

# STOCKAGE DES DÉCHETS DANGEREUX EN CENTRES COLLECTIFS EN FRANCE QUELS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT ?

Muriel Morcet\*, Isabelle Martin\*, Michel Mori\*, Philippe Ruat\*,  
Anne Gobbey\*\*, Nadia Boeglin\*\*, Eric Labouze\*\*\*

\* Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'environnement

\*\* Ademe

\*\*\* Bio Intelligence Service

Les professionnels du stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France regroupés au sein de la Fnade ont décidé, en partenariat avec l'Ademe, d'évaluer les impacts environnementaux de cette filière afin de disposer d'un état des lieux objectif réalisé selon un référentiel normatif international via la méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV).

L'ACV montre que les impacts environnementaux sont globalement mineurs par rapport aux autres activités à l'échelle nationale pour lesquelles on dispose de données bibliographiques publiques. Elle a également permis de définir des axes d'amélioration des performances environnementales de la filière (substitution partielle des matières premières intervenant dans la stabilisation par des sous-produits industriels par exemple).

**Industrial players in the field of hazardous waste landfill, as represented in the French federation on waste services and remediation (Fnade), in partnership with the French environmental agency (Ademe), evaluated the environmental impacts of this activity. This study applied an internationally recognised Life Cycle Analysis approach to establish a true and objective picture of the environmental interactions.**

**The LCA indicates that overall, the environmental impacts are lesser than for other activities operating at a national scale for which bibliographical data is available. The study also pointed to areas of improvement in environmental performance for the activity as a whole, for example by substituting by partially substituting raw materials used in the stabilisation process with industrial by-products.**

## Un état des lieux voulu par les professionnels

Les activités industrielles (production de biens de consommation, incinération de déchets...) produisent des déchets divers et parmi eux des déchets dangereux. Ainsi, environ 9 millions<sup>[1]</sup> de tonnes de déchets dangereux<sup>[2]</sup> d'origine industrielle sont produits chaque année en France. Ces déchets contiennent des substances dangereuses pour l'homme et son environnement (substances chimiques ou biologiques toxiques ou écotoxiques, corrosives, inflammables, etc.).

Sur ces 9 millions de tonnes, près de 2,5 millions de tonnes sont éliminées en centres collectifs, soit par incinération en centre spécialisé ou par co-incinération en cimenterie, soit par traitement physico-chimique, soit par stockage. Le restant est traité par des moyens internes propres à l'industriel producteur.

Les déchets dangereux dits « ultimes » ne peuvent plus être traités compte tenu des conditions techniques et économiques du moment : résidus de l'incinération, boues de stations d'épuration industrielles, amiante, terres polluées... Ces déchets (environ 1 million de tonnes par an, soit 11 % des déchets dangereux) sont stockés définitivement dans des centres collectifs de stockage de déchets dangereux, anciennement appelés centres collectifs d'enfouissement technique de classe I. Le stockage des déchets dangereux est une activité industrielle à part entière, encadrée par une réglementation européenne et nationale, reposant sur l'exploitation de centres utilisant des technologies modernes. Comme toute activité industrielle, le stockage induit potentiellement des impacts sur l'environnement naturel et humain : les phases de construction, d'exploitation, de fermeture et de post-exploitation consomment de l'énergie, des matières et sont susceptibles d'émettre des substances dans l'environnement, participant ainsi à l'effet de serre, aux pluies acides et aux autres impacts environnementaux.

C'est pourquoi les professionnels du secteur, regroupés au sein de la Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'environnement (Fnade) ont décidé, en partenariat avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), d'évaluer les impacts environnementaux de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs, en France, afin de disposer d'un état des lieux objectif réalisé selon un référentiel normatif international. La réalisation de cette étude a été confiée à la société Bio Intelligence Service. La méthode utilisée est celle des analyses de cycle de vie (ACV)<sup>[3]</sup>. Il s'agit d'un bilan comptable des flux de matières et d'énergies consommés et générés tout au long de la vie d'un produit ou d'un service. Ces flux sont

ensuite traduits en termes d'impacts potentiels sur l'environnement.

Les objectifs de l'ACV de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs sont de deux ordres :

- évaluer l'ensemble des impacts environnementaux de la filière et ouvrir de nouvelles voies d'amélioration de ses performances ;
- fournir aux producteurs de déchets dangereux des données fiables sur le stockage de leurs déchets ultimes, afin qu'ils puissent intégrer les impacts environnementaux de cette étape dans leurs propres ACV (cf figures 1 et 2). Auparavant, seule la quantité totale de déchets dangereux générés était prise en compte, sans inclure leur traitement.

L'ensemble des acteurs du secteur a participé à cette ACV, ce qui lui confère une représentativité et une fiabilité exceptionnelles. En effet, les données ont été recueillies sur les dix sites traitant la majeure partie des déchets dangereux stockés en centres collectifs et ne sont donc pas issues de compilations bibliographiques.

