, farines animales, etc.) pour fabriquer de la fumure ou du compost. De même, les boues d'épuration provenant des eaux usées des abattoirs ou des équarrissages doivent être incinérées.

([46], [74])

## Peut-on éviter les problèmes liés à l'épandage du lisier et des boues d'épuration ?

Une grande partie des problèmes vient

de ce que l'épandage des déchets liquides (boues liquides, lisier) n'est, en pratique, réalisable qu'à proximité des lieux de production. Cette concentration peut entraîner localement une accumulation d'azote et de phosphate et parfois de produits chimiques toxiques. De plus, les déchets liquides ne sont pas désinfectés.

L'utilisation des déchets hors de leur zone de production passe par une réduction de leur volume (élimination de l'eau, fabrication de compost) pour diminuer les coûts de transport. Plusieurs techniques permettent d'extraire l'eau et de l'épurer suffisamment pour qu'elle puisse être rejetée dans un cours d'eau ou utilisée pour l'irrigation. Une grande partie de l'azote est éliminée alors que le phosphate et les métaux lourds sont fortement concentrés dans le résidu.

L'ajout de déchets végétaux (sciure, écorces, déchets verts, etc.) permet de transformer le lisier et les boues d'épuration en compost, produit stable, désinfecté et riche en humus.

([35], [38] pp. 20-22, [39] fiche 1.5, [61], [72] pp. 190-192)

## La toxicité des métaux lourds et d'autres produits chimiques

### Qu'appelle-t-on un produit toxique ?

Un produit toxique est un composé chimique ordinaire qui peut nuire à la santé ou à l'environnement. Sa toxicité n'apparaît le plus souvent qu'à partir d'une certaine concentration. Les toxiques sont classés selon :

- Le temps nécessaire au déclenchement des effets et leur évolution (toxicité aiguë, subaiguë ou chronique).
- La capacité de s'accumuler dans les êtres vivants jusqu'à atteindre une concentration toxique (c'est le

cas des intoxications aux métaux lourds).

- La nature du risque, selon qu'il touche la santé ou l'environnement.

([3] p. 992, [14])

### Peut-on supprimer totalement les produits toxiques ?

Non car la plupart sont des produits présents naturellement, à faible concentration, dans l'environnement. Certains d'entre eux sont même indispensables à la vie (les oligo-éléments). Tous ne sont toxiques qu'à partir d'une certaine

concentration. Le seuil toxique peut être atteint par des apports répétés de faibles quantités de produits.

Les réglementations visent à limiter au maximum le risque d'accumulation : les concentrations maximales autorisées tendent à être les plus basses qu'on puisse obtenir avec la technologie du moment, tout en gardant un coût raisonnable.

([14])

### **Comment fixe-t-on la concentration maximale réglementaire d'un produit chimique ?**

La réglementation repose sur l'hypothèse qu'une « quantité de produit chimique très inférieure à la dose provoquant une intoxication aiguë » n'a pas, en pratique, d'effet sur la santé ou l'environnement. Cette notion de quantité très inférieure est arbitraire. En général, la concentration maximale admise est le millième de la concentration toxique déclenchant une réaction aiguë.

Le mode de calcul est différent pour les produits qui augmentent le risque de survenue de certaines maladies dans la population. C'est le cas notamment des substances potentiellement cancérogènes. La dose maximale admise est alors une dose qui n'est pas susceptible de provoquer la maladie chez plus d'une personne sur cent mille.

([14], [40], [47], [50] pp. 4-7)

### **Quelles sont les limites de l'évaluation des risques chimiques ?**

Les mesures chimiques ont leurs limites : elles ne renseignent pas sur les effets de mélanges de contaminants et ne permettent pas de mesurer les dizaines de milliers de produits potentiellement toxiques présents, en très faible quantité, dans la nature. L'écotoxicologie tente de répondre en donnant une mesure globale basée sur l'état de santé des êtres vivants dans le milieu étudié.

Il reste cependant difficile de prédire les effets à long terme liés à l'accumulation progressive des polluants.

([47], [48])

### **Qu'appelle-t-on les métaux lourds ?**

Le terme usuel « métaux lourds » désigne des éléments présents, à l'état naturel, à des concentrations inférieures

à un pour mille dans le sol. Le terme réglementaire est éléments-traces car il peut s'agir de métaux (cadmium, cuivre, mercure, plomb, etc.) ou d'éléments non-métalliques (arsenic, fluor, etc.).

Tous les métaux lourds sont toxiques à forte concentration.

Le quart de la contamination par les métaux lourds est dû aux ordures ménagères (piles au cadmium, batteries au plomb, cuivre et zinc des pesticides, etc.).

([32], [39] p. 28,

[42] p.13, pp 16-17, pp. 94-96)

### **Que deviennent les métaux lourds dans la nature ?**

Le devenir des métaux lourds dépend de nombreux facteurs parmi lesquels la nature du sol et son acidité :

- Dans les sols acides et pauvres en humus, les métaux lourds ne s'accumulent pas. Ils sont transférés vers les nappes phréatiques ou absorbés par les plantes et présentent alors un risque pour la santé.

- Les sols basiques riches en humus piègent les métaux lourds, il n'y a donc pas de risque immédiat pour la santé. Mais le sol est contaminé durablement et la concentration en métaux lourds augmente avec les années. Ces derniers sont susceptibles d'être libérés quand l'environnement est modifié (acidification du sol sous l'effet des changements de température, d'humidité, etc.).