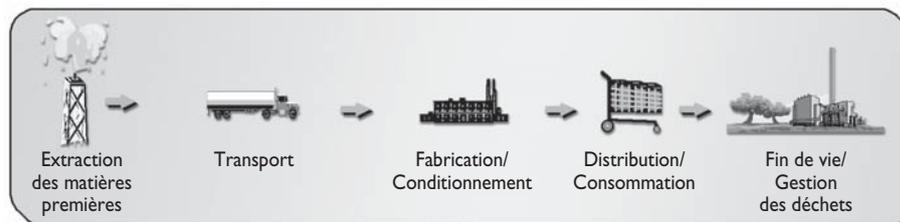


Figure 1 : Le cycle de vie d'un produit

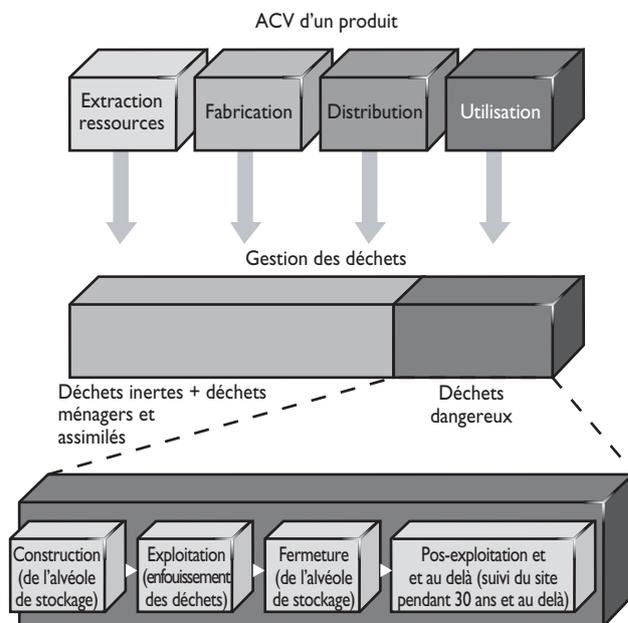


Figure 2 : Intégration de l'ACV de la filière de stockage des déchets dangereux en sites collectifs dans l'ACV d'un produit ou d'une filière générant de tels déchets

## LE STOCKAGE DES DÉCHETS DANGEREUX : COMMENT ÇA MARCHE ?

Déchets ultimes issus de l'incinération de déchets ménagers ou industriels, boues de stations d'épuration industrielles, terres polluées, amiante... la liste des déchets dangereux admissibles dans les centres collectifs de stockage est fixée par arrêté ministériel. Elle exclut les substances radioactives (dont le devenir est pris en charge par l'Andra), les substances explosives ou inflammables, fermentescibles, les déchets d'activités de soins, etc...

L'admission des déchets dans de tels sites répond à des critères précis fixés par la réglementation.

### Conforme ou non conforme ?

Pour être admis dans un centre de stockage de déchets dangereux, ces derniers doivent satisfaire à une procédure d'acceptation composée de trois niveaux : la caractérisation de base, la vérification de la conformité et la vérification sur place. Un laboratoire est donc installé à l'entrée de chaque centre de stockage afin de réaliser les analyses exigées par la réglementation et nécessaires à l'identification des déchets dangereux et à leur admissibilité. En cas de refus de la filière stockage, le déchet doit être réorienté vers une filière plus adaptée.

### Piéger les polluants

Pour certains déchets, le prétraitement par stabilisation

est un passage obligé pour respecter la réglementation. Il concerne les déchets les plus solubles (sels et métaux lourds). Ces déchets sont donc prétraités par des procédés à froid à base de liants hydrauliques (par exemple des ciments) afin de les stabiliser et de les solidifier, avant tout stockage.

### Un stockage fait pour durer

Les déchets stables en l'état (déchets ne nécessitant pas de prétraitement par stabilisation) et les déchets stabilisés sont ensuite stockés définitivement dans des casiers divisés en alvéoles hydrauliquement indépendantes. Un casier est doté d'un système de barrière passive (5 mètres d'argile compactée en fond de forme et sur les flancs) complété d'une barrière active (géomembrane surmontée d'un système drainant) dont le rôle est d'assurer un confinement total ainsi que le drainage des lixiviats. Au fur et à mesure que les casiers se complètent, ces derniers sont fermés. Une couverture étanche permettant d'éviter l'infiltration des eaux de pluie dans le massif de déchets est alors mise en place. Elle est surmontée d'une couche de terre permettant la végétalisation du site et sa bonne intégration dans le paysage. Durant une période minimale de trente ans après la fermeture du site (période de post-exploitation réglementaire), l'exploitant maintient en bon fonctionnement les installations de drainage et de traitement des lixiviats.

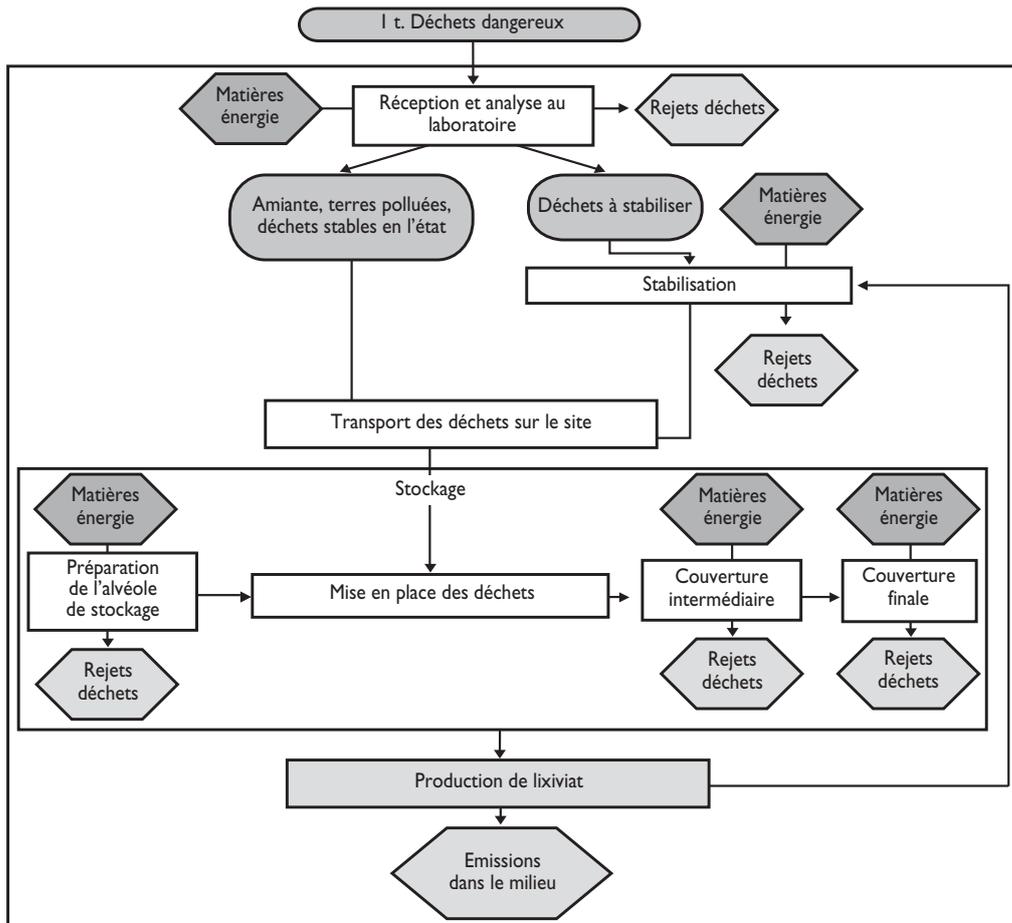


Figure 3 : Principales opérations de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France.

## UNE DÉMARCHÉ RIGOUREUSE : L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE

### Les acteurs de l'étude

La méthode de travail utilisée pour l'étude est celle des analyses de cycle de vie (ACV). L'ACV de la filière du stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France a été réalisée par Bio Intelligence Service en 2001-2002 et encadrée par un comité de pilotage (Fnade, Ademe ainsi que des représentants de chacun des opérateurs<sup>[4]</sup>). L'étude a été relue et commentée par un expert européen indépendant (RDC) validant la qualité du travail et sa conformité aux normes internationales relatives à la conduite des ACV.

### L'analyse de cycle de vie, mode d'emploi

Les ACV font l'objet d'une série de normes internationales (ISO 14040 à 14043) codifiant précisément la démarche à suivre et le cadre méthodologique général. Une ACV nécessite d'abord de définir le système étudié (produit, filière) et de le délimiter dans l'espace et dans le temps. Il faut ensuite définir le « service rendu » ou « unité fonctionnelle » pour lequel le bilan sera établi.

Puis, pour chaque étape du cycle de vie, les données brutes concernant les impacts environnementaux sont collectées : consommation d'énergie, de matériaux, d'eau, rejets et émissions de substances éventuellement polluantes, transport... Ces données brutes sont traitées pour obtenir les données dites « d'inventaire » : consommation de matières premières et d'énergie primaire, émissions dans l'air et dans l'eau, production de déchets, c'est-à-dire les entrants et les sortants à chaque étape du cycle de vie exprimés en termes de « flux élémentaires ». Ces données d'inventaire sont ensuite regroupées pour définir des indicateurs environnementaux globaux (épuisement des ressources, effet de serre, toxicité humaine et écotoxicité, etc...). C'est le bilan environnemental. Une analyse des résultats permet ensuite l'identification des étapes ayant le plus d'impact sur l'environnement.