La pollution des sols agricoles par les métaux lourds est actuellement rare et très localisée. Elle résulte principalement du traitement des vignes et des arbres par des sels de cuivre (bouillie bordelaise, etc.). Si d'autres problèmes surgissent, ils apparaîtront probablement dans les régions d'élevage intensif de porcs où la concentration de cuivre et de zinc atteint environ le tiers de la concentration toxique pour les plantes. En effet, la plupart des porcs sont élevés en porcherie et non en liberté, et, pour leur

santé, ils consomment des aliments enrichis en cuivre et en zinc, qui se retrouvent ensuite dans le lisier.

([7] pp. 85-86, [23], [33] pp. 5-6,

[39] p. 30, [44], [45] p. 162)

### **Quels sont les autres produits chimiques toxiques ?**

Les composés organiques sont l'autre grande classe de polluants. Peu de choses sont connues sur leur devenir dans la nature et leur impact sur la santé et l'environnement, contrairement aux métaux lourds qui sont très étudiés depuis longtemps.

Il est impossible d'en établir une liste car elle contiendrait potentiellement des centaines de milliers de produits. Il n'existe pas de consensus européen sur une liste minimale des molécules organiques à surveiller. En France, la réglementation porte sur la dioxine et sur certains sous-produits de la combustion des carburants et de certains isolants électriques.

([3] p. 756, [39] pp. 29-31,

[42] pp. 6-7, pp. 97-101, [53],

[60] p. 88, pp. 94-95, [67] p. 18)

### **L'incinération des déchets produit-elle de la dioxine ?**

La dioxine provient principalement de combustions incomplètes (feux de bois, feux d'herbes, etc.). En 1995, l'incinération des déchets était à l'origine de 45 % de la dioxine produite en France. Depuis, les incinérateurs ont été modernisés ou fermés. Fin 2001, 110 incinérateurs étaient conformes aux normes et cinq en cours de modernisation. Il restait une quarantaine d'installations non conformes, représentant 6 % de la capacité totale d'incinération. A part deux, ce sont des installations traitant moins de 45 000 tonnes de déchets par an.

Les progrès réalisés dans le traitement des fumées permettent, si besoin, de diminuer encore mille fois l'émission de dioxine.

([10] p. 85, [34], [68])

## *L'incinération produit-elle d'autres produits toxiques que la dioxine ?*

Oui. Par exemple l'oxyde d'azote, à l'origine de la coloration brunâtre du ciel au-dessus des villes. En France, le transport automobile produit 75 % de l'oxyde d'azote présent dans l'air alors que les incinérateurs n'en produisent que 1 %. Tous les produits toxiques, dont les métaux lourds, peuvent être éliminés par le traitement des fumées des incinérateurs. La directive européenne du 4 décembre 2000 fixe les concentrations maximales admissibles de la dizaine de produits toxiques présents dans la fumée. Elle est plus sévère que la première réglementation (1972) puisqu'elle concerne

plus de produits (avec notamment une norme pour l'oxyde d'azote) et que les taux admis sont cent fois inférieurs. Son application devrait entraîner un coût supplémentaire d'une dizaine d'euro par tonne de déchets incinérés.

([10] pp. 82-83, [25], [28] p. 24, pp. 83-84, [37])

## *Quelle est la réglementation sur les métaux lourds ?*

La liste des métaux lourds soumis à une réglementation varie : sept pour les boues d'épuration, douze pour l'eau, quinze pour l'air.

Pour les boues d'épuration, les concentrations maximales autorisées diffèrent selon les pays :

- En Irlande et au Royaume-Uni, la réglementation est conforme à la directive européenne 86/278/CEE de 1986.

- La Grèce, l'Italie, la France, l'Espagne, le Luxembourg et le Portugal ont des réglementations assez semblables, qui sont plus sévères que la directive européenne de 1986.

- Dans le Nord de l'Europe (Pays-Bas, Suède, Finlande, Belgique flamande, Autriche, Danemark), les concentrations maximales autorisées sont de deux à dix fois plus faibles qu'en France, selon les métaux lourds.

- La réglementation en Belgique wallonne et en Allemagne est intermédiaire entre la réglementation française et celle des pays du Nord.

([45] p. 96, [59] p. 14)

## Contexte social et économique

### *Quelle est la procédure administrative encadrant la production et l'élimination de déchets organiques ?*

La production des déchets organiques (par exemple une porcherie) et leur élimination (y compris dans les décharges) relèvent de la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. La procédure à suivre comporte plusieurs étapes :

- Dépôt à la préfecture d'un dossier de demande d'autorisation d'ouverture (ou d'agrandissement) de l'installation.
- Consultation (enquête publique, votes des conseils municipaux, etc.).
- Etablissement de rapports par l'inspection des installations classées et du Conseil départemental d'Hygiène.
- En cas d'avis positif, l'arrêté d'autorisation est signé par le préfet.

Les installations produisant ou traitant de faibles quantités de déchets bénéficient d'une procédure allégée (procédure déclarative simple).

([64], [65])

### *Qui est consulté au cours de la procédure d'autorisation ?*

Le dépôt, à la préfecture, d'une demande d'autorisation d'installation d'un centre de traitement des déchets déclenche une procédure de large consultation. L'opinion du public est recueillie au cours d'une enquête. D'une durée minimale d'un mois, elle fait l'objet d'une publicité dans les mairies concernées, à proximité de la future installation et dans les journaux locaux.

Le commissaire enquêteur rédige un avis motivé qui résume la consultation. Les conseils municipaux et divers services administratifs (directions départementales de l'équipement, de l'agriculture, de la santé, directions régionales de l'environnement, etc.) sont consultés ensuite.

La procédure est simplifiée pour la production ou le traitement des petites quantités de déchets. Notamment, il n'y a pas d'enquête publique. La population est avisée du projet par un affichage en mairie.