### L'ACV du stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France : une filière analysée en détail

#### Le système étudié et sa modélisation

Le système étudié est la filière de stockage des déchets

dangereux en centres collectifs en France. Elle peut être considérée comme un service donnant lieu à une consommation d'énergie et de matières premières et à des émissions et rejets dans l'environnement.

Cette filière est modélisée :

- en décomposant son fonctionnement en quatre phases successives (cf figure 4) : construction du centre de stockage, exploitation du site (hors transport des déchets jusqu'au site), fermeture et post-exploitation (incluant l'ensemble des opérations relevant de ces étapes, telles que décrites en figure 3).

- en décomposant son activité en trois opérations principales : stabilisation des déchets à prétraiter, transport des déchets à l'intérieur du site et stockage dans les alvéoles.

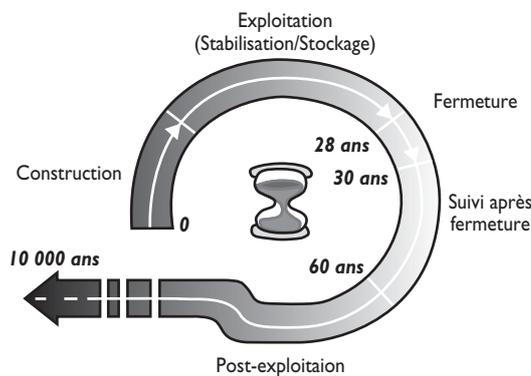


Figure 4 : Cycle de vie de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France

Le croisement de ces deux découpages définit sept « modules » qui consomment de l'énergie et des matières et rejettent éventuellement des polluants (cf tableau 1).

Tableau 1 : Modules pertinents (notés +) pour l'ACV du stockage des déchets dangereux (s.o. : sans objet)

Phase Opération	Construction	Exploitation	Fermeture site	Post-exploitation
Stabilisation	+	+	s.o.	s.o.
Transport des déchets sur site	s.o.	+	s.o.	s.o.
Stockage	+	+	+	+

#### Le « service rendu »

Le bilan des impacts environnementaux est fourni pour le « service rendu » constitué par « le stockage d'une tonne de déchets dangereux ».

La composition des déchets dangereux étant très variable d'un site à l'autre, c'est la composition moyenne d'une tonne de déchets dangereux en France qui a été utilisée.

Composition moyenne d'une tonne de déchets dangereux en France en 2000 :

#### Carte d'identité d'un « déchet dangereux moyen »

Composition moyenne d'une tonne de déchets dangereux en France en 2000 :

Déchets dangereux à stabiliser	526 kg
Déchets dangereux stables en l'état	246 kg
Terres polluées	167 kg
Amiante	61 kg

#### Choix des frontières spatiales et temporelles du système

La collecte et le transport des déchets vers le site de stockage ne sont pas pris en compte car l'analyse porte spécifiquement sur les étapes du traitement des déchets en vue de leur stockage. Les limites du site vis-à-vis de l'environnement extérieur sont fixées sous les 5 mètres d'argile constituant la barrière passive des casiers de stockage.

Le cycle de vie est considéré sur une durée de 10 000 ans à partir de l'ouverture du site. En effet, les hypothèses d'émissions dans l'environnement ont été considérées, de façon maximaliste, comme pouvant a priori se poursuivre après sa fermeture. La valeur de 10 000 ans a été choisie arbitrairement pour prendre en compte des effets à très long terme.

#### Le travail de collecte des données

Ce recueil a été effectué auprès des dix principaux centres de stockage collectifs français. Les données ont été fournies par les exploitants des sites à l'aide d'un questionnaire détaillant les différents modules à renseigner, conçu par Bio Intelligence Service et validé par la profession. Parmi ces données « brutes », représentatives de l'année 2000, figurent par exemple la consommation d'électricité, le nombre de kilomètres de transport des déchets dans le site, le poids des matériaux de construction utilisés, les mesures d'émissions de polluants, etc. Une évaluation de la précision des données a été demandée.

#### Le traitement des données

Les données brutes recueillies sont ensuite traitées afin de remonter aux impacts ramenés aux matières premières et sources primaires d'énergie (« flux élémentaires »). Pour cela, l'étude a intégré des inventaires déjà disponibles, pour des grandeurs « standard » couramment utilisées (exemple : les données de l'inventaire de cycle de vie concernant la « production d'un kilowatt-heure d'électricité » sont utilisées chaque fois qu'une opération de la filière consomme de l'électricité). Des hypothèses sont formulées concernant les données non mesurables : notamment le débit et la composition à