([64], [65])

### *Quels sont les éléments du débat social ?*

Vivre au voisinage d'une installation traitant des déchets est souvent considéré comme une atteinte grave à la qualité de la vie, associée à une inquiétude pour la santé.

Chaque mode de traitement des déchets comporte des avantages et des inconvénients. Au cours des années, les préférences des décideurs politiques ont varié. A chaque fois, une option technique était mise en avant aux dépens de toutes les autres alors que la solution aux problèmes posés par la gestion des déchets est dans la diversité des méthodes de valorisation. La réponse la mieux adaptée dépend de la situation locale. Les principaux critères de choix sont le type d'habitat (urbain, semi-urbain, rural), la quantité de déchets organiques traités et la régularité de leur production (régulière ou saisonnière).

Dans le cas des déchets produits par l'agriculture intensive, certains craignent qu'une amélioration de l'effica-

cité du traitement des déchets renforce, in fine, ce type d'agriculture.

([10] p. 26, p. 76, [29] pp. 97-98, [44], [76] p. 11, pp. 22-23)

### ***L'insuffisance des contrôles et des sanctions renforce-t-elle les inquiétudes ?***

Une insuffisance des contrôles et des sanctions en cas d'infraction est constatée dans tous les domaines (contrôle de l'épandage pratiquement inexistant, utilisation des boues d'épuration d'abattoirs pour l'alimentation animale, non conformité de l'ensemble du parc des incinérateurs aux directives de 1989, mise en décharge de déchets organiques pouvant encore être valorisés).

Les détracteurs des divers modes de traitement s'appuient sur ces faits pour critiquer toutes les méthodes. Pourtant, si chacune présente des risques, ceux-ci sont maîtrisables grâce à la mise en œuvre de bonnes pratiques.

La mauvaise application des règlements entraîne aussi une perte de confiance dans les services de l'Etat. Ceux-ci n'étant pas en mesure de veiller à l'application des règlements, les particuliers et les associations multiplient les actions en justice devant les tribunaux nationaux ou européens.

([11] pp. 26-27, [12], [43] pp. 11-13, p. 18, [70] pp. 43-44, p. 65, p. 72, pp. 90-91, [71] p. 40, [76] pp. 19-20, [79], [80], [81])

### ***Quel est l'impact du traitement des boues d'épuration sur le prix de l'eau ?***

En France, en moyenne, le prix de l'eau se répartit de la façon suivante :

- Captage et distribution de l'eau potable : 40 %.
- Assainissement des eaux usées (dont gestion des boues) : 40 %.
- Taxes (protection de l'environnement, TVA, etc.) : 20 %.

La part de la gestion des boues d'épuration dans le prix de l'eau varie de 2 à 4 % suivant le mode de valorisation

retenu.

([67] p. 54, pp. 110-111)

### ***Quel est l'état du parc de stations d'épuration en France ?***

Il existe environ 12 000 stations d'épuration en France. 80 % de ces stations ont été construites avant 1990 et plus de la moitié avant 1980. Dans la grande majorité des cas, l'eau n'est pas suffisamment épurée au regard des normes européennes. Ceci résulte de l'absence de traitements spécifiques contre les excès de nitrate et de phosphate ou encore contre la pollution bactérienne. Ces traitements nécessitent des bassins supplémentaires, ce qui n'est pas toujours envisageable dans les stations anciennes.

La modernisation du parc des stations d'épuration sera longue et coûteuse.

([3] pp. 408-409, [62] p. 7, pp. 9-10, p. 25)

### ***Quels sont les traitements applicables à l'ensemble des déchets organiques ?***

L'incinération et la mise en décharge permettent de traiter l'ensemble des déchets organiques. Dans les installations conformes à la réglementation et dans des conditions d'exploitation optimales, les deux techniques ont des coûts voisins.

Avant leur mise en décharge les déchets organiques doivent être traités pour en extraire tout ce qui peut être raisonnablement valorisé. Les décharges sont des installations spécialisées qui permettent d'éviter la pollution des eaux environnantes et de brûler le biogaz issu de la décomposition des déchets. Elles doivent être entretenues pendant une trentaine d'années après leur fermeture car la production de biogaz continue tout ce temps.

L'incinération est le seul mode de valorisation qui n'impose pas un tri préalable des déchets, bien que son efficacité soit augmentée par le tri sélectif du verre et des métaux. Pour

être économiquement viable, une installation d'incinération doit traiter plus de 100 000 tonnes de déchets par an. L'énergie produite est récupérée sous forme de vapeur (chauffage urbain, industriel, etc.) et d'électricité. Contrairement à la mise en décharge, l'incinération ne fonctionne correctement que si l'apport de déchets est régulier. Ceci peut conduire à la création de zones de stockage temporaire qui augmentent les coûts et les problèmes environnementaux.

([54], [78])

### ***Peut-on améliorer le système des décharges ?***

La directive européenne du 26 avril 1999 impose une diminution d'au moins 65 % de la quantité de déchets organiques mis en décharge d'ici 2015. La loi française du 13 juillet 1992 est plus ambitieuse puisqu'elle prévoit que depuis le 1er juillet 2002, les décharges ne doivent plus accepter que des déchets qui ne peuvent plus être raisonnablement valorisés ou dont on ne peut réduire le caractère polluant ou dangereux (les déchets ultimes). Mais en réalité, plus de la moitié des déchets ménagers vont encore directement à la décharge, tout comme il y a dix ans. La loi ne peut pas être appliquée car rien n'a été mis en place pour remplacer les installations hors normes (6000 décharges communales et dépôts sauvages).

L'amélioration du système des décharges passe par une diminution du volume des déchets. Elle devrait être obtenue notamment par un traitement préalable extrayant tout ce qui peut être raisonnablement valorisé.

Une autre amélioration vient de la fermeture des petites décharges. Leur nombre a diminué de moitié en dix ans grâce à l'augmentation de la capacité des plus grosses. Conjointement, les grosses décharges tendent à être mises aux normes. L'effort est inégal selon les régions, le nombre

de décharges allant de moins d'une trentaine (Alsace, Haute-Normandie, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Poitou-Charentes) à plus de 150 (Bretagne, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes).

Ceci étant, une grande partie de la population est opposée aux décharges (odeurs, prolifération des oiseaux, envois d'emballages, etc.). Il est difficile d'envisager l'ouverture d'installations modernes moins polluantes car les riverains mettent en avant d'autres types de problèmes, comme le trafic excessif de camions remplis de déchets.

([9] pp. 8-9,

[76] p. 4, p. 11, p. 15, pp. 18-19, p. 22)

### Quels sont les procédés permettant une valorisation agricole ?

L'épandage de la matière organique brute (fumier, lisier, boues d'épuration, etc.), d'une part, et du compost produit à partir des résidus de la production de biogaz, d'autre part, permettent une valorisation agricole.

La production de compost et d'un biogaz exploitable n'est possible qu'avec

les déchets des espaces verts, les boues d'épuration, certains déchets agricoles et certains déchets des industries agro-alimentaires. Elle nécessite au préalable un tri soigné des déchets. Pour être économiquement viable, une installation doit traiter au moins 20 000 tonnes de déchets par an et disposer d'un débouché local pour le compost et la chaleur tirée du biogaz.

L'épandage n'est utilisable que pour certains déchets agricoles (surtout le lisier) et les boues d'épuration. Il n'entre pas dans une logique industrielle. Le recours à l'épandage est limité par la capacité d'épuration des sols et par les cahiers des charges des groupes agro-alimentaires et de la grande distribution (certains interdisent l'épandage des boues d'épuration).

Production de compost et épandage nécessitent un stockage temporaire des déchets afin de s'adapter aux variations saisonnières.

([54], [78])

### Pourquoi l'épandage des boues d'épuration est-il mal accepté ?

Bien que la composition des boues

d'épuration soit voisine de celle du lisier, leur épandage est moins bien accepté. Dans un contexte d'inquiétude générale liée à une succession de crises dans le domaine agro-alimentaire, la principale difficulté tient à l'ambiguïté du statut des boues d'épuration. D'une part, les pouvoirs publics français encouragent l'épandage des boues, notamment dans le but de limiter l'utilisation des engrais chimiques. D'autre part, les consommateurs acceptent difficilement que les produits qui leur sont proposés soient fabriqués à partir de plantes cultivées dans des champs couverts de déchets (les boues d'épuration).

Une solution est de traiter les boues d'épuration de façon industrielle, afin d'en faire des produits répondant à des normes précises qui leur permettront, peut-être, de concurrencer les engrais. Cette approche reste marginale en France. Elle est par contre au cœur des projets de réglementation européenne.

([29] pp. 97-98,

[54] pp. 2-3, [76] pp. 22-23)

## Références

Dans la mesure du possible, Science & Décision facilite l'accès aux textes de référence utilisés pour construire ses dossiers.

Lorsque ces documents sont en accès libre, un lien hypertexte est établi entre le site de Science & Décision et le site d'origine des documents.

Lorsque l'accès aux documents est payant, il faut alors s'adresser aux revues concernées.

Ceci étant, de nombreux documents sont disponibles dans les bibliothèques universitaires et dans les bibliothèques publiques. Pour savoir dans quelle bibliothèque le document qui vous intéresse est consultable, vous pouvez interroger la base de données SUDOC (système universitaire de documentation) à l'adresse suivante : <http://corail.sudoc.abes.fr/>. Cette base est mise en place par l'agence bibliographique de l'enseignement supérieur (établissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de l'enseignement supérieur).

[1] Jean-Michel CLEMENT. Larousse Agricole. 1981. Librairie Larousse. ISBN 2-03-514301-2.

[2] Directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. [http://europa.eu.int/eur-lex/fr/consleg/pdf/1991/fr\\_1991L0271\\_do\\_001.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/fr/consleg/pdf/1991/fr_1991L0271_do_001.pdf)

[3] Bernard CHOCAT. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Technique et Documentation – Lavoisier. 1997. ISBN 2-7430-0126-7. [http://www.oieau.fr/eaudoc/infeau/97sept.htm#art\\_17](http://www.oieau.fr/eaudoc/infeau/97sept.htm#art_17)

[4] Jean-Louis VIGNES, Gilles ANDRE, Frédéric KAPALA. Données industrielles, économiques, géographiques sur les principaux produits chimiques, métaux et matériaux - Les engrais. Société française de chimie. 1998. <http://www.sfc.fr/Donnees/mine/eng/texeng.htm>

[5] Serge DEFAYE, Dominique PLUMAIL. Engager une réflexion d'ensemble sur les filières de collecte et de traitement biologique des déchets organiques. Biomasse Normandie. Mai 1998. [http://www.biomasse-normandie.org/compostage\\_publications.php3](http://www.biomasse-normandie.org/compostage_publications.php3)

[6] Olivier ALEXANDRE, Catherine BOUTIN, Philippe DUCHENE, Cécile LAGRANGE, Abdel LAKEL, Alain LIENARD, Dominique ORDITZ. Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Document technique FNDAE n° 22. Cemagref Editions. 1998. ISBN 2-85362-495-1. <http://www.cemagref.fr/FNDAE/documentation/PDF/Fndae22web.pdf>