**Tableau 2 : Bilan environnemental du stockage des déchets dangereux en centres collectifs, en France**

		Bilan du stockage (2000)		Bilan en % des impacts de l'ensemble des activités à l'échelle nationale
<b>Ressources</b>	Energie primaire	MJ	6,89E+08	0,01 %
	Matériaux de carrière	kg	1,51E+08	n.d.
	Epuisement ressources	an-l	7,77E+05	n.d.
<b>Emissions air</b>	Acidification de l'air	g éq. H <sup>+</sup>	1,59E+07	0,02 %
	Effet de serre (direct, 20 ans)	kg eq. CO <sub>2</sub>	1,23E+08	0,02 %
	Effet de serre (direct, 100 ans)	kg eq. CO <sub>2</sub>	1,18E+08	0,02 %
	Effet de serre (direct, 500 ans)	kg eq. CO <sub>2</sub>	1,15E+08	0,02 %
	Composés organiques volatils	g	7,66E+07	0,00 %
<b>Emissions eau</b>	Eutrophisation	g éq. PO <sub>4</sub>	2,11E+07	0,01 %
	Matières organiques dans l'eau	g	4,60E+08	n.d.
<b>Déchets à éliminer</b>	Déchets dangereux à traiter	kg	5,51+03	n.d.
	Déchets ménagers et assimilés	kg	1,03E+07	0,01 %
	Déchets inertes	kg	-2,48E+07*	n.d.
<b>Déchets stockés</b>	Déchets dangereux ultimes stockés en centre collectif	kg	1,36E+09	100%
	Utilisation de la surface au sol	m <sup>2</sup>	9,01E+03	n.d.
<b>Risque toxique</b>	Ecotoxicité aquatique	kg eq.l <sup>-4</sup> -dichlorobenzène	5,43E+09	0,31 %
	Toxicité humaine	kg eq.l <sup>-4</sup> -dichlorobenzène	8,20E+06	0,04 %
	Ecotoxicité sédimentaire	kg eq.l <sup>-4</sup> -dichlorobenzène	2,37E+09	0,28 %
	Ecotoxicité terrestre	kg eq.l <sup>-4</sup> -dichlorobenzène	1,80E+05	0,04 %

NB : L'indicateur de toxicité est exprimé en « équivalents l<sup>-4</sup>-dichlorobenzène », qui est une substance (entrant dans la composition de l'antimite) servant de référence.

\* La valeur négative exprime un impact évité (non un impact généré) grâce à l'utilisation des déchets inertes dans la filière de stockage des déchets dangereux en sites collectifs en France. Les déchets inertes sont parfois utilisés pour la couverture intermédiaire des déchets dangereux dans les alvéoles de stockage.

n.d. : non disponible

long terme des rejets d'eaux du site de stockage.

Les données d'inventaires obtenues sont moyennées sur les sites en fonction du tonnage de déchets traités par an par chacun. L'inventaire est fourni pour une tonne de déchets traités, de composition moyenne.

### Les résultats : bilan environnemental

Les données d'inventaire sont agrégées pour définir des indicateurs environnementaux globaux. Dix-neuf indicateurs environnementaux ont été calculés et regroupés en six catégories : utilisation de ressources, émissions dans l'air, émissions dans l'eau, déchets à éliminer, déchets stockés, risque toxique pour les écosystèmes et pour l'homme (cf tableau 2). Ces indicateurs sont ceux généralement calculés dans toute ACV plus deux indicateurs spécifiques de la filière : la quantité de déchets dangereux stockés et l'utilisation d'espace.

## UNE FILIÈRE « PEU IMPACTANTE » SUR L'ENVIRONNEMENT

Les résultats de cette étude suggèrent que les impacts potentiels sur l'environnement de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France

sont mineurs (cf tableaux 2 et 3) : pour tous les indicateurs chiffrés, la filière de stockage des déchets dangereux est responsable de moins de 0,3 % de la pollution générée à l'échelle nationale par l'ensemble des activités industrielles et non industrielles (moins de 0,02 % pour la plupart des indicateurs). En particulier, les risques toxiques pour l'homme et pour les milieux aquatiques sont minimes.

L'étude a également comparé les impacts de la production française d'électricité ou du transport de fret par la route (seules activités pour lesquelles des données bibliographiques publiques sont disponibles) avec ceux du stockage des déchets dangereux en centres collectifs : elle a montré que ce dernier avait des impacts globalement négligeables. Par exemple, en termes de consommation d'énergie, l'impact du stockage des déchets dangereux en centres collectifs représente seulement 0,02 % de l'impact de la production d'électricité et 0,4 % de l'impact du transport de marchandises par la route, et respectivement 0,2 % et 0,9 % pour la toxicité humaine. Il n'y a que pour deux indicateurs sur dix-neuf (ressources de type matériaux de carrière, déchets ménagers et assimilés) que le stockage des

**Tableau 3 : Impacts potentiels du cycle de vie (10 000 ans) des déchets stockés en centres collectifs en 2000 en France (environ 1 million de tonnes), exprimés à l'aide d'équivalences usuelles**