[7] Thierry LAVOUX, Cécile RECHATIN. L'environnement en France – édition 1999. IFEN – Paris : La Découverte. ISBN 2-7071-2894-5. <http://www.ifen.fr/pages/3envtfrac.htm#REE99>

[8] Catherine CHAPELLE. Bilan de l'azote agricole : détérioration de 1995 à 1997. Agreste Primeur n° 53, 1er mars 1999. [http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/et\\_primeur/FO/affactu.asp](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/et_primeur/FO/affactu.asp)

[9] Directive 1999/31/CE du Conseil du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets. [http://europa.eu.int/eur-lex/fr/consleg/pdf/1999/fr\\_1999L0031\\_do\\_001.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/fr/consleg/pdf/1999/fr_1999L0031_do_001.pdf)

[10] Gérard MIQUEL, Serge POIGNANT. Les nouvelles techniques de recyclage et de valorisation des déchets ménagers et des déchets industriels banals. Rapport 415. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Juin 1999. [http://www.senat.fr/rap/o98-415/o98-415\\_mono.html](http://www.senat.fr/rap/o98-415/o98-415_mono.html)

[11] Patrice CAHART, Louis-Roch BURGARD, Alexandre JOLY, Cyrille ROGEAU, Jean-Jacques BENETIERE, Alain GRAVAUD, Patrick LE BAIL, Jean-Pierre VOGLER. Rapport d'évaluation sur la gestion et le bilan du programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole. Rapport conjoint de l'Inspection générale des finances, du Conseil général du génie rural des eaux et forêts et du Comité permanent de coordination des inspections. Juillet 1999. <http://www.environnement.gouv.fr/telch/2000-trimestre1/2k0306-pmpoa.pdf>

[12] Rapport sur une mission urgente effectuée en France concernant la mise en œuvre de la directive 90/667/CEE du Conseil et la décision 91/516/CEE de la Commission relative à l'utilisation d'ingrédients interdits dans les aliments pour animaux. DG(SANCO)/1234/1999/MR-FR Final. 19-20 août 1999. [http://europa.eu.int/comm/food/fs/inspections/fnaoi/reports/contaminants/france/fnaoi\\_rep\\_fran\\_1234-1999\\_fr.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/inspections/fnaoi/reports/contaminants/france/fnaoi_rep_fran_1234-1999_fr.pdf)

## Références

- [13] Philippe CROUZET. L'eutrophisation des rivières en France : où en est la pollution verte ? Les données de l'environnement n° 48 – octobre 1999. <http://www.ifen.fr/pages/de48.pdf>
- [14] Circulaire du 10 décembre 1999 relative aux sites et sols pollués et aux principes de fixation des objectifs de réhabilitation. <http://www.environnement.gouv.fr/infoprat/bulletin-officiel/bo-200001/A0010024.htm>
- [15] Les émissions de gaz à effet de serre en France – Part relative des activités dans les émissions de G.E.S. et leur croissance. Mission interministérielle de l'effet de serre. 2000. <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/emissions/part.htm>
- [16] Albert DAUJAT et Jean HEBERT. Engrais. © 2000 Encyclopædia Universalis France S.A. DVD Version 6.
- [17] Yvon DOMMERGUES. Sols – microbiologie. © 2000 Encyclopædia Universalis France S.A. DVD Version 6.
- [18] Philippe DUCHAUFOR. Humus. © 2000 Encyclopædia Universalis France S.A. DVD Version 6.
- [19] Jean-Claude DUPLESSY. Cycles géochimiques. © 2000 Encyclopædia Universalis France S.A. DVD Version 6.
- [20] René HELLER. Absorption végétale. © 2000 Encyclopædia Universalis France S.A. DVD Version 6.
- [21] Marc LEMINEUR. L'eau et la commune. Intercommunale Namuroise de Services Publics. 2000. <http://www.ciger.be/inasep/chap5/index.shtml>
- [22] Rétention et dégradation des polluants d'origine agricole par des surfaces en herbe. INRA. Février 2000. <http://www.inra.fr/actualites/NATURE/pdf/herpollu.pdf>
- [23] Denis BAIZE. Teneurs totales en « métaux lourds » dans les sols français – résultats généraux du programme ASPITET. Le Courrier de l'environnement n°39, février 2000. <http://www.inra.fr/Internet/Produits/dpenv/baizec39.htm>
- [24] ADEME. Déchets municipaux : les chiffres clés. Deuxième édition. Avril 2000. <http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/mots-chiffres/chiffres-cles/dec.pdf>
- [25] Document de travail sur le traitement biologique des bio déchets. 2ème projet. European commission DG environnement. 27 avril 2000. [http://europa.eu.int/comm/environment/waste/biodegradable2\\_fr.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/waste/biodegradable2_fr.pdf)
- [26] ADEME. La réglementation française sur la valorisation agricole des déchets organiques – Organisation et points principaux. 2000. <http://www.ademe.fr/bretagne/telechargement/reglement.doc>
- [27] Document de travail sur les boues d'épuration. 3ème projet. European commission DG environnement. 27 avril 2000. [http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge\\_fr.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_fr.pdf)
- [28] José MARTINEZ, Gildas LE BOZEC. Déjections porcines et problèmes environnementaux en Europe. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures, 9, 181-190. Mai-juin 2000. <http://www.john-libbey-eurotext.fr/articles/agr/9/3/181-90>
- [29] Henri PREVOT. La récupération de l'énergie issue du traitement des déchets. Rapport du Conseil général des mines. Juillet 2000. <http://www.environnement.gouv.fr/telch/2001-t3/010731-rapport-prevot-dechets-energie.pdf>
- [30] Dominique DORMONT. Rapport du groupe de travail « alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments ». AFSSA, 27 juillet 2000. [http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/Rapport\\_Alimentation\\_animale.pdf](http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/Rapport_Alimentation_animale.pdf)
- [31] Benjamin MASSON. L'agriculture de précision se met sur orbite. BIMA n° 1484. Juillet-août 2000. <http://www.agriculture.gouv.fr/medi/kios/bima/bima1484/recherche.htm>
- [32] Les déchets dangereux des ménages – limiter les risques, c'est possible. Guide pratique ADEME. Août 2000. <http://www.ademe.fr/particuliers/pdf/AdemeficheDangereux.pdf>
- [33] Göke FRERICHS, Patrick VENTURINI. Avis du Comité économique et social sur la « Révision de la directive du Conseil 86/278/CEE relative à l'utilisation des boues d'épuration en agriculture ». CES 1199/2000 E-CC/AZ/ad, 19 octobre 2000 [http://www.ces.eu.int/pages/avis\\_prin/nat/071/ces1199-2000\\_ac\\_fr.PDF](http://www.ces.eu.int/pages/avis_prin/nat/071/ces1199-2000_ac_fr.PDF)



- [34] Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. L'évolution récente des émissions de dioxines dans l'atmosphère. 20 octobre 2000. <http://www.environnement.gouv.fr/actua/cominfos/dosdir/DIRPPR/dioxine/2k0706-evol-emission-dioxine.htm>
- [35] JL. FARINET, Y. HURVOIS. Récentes évolutions des procédés de traitement du lisier de porcs. CIRAD, CA-Agence de l'eau. 2000. [http://atprun99.cirad.fr:8080/CIRAD\\_ATPRun9960/seminaire2000/sem2000\\_traitements/tsld001.htm](http://atprun99.cirad.fr:8080/CIRAD_ATPRun9960/seminaire2000/sem2000_traitements/tsld001.htm)
- [36] Laurent KRAEUTLER. Boues d'épuration, quelles alternatives ? Retours d'expérience et perspectives. L'eau, l'industrie, les nuisances. 2000, 235, 130-134. <http://www.ecole-eme.com/eme/infoenviro/publications/dechetsassain/boues00.pdf>
- [37] Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil, du 4 décembre 2000, relative à l'incinération des déchets. [http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76\\_fr.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76_fr.pdf)
- [38] Le traitement biologique des déchets organiques. Centre national du recyclage. Décembre 2000. <http://www.cercle-recyclage.asso.fr/tele/dossiers/valorg.PDF>
- [39] Comité technique permanent sur l'épandage des boues d'épuration. Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture – dossier documentaire. ADEME. Janvier 2001. <http://www.agriculture.gouv.fr/actu/epuration/dossier.htm>
- [40] Yves SCIAMA. Quels seuils pour le mercure ? La Recherche, 339, 93-94. Février 2001. <http://www.larecherche.fr/arch/01/02>
- [41] Jacques THORETTE, Christian SCHWARTZ. Plus de 60 % des boues d'épuration municipales ont été épandues en 1999 sur 2 % des sols agricoles. IFEN. Les données de l'environnement n° 63 – février 2001. <http://www.ifen.fr/pages/de63.pdf>
- [42] Ian THORNTON et al. Pollutants in urban waste water and sewage sludge. Final report for Directorate-General environment. February 2001. ISBN 92-894-1735-8. [http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge\\_pollutants.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_pollutants.pdf)
- [43] Paul BARON, François BARTHELEMY, Michel BOUVIER, Xavier MARTIN, Jean-Pierre VOGLER. Elevages et fonctionnement du Conseil Départemental d'Hygiène en Ille et Vilaine. Inspection générale de l'environnement et Conseil général du GREF. 20 mars 2001. <http://www.agriculture.gouv.fr/medi/etud/RapportCDH35.pdf>
- [44] Pierre AUROUSSEAU. Les apports de métaux lourds sur les sols de Bretagne. Conseil Scientifique Régional de l'Environnement de Bretagne. Séance du 28 mars 2001. <http://viviane.roazhon.inra.fr/spanum/diagnostic/cu+zn/cu+zn.htm>
- [45] Gérard MIQUEL. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport de l'office parlementaire des choix scientifiques et technologiques n° 261. Avril 2001. <http://www.senat.fr/rap/I00-261/I00-2611.pdf>
- [46] Arrêté du 13 avril 2001 portant suspension de la mise sur le marché et ordonnant le retrait de certaines matières fertilisantes et supports de culture. Journal Officiel Numéro 110 du 12 Mai 2001 page 7586. <http://www.legifrance.gouv.fr/citoyen/pagetail.ow?heure1=092143248551&rang=1>
- [47] J. GARRIC, G. GOLASZEWSKI, C. LASCOMBE, E. VINDIMIAN. L'apport des approches écotoxicologiques à la problématique de gestion des cours d'eau. Actes de la conférence internationale " Scientifiques et décideurs, agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux ". Lyon. Juin 2001. [http://www.eaurmc.fr/lyon-fleuves-2001/page\\_html/p\\_ta410.html](http://www.eaurmc.fr/lyon-fleuves-2001/page_html/p_ta410.html)
- [48] FLAMMARION P., CHARLES S., CHAUMOT A., PELTE T., PEREIRA L., PERY A., GARRIC J. Apports des biomarqueurs et de la modélisation dans l'évaluation de l'impact des contaminants dans les écosystèmes aquatiques. Actes de la conférence internationale " Scientifiques et décideurs, agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux ". Lyon. Juin 2001. [http://www.eaurmc.fr/lyon-fleuves-2001/page\\_html/p\\_ta411.html](http://www.eaurmc.fr/lyon-fleuves-2001/page_html/p_ta411.html)
- [49] Ministère de l'environnement. Circulaire du 28 juin 2001 relative à la gestion des déchets organiques. <http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/dechets/textes/20010628-circulaire-gestion-dechets-organiques.htm>