Eau	La consommation d'eau de 20 terrains de golf pendant 1 an
Energie	Les besoins annuels de chauffage de 10 000 maisons individuelles
	La consommation de carburant d'une voiture parcourant 6 000 fois le tour de la terre
Effet de serre	Les émissions de gaz à effet de serre d'une voiture parcourant 14 000 fois le tour de la terre
	Les émissions annuelles de gaz à effet de serre de 11 000 européens
Eutrophisation des eaux	Les rejets causés par le cycle de vie de 725 maisons individuelles (construction + chauffage)
Déchets ménagers et assimilés	La quantité annuelle de déchets ménagers d'une ville de 25 000 habitants
Utilisation de l'espace	La surface d'1 terrain de foot et demi (sur une épaisseur de 31 mètres).
Ecotoxicité aquatique	6 000 équivalents européens (ensemble des produits et services consommés)

déchets dangereux en centres collectifs a un impact potentiel supérieur à l'une ou l'autre de ces activités : ainsi la filière de stockage des déchets dangereux consomme trente fois plus de matériaux de carrière que la filière du transport de marchandises mais six fois moins que la filière de production d'électricité ; elle produit trois fois plus de déchets ménagers et assimilés que la filière du transport de marchandises mais quatre vingt fois moins que la filière de production d'électricité.

### DES SOURCES D'IMPACT IDENTIFIÉES TOUT AU LONG DU CYCLE DE VIE DE LA FILIÈRE

Pour tous les indicateurs environnementaux utilisés, 80 % des impacts potentiels sont causés par les étapes d'exploitation et de post-exploitation ; les étapes de construction et de fermeture du site interviennent de manière secondaire (cf tableau 4 et figure 5).

En phase d'exploitation, c'est la fabrication des matières premières utilisées pour la stabilisation de certains déchets qui est l'étape prépondérante pour toutes les

**Tableau 4 : Sources d'impacts environnementaux au cours du cycle de vie de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France**

		Exploitation						
		Construction	Stabilisation matières premières	Stabilisation - process	Transport déchets sur site	Stockage	Fermeture site	Post-exploitation
<b>Ressources</b>	Energie primaire	10 %	52 %	13 %	1 %	8 %	15 %	0 %
	Matériaux de carrière	17 %	79 %	0 %	0 %	0 %	4 %	0 %
	Epuisement ressources	13 %	48 %	8 %	2 %	7 %	18 %	0 %
<b>Emissions air</b>	Acidification de l'air	8 %	76 %	4 %	1 %	2 %	9 %	0 %
	Effet de serre (direct, 20 ans)	5 %	87 %	3 %	1 %	1 %	4 %	0 %
	Effet de serre (direct, 100 ans)	5 %	87 %	3 %	1 %	1 %	4 %	0 %
	Effet de serre (direct, 500 ans)	4 %	87 %	3 %	1 %	1 %	4 %	0 %
	Composés organiques volatiles	20 %	28 %	10 %	3 %	7 %	32 %	0 %
<b>Emissions eau</b>	Eutrophisation	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	98 %
	Matières organiques	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	99 %
<b>Déchets à éliminer</b>	Déchets dangereux à traiter	21 %	48 %	12 %	4 %	0 %	14 %	0 %
	Déchets ménagers et assimilés	1 %	98 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Déchets inertes	0 %	-19 %*	0 %	0 %	120 %	0 %	0 %
<b>Déchets stockés</b>	Déchets dangereux ultimes stockés en centre collectif	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
	Utilisation de la surface au sol	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
<b>Risque toxique</b>	Ecotoxicité aquatique	7 %	49 %	5 %	1 %	0 %	5 %	32 %
	Toxicité humaine	4 %	71 %	3 %	1 %	0 %	3 %	18 %
	Ecotoxicité sédimentaire	8 %	51 %	5 %	1 %	0 %	5 %	29 %
	Ecotoxicité terrestre	2 %	86 %	1 %	0 %	0 %	1 %	8 %

\* La valeur négative exprime un impact évité (non un impact généré) grâce à l'utilisation des déchets inertes dans la filière de stockage des déchets dangereux en sites collectifs en France. Les déchets inertes sont parfois utilisés pour la couverture intermédiaire des déchets dangereux dans les alvéoles de stockage.

catégories d'impact, à l'exception des rejets liquides. Elle contribue à 90 % des émissions de gaz à effet de serre, 50 % de la consommation d'énergie, 98 % de la production de déchets non dangereux, 50 % des émissions toxiques... En revanche, l'étape de stabilisation utilise les lixiviats produits pour effectuer le prétraitement des déchets : cet usage « en circuit fermé » supprime ainsi tout rejet liquide. Il s'avère donc que le bilan environnemental de la stabilisation peut apparaître comme contrasté : elle réduit certains impacts potentiels (eutrophisation des eaux, rejets de matière organique) grâce à l'utilisation des lixiviats mais en dégrade d'autres (consommation d'énergie, effet de serre, pollution de l'air) en raison de l'intégration de l'étape de fabrication des matières premières utilisées dans le procédé.