## Références

- [50] Robert DIDERICH. Catalogue des concentrations prévisibles sans effet dans l'environnement aquatique (PNEC aqua) des substances chimiques existantes ayant fait l'objet d'une évaluation dans le cadre du règlement CEE n° 793/93 et du programme OCDE. INERIS. Juillet 2001.  
<http://www.ineris.fr/recherches/download/catalogue.pdf>
- [51] Pierre BALLAND, Henri LEGRAND. Les risques engendrés par la décharge de Crégy-les-Meaux (77) et les dispositions de précaution à envisager. Rapport de l'Inspection générale de l'environnement. Juillet 2001.  
<http://www.environnement.gouv.fr/telch/rapports-ig/2001/0705-decharge-cregy-rapport.pdf>
- [52] Décision de la Commission établissant les critères écologiques pour l'attribution du label écologique communautaire aux amendements pour sols et aux milieux de culture. 2001/688/CE. 28 août 2001.  
[http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/pdf/soil\\_improvers/new\\_decision\\_2001/soil\\_improvers\\_fr.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/pdf/soil_improvers/new_decision_2001/soil_improvers_fr.pdf)
- [53] COM(2001) 262 final. Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen sur la mise en œuvre de la stratégie communautaire les perturbateurs endocriniens – une série de substances suspectées d'influer sur le système hormonal des hommes et des animaux (COM (1999) 706).  
[http://europa.eu.int/eur-lex/fr/com/cnc/2001/com2001\\_0262fr01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/fr/com/cnc/2001/com2001_0262fr01.pdf)
- [54] Marie D'ALCIMOLES, Olivier BORRAZ, Danielle SALOMON. Les mondes des boues. La difficile institutionnalisation des filières d'épandage des boues d'épuration urbaines en agriculture. ADEME – CNRS. 2001.  
<http://www.ademe.fr/htdocs/publications/publipdf/boues.pdf>
- [55] E. G. CARRINGTON. Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction – final report. European commission Directorate-general environment. September 2001. ISBN 92-894-1734-X.  
[http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge\\_eval.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_eval.pdf)
- [56] Aurore DEGRE, Didier VERHEVE, Charles DEBOUCHE. Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction : revue bibliographique. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 2001, 5, 135-143. <http://www.bib.fsagx.ac.be/base/pdf-abo/v5n3/deg-ful.pdf>
- [57] Marc JAVOY. Volcanisme et pollution naturelle. In Les progrès de la peur : clonage, CO<sub>2</sub>, nucléaire, Internet. Nayla Farouki ed.. Editions Le Pommier. Septembre 2001. ISBN 2.7465.0010.8.
- [58] Robert SADOURNY. Effet de serre, CO<sub>2</sub> et atmosphère. In Les progrès de la peur : clonage, CO<sub>2</sub>, nucléaire, Internet. Nayla Farouki ed.. Editions Le Pommier. Septembre 2001. ISBN 2.7465.0010.8.
- [59] Philippe AUBAIN, Hubert BRUNET, Alexis GAZZO, Benoît LANDREA, Jan LE MOUX, Eric MUGNIER. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Regulatory report. SEDE – Arthur Andersen. European Commission DG Environment – B/2. 22 Octobre 2001. [http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge\\_disposal2.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_disposal2.pdf)
- [60] Philippe AUBAIN, Hubert BRUNET, Alexis GAZZO, Benoît LANDREA, Jan LE MOUX, Eric MUGNIER. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Scientific and technical sub-component report. SEDE – Arthur Andersen. European Commission DG Environment – B/2. 22 Octobre 2001.  
[http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge\\_disposal3a.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_disposal3a.pdf)
- [61] Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc. Fédération des producteurs de porcs du Québec. Novembre 2001.  
<http://www.leporcduquebec.qc.ca/pages/Publications/FPPQ-brochuresPDF/Env-trait-lisier.pdf>
- [62] Rapport de la Commission - Mise en œuvre de la directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires, modifiée par la directive 98/15/CE de la Commission du 27 février 1998. 21 novembre 2001.  
[http://europa.eu.int/eur-lex/fr/com/rpt/2001/com2001\\_0685fr01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/fr/com/rpt/2001/com2001_0685fr01.pdf)
- [63] Terminologie. ADEME.  
<http://entreprises.ademe.fr/Dechets/themes/motschiffres/terminologie.asp#R>
- [64] Généralités sur la réglementation des ICPE. INERIS.  
[http://aida.ineris.fr/sommaires\\_textes/sommaire\\_thematique/liste\\_thematique.htm#Généralités sur la réglementation des ICPE - Généralités et procédures](http://aida.ineris.fr/sommaires_textes/sommaire_thematique/liste_thematique.htm#Généralités sur la réglementation des ICPE - Généralités et procédures)
- [65] Le régime d'autorisation et de déclaration de la loi de 1976 sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Enviro2B – le portail européen de l'environnement pour les entreprises et les collectivités.  
[http://www.enviro2b.com/guides/expertise/aut\\_declaration\\_ICPE/reglementation.html](http://www.enviro2b.com/guides/expertise/aut_declaration_ICPE/reglementation.html)

- [66] Review of selected waste streams: Sewage sludge, construction and demolition waste, waste oils, waste from coal-fired power plants and biodegradable municipal waste. European Environment Agency. Technical report No 69. January 2002. [http://reports.eea.eu.int/technical\\_report\\_2001\\_69/en/Technical\\_report\\_No\\_69\\_web.pdf](http://reports.eea.eu.int/technical_report_2001_69/en/Technical_report_No_69_web.pdf)
- [67] Philippe AUBAIN, Hubert BRUNET, Alexis GAZZO, Benoît LANDREA, Jan LE MOUX, Eric MUGNIER. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Economic report. SEDE – Arthur Andersen. European Commission DG Environment – B/2. 29 January 2002. [http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge\\_disposal4.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_disposal4.pdf)
- [68] Ministère l'aménagement du territoire et de l'environnement. Le parc des usines d'incinération d'ordures ménagères – Etat des lieux. 30 janvier 2002. <http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/dechets/incineration/010122-incinerateurs-petits.htm>
- [69] Philippe AUBAIN, Hubert BRUNET, Alexis GAZZO, Benoît LANDREA, Jan LE MOUX, Eric MUGNIER. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Synthesis report. SEDE – Arthur Andersen. European Commission DG Environnement – B/2. 22 February 2002. <http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/synthesisreport020222.pdf>
- [70] Cour des comptes. La préservation de la ressource en eau face aux pollutions d'origine agricole : le cas de la Bretagne. Rapport au Président de la République suivi des réponses des administrations et des organismes intéressés. Février 2002. [http://www.ccomptes.fr/Cour-des-comptes/publications/rapports/ressources-en-eau/RAPPORT\\_BRETAGNE.pdf](http://www.ccomptes.fr/Cour-des-comptes/publications/rapports/ressources-en-eau/RAPPORT_BRETAGNE.pdf)
- [71] Cour des comptes. Rapport public particulier sur la préservation de la ressource en eau face aux pollutions d'origine agricole : le cas de la Bretagne. Synthèse. Février 2002. [http://www.ccomptes.fr/Cour-des-comptes/publications/rapports/ressources-en-eau/SYNTHESE\\_BRETAGNE.pdf](http://www.ccomptes.fr/Cour-des-comptes/publications/rapports/ressources-en-eau/SYNTHESE_BRETAGNE.pdf)
- [72] Guide des actions du Conseil régional de Bretagne. Soutien aux investissements de traitement des déjections animales. 2002. <http://www.region-bretagne.fr/french/aides/agriculture/190agri.pdf>
- [73] AGRESTE – LE BULLETIN n° 04. Avril 2002. <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/ulf/agreste/conjoncture/MEP0204.PDF>
- [74] Avis de l'AFSSA relatif à un projet d'arrêté modifiant l'arrêté du 13 avril 2001 portant suspension de la mise sur le marché et ordonnant le retrait de certaines matières fertilisantes et supports de culture. 25 avril 2002. <http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/ESST2002sa0085.pdf>
- [75] CERFA. Guide pour la constitution des dossiers de demande d'homologation matières fertilisantes – supports de culture. <http://www.agriculture.gouv.fr/mini/form/forms/50644.01.pdf>
- [76] François BARTHELEMY, Marc GRIMOT, Dominique LEGRAIN. Installation de stockage de déchets ménagers et assimilés. Rapport de l'Inspection générale de l'environnement. 8 avril 2002. <http://www.environnement.gouv.fr/telch/rapports-ig/2002/0804-Rapport-Dechets-menagers.pdf>
- [77] Bilan environnemental sur les filières de recyclage : l'état des connaissances. ADEME. Mai 2002. ISBN 2-86817-663-1. [http://www.ademe.fr/collectivites/dechets-new/sante/documents/Synthese\\_ACV\\_recyclage.pdf](http://www.ademe.fr/collectivites/dechets-new/sante/documents/Synthese_ACV_recyclage.pdf)
- [78] Les techniques de gestion des déchets ménagers. ADEME. 2002. <http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/Politique-planif/Plans/Fichiers/ResGuidePlan2.PDF>
- [79] Cour de justice des communautés européennes. Aff. C-60/01 : «Manquement d'État · Directives 89/369/CEE et 89/429/CEE · Pollution atmosphérique · Installations d'incinération des déchets municipaux · Parc des incinérateurs en France». 18 juin 2002. <http://www.curia.eu.int/fr/act/0218fr.htm#ToC4>
- [80] Ministère de l'écologie et du développement durable. Circulaire relative à l'échéance du 1er juillet 2002 sur les déchets. 27 juin 2002. <http://www.environnement.gouv.fr/telch/2002-t3/020907-circulaire-echeance-01072002.pdf>
- [81] Ministère de l'écologie et du développement durable. Circulaire relative aux usines d'incinération d'ordures ménagères non conformes. 27 juin 2002. <http://www.environnement.gouv.fr/telch/2002-t3/020907-circulaire-uio-conforme.pdf>
- [82] Jean-Pierre PAILLARD. Gestion des déchets et de la dépollution. Découverte – Revue du Palais de la découverte, 300, 32-41. Juillet 2002.
- [83] Edouard BARD. L'effet de serre. La Recherche, 356, 50-53. Septembre 2002. <http://www.larecherche.fr/arch/02/09>
- [84] Catherine DE SILGUY. Histoire des hommes et de leurs ordures, du Moyen-âge à nos jours. Editions du Cherche-Midi. 1996

# Science & *Décision*

Unité mixte de service n°2293



[contact@science-decision.net](mailto:contact@science-decision.net)

*Science & Décision* - 523 place des terrasses - Immeuble Evry II - 91000 Evry  
Tél : 01 60 87 37 23 - Fax : 01 60 87 37 99 - <http://www.science-decision.net>

**Directeur de la publication** : Alain Hénaut • **Directrice de la rédaction** : Florence Javoy  
**Conception et réalisation** : Times Square Communication