La phase de post-exploitation est prépondérante pour les rejets liquides de substances minérales et organiques. Cependant, il faut souligner qu'il est difficile d'évaluer ces émissions éventuelles à travers la barrière active (géomembrane) sur la durée projetée qui est très longue (10 000 ans). En effet, les émissions liquides potentielles sont calculées à l'aide d'un modèle élaboré pour la circonstance, puisque aucune donnée n'est évidemment disponible sur une période de 10 000 ans. Ce modèle s'appuie sur de nombreuses hypothèses, souvent maximalistes : hypothèses sur la valeur du débit de fuite des lixiviats à travers la barrière active (géomembrane), sur leur composition en éléments polluants (considérée constante alors qu'elle est susceptible de diminuer dans le temps)... De plus, il ne prend pas en compte le temps de transfert, ni la capacité de rétention des éléments par la barrière passive d'argile. L'étude propose d'ailleurs des voies d'amélioration futures du modèle de simulation des rejets liquides, affinant les différentes hypothèses, afin de mieux évaluer l'impact de la post-exploitation.

Des études de sensibilité ont par ailleurs montré que les autres paramètres n'influencent pas significativement le bilan environnemental (durée d'exploitation du site, transport des déchets sur le site, topographie du site).

### QUELS AXES DE PROGRÈS ?

Les étapes du cycle de vie de la filière ayant le plus fort impact environnemental étant identifiées, il reste à déterminer quelles sont celles qui peuvent être améliorées.

A l'échelle de la filière, la fabrication des matières intervenant dans la stabilisation est responsable de la plupart des impacts, mais elle ne dépend pas des exploitants des centres de stockage. En revanche, la substitution partielle ou totale de ces matières par d'éventuels autres sous-produits industriels est envisageable car elle pourrait diminuer significativement les impacts environnementaux associés à la stabilisation, dès lors qu'elle peut assurer des performances équivalentes pour le comportement à long terme des déchets tout en garantissant

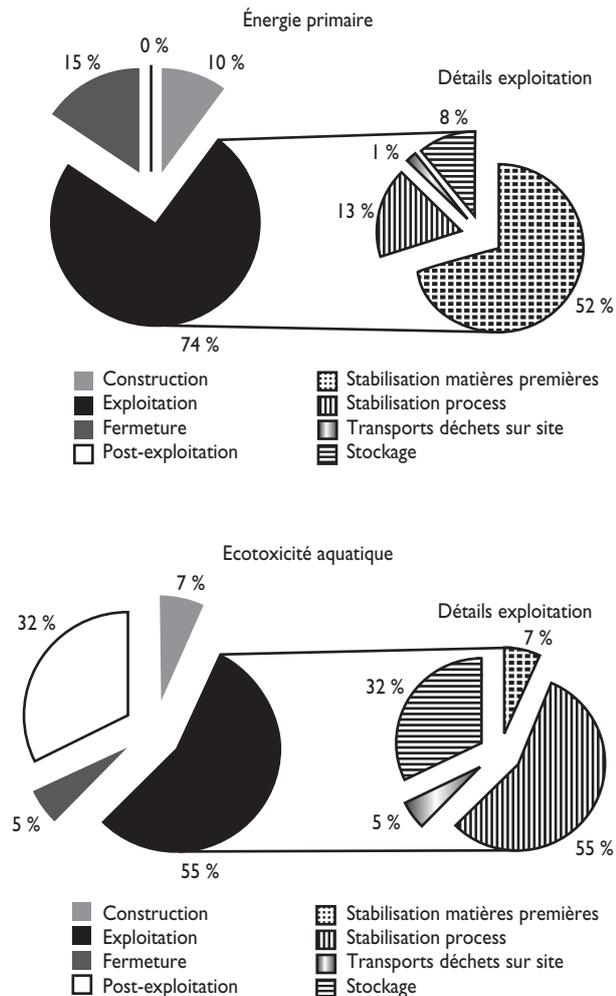


Figure 5 : Étapes de la filière ayant le plus d'impact sur l'environnement illustrées à l'aide de deux exemples d'indicateurs environnementaux

leur conformité réglementaire.

À l'échelle du centre, l'étude relève certaines disparités entre les centres de stockage : le bilan environnemental d'un site donné est généralement compris entre la moitié et le double de la valeur représentative de la moyenne nationale. Certaines exploitations sont donc plus performantes que d'autres en matière d'impacts sur l'environnement. Une partie de ces disparités est liée à la nature variable des déchets entrant sur chaque site ; une autre partie reflète les performances de gestion de chaque site.

En s'appuyant sur l'ACV réalisée, les professionnels de la filière pourront donc à l'avenir proposer des pistes pour améliorer le bilan environnemental de la filière - par exemple des solutions pour diminuer les rejets liquides potentiels en phase de post-exploitation. De plus, un outil informatique mis à la disposition des exploitants regroupe les données permettant de réaliser une ACV avec les caractéristiques propres d'exploitation d'un site

en particulier, ce qui permet d'évaluer les performances environnementales par site et les répercussions d'une modification de gestion sur les indicateurs globaux : amélioration du bilan environnemental dans son ensemble, ou seulement transfert de pollution vers d'autres étapes se traduisant par l'amélioration de quelques indicateurs mais la dégradation de certains autres.

### FORCES ET FAIBLESSES DE L'ACV EN GÉNÉRAL ET DU PROJET EN PARTICULIER

Cette étude a porté sur un bilan environnemental global, moyenné à l'échelle nationale, de la filière de stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France. Elle porte ainsi sur les impacts environnementaux potentiels d'une tonne de déchets dangereux de composition moyenne et ne détaille pas les impacts par type de déchets, ce qui peut être considéré comme une limite de l'étude. Cependant, c'est la première fois que l'on dispose d'un tel bilan environnemental pour le stockage en centres collectifs des déchets dangereux, qui en l'occurrence est représentatif de la situation française en 2000 grâce à la participation de la quasi-totalité des acteurs de la filière. Un large éventail d'indicateurs environnementaux a été évalué à partir de données d'inventaire du cycle de vie, qui sont en majorité des données collectées sur le terrain.

Certaines limites ou difficultés sont inhérentes à la méthodologie d'ACV : de manière générale, cette approche prend en compte uniquement les impacts environnementaux potentiels liés aux échanges de matière et d'énergie (consommations de ressources et émissions de polluants). Les autres impacts potentiels inhérents aux activités industrielles comme par exemple le bruit ou l'impact visuel ne peuvent pas être évalués par cette méthodologie.

D'autre part, le choix des limites spatiales et temporelles du système étudié s'avère délicat : les émissions potentielles de lixiviats à travers la barrière active (géomembrane) opèrent sur une durée infinie et c'est donc un temps infini qui devrait être pris comme référence pour comptabiliser les émissions de substances dans le milieu naturel. Or il arrivera un moment où cette émission sera si faible qu'elle n'aura aucun effet. C'est pourquoi la durée de référence a été choisie égale à 10 000 ans. Par ailleurs, des pistes de recherche sont suggérées de façon à améliorer la qualité des données et hypothèses choisies. Par exemple, les rejets liquides après la fermeture du centre de stockage, sur le long terme, pourraient être mieux évalués en tenant compte de la variation de la composition des lixiviats en fonction du type de déchets, en fonction du temps, en appréciant mieux le rôle de la barrière passive en cas d'émissions éventuelles de lixiviats à travers la barrière active (géomembrane), etc.

Pour finir, rappelons que l'étude a été réalisée en conformité avec les normes internationales concernant

les ACV. En particulier, la procédure a inclu la relecture critique du rapport par un expert indépendant dont les remarques ont été intégrées dans l'étude.

### CONCLUSION

Le stockage en centres collectifs des déchets dangereux est une solution à la production inévitable de déchets dangereux par certaines activités industrielles. Les professionnels du secteur, regroupés au sein de la Fnade et avec le soutien de l'Ademe, ont pris l'initiative de mieux connaître les impacts sur l'environnement de cette filière. L'étude a montré que les impacts environnementaux sont globalement mineurs par rapport aux autres activités à l'échelle nationale pour lesquelles on dispose de données bibliographiques publiques.

Enfin, les données d'inventaire détaillées de l'ACV du stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France sont fournies dans le document d'« écoprofil » disponible sur les sites Internet de la Fnade ([www.fnade.com](http://www.fnade.com)) et de l'Ademe ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)). Les producteurs de déchets dangereux sont invités à utiliser ces données de référence dans le cadre des ACV qu'ils pourraient être amenés à réaliser sur leurs produits, leurs procédés ou leurs systèmes de gestion des déchets dangereux.

**Muriel Morcet\***, **Isabelle Martin\***, **Michel Mori\***, **Philippe Ruat\***  
Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'environnement (Fnade), 33, rue de Naples, 75008 Paris, [www.fnade.com](http://www.fnade.com)

**Anne Gobbey\*\***, **Nadia Boeglin\*\***  
Ademe, 2, square La Fayette, BP 406, 49004 Angers Cedex 01, [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**Eric Labouze\*\*\***  
Bio Intelligence Service, 1, rue Berthelot, 94200 Ivry sur Seine.

### Notes

1. L'environnement en France, Ifen édition 2001
2. Définis par le décret du 18 avril 2002
3. Les analyses de cycle de vie sont bien connues du public sensibilisé aux questions d'environnement en ce qui concerne les produits (la toute première ACV a été réalisée en 1969 à l'initiative de la firme Coca-Cola dans le but de choisir les emballages les moins "énergivores"). La méthode des ACV s'applique également à des filières : par exemple, elle a été utilisée pour évaluer les différentes filières de traitement des déchets ménagers ou encore de certains produits spécifiques en fin de vie (huiles, piles, pneus...) permettant aux élus de choisir la meilleure solution.
4. Sita FD, EMTA/Onyx, Sêché Environnement