



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère de l'Écologie  
et du Développement Durable

# Document de travail

---

ETUDES – METHODES – SYNTHESSES



## EFFICACITE DE LA FILIERE PILES ET ACCUMULATEURS

SERIE ETUDES  
05 – E02

OLIVIER ARNOLD

Site internet : <http://www.ecologie.gouv.fr>  
20 avenue de Ségur – 75302 Paris 07 SP

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent.  
L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

## SOMMAIRE

- I – Introduction et contexte de l'étude
- II – Description de la filière
  - 1. Les piles&accumulateurs
  - 2. Pressions sur l'environnement
  - 3. Réglementation
  - 4. Le fonctionnement de la filière des piles&accumulateurs en France
  - 5. Les piles&accumulateurs en tant que filière de REP
  - 6. Données quantitatives
  - 7. Conclusion
- III – Economie de la filière des piles et accumulateurs portables usagés
  - 1. Coûts de gestion
  - 2. Coûts externes
  - 3. Bénéfices externes
  - 4. Analyse coûts – avantages
  - 5. Cas particulier des accumulateurs NiCd
- IV – Conclusion
- Annexe 1 : bibliographie
- Annexe 2 : résultats détaillés de l'analyse de sensibilité
- Annexe 3 : feuilles de calcul des coûts
- Annexe 4 : liste des documents de travail publiés

## RÉSUMÉ

*Contenant des substances chimiques nombreuses et variées, les piles&accumulateurs sont un ensemble hétérogène. Ceci se traduit au moment de leur fin de vie par des impacts environnementaux variables, parmi lesquels les émissions de métaux lourds par les incinérateurs restent la pollution majeure. Ayant fait l'objet d'une réglementation européenne dès 1991, cette filière est une des premières en France à voir la mise en application du principe de la responsabilité élargie du producteur. Une combinaison d'instruments a été utilisée : restriction aux mises sur le marché en amont et collecte sélective en aval. Après une application aux seuls piles&accumulateurs usagés contenant des substances dangereuses, le périmètre est élargi à l'ensemble de la filière. L'organisation de cette dernière est caractérisée par une responsabilité totale des metteurs en marché et une implication limitée des pouvoirs publics.*

*En 2003, plus de 820 millions de piles&accumulateurs (hors batteries de démarrage au plomb) ont été mis sur le marché français, soit plus de 30 000 t. Les piles alcalines et salines représentent la très grande majorité de ces volumes. Compte tenu des limites de contenu en mercure imposées aujourd'hui, elles ne présentent plus guère de danger pour l'environnement lorsqu'elles arrivent en fin de vie. Cette même année, près de 7 200 t de piles&accumulateurs usagés sont entrés dans des installations de recyclage.*

*L'analyse de l'économie de la filière des piles&accumulateurs portables usagés montre que le coût de la filière recyclage varie de 1 500 €/t pour les accumulateurs NiMH à 4 100 €/t pour les piles bouton. Le coût de la filière résiduelle ne dépasse pas 140 €/t. Les coûts et bénéfices externes sont essentiellement constitués des émissions de métaux lourds en cas d'incinération et des émissions évitées par le recyclage. Leur prise en compte dans le cadre d'une analyse coûts – avantages permet de déterminer le mode de gestion socialement optimal.*

*Il apparaît ainsi, que pour la plupart des piles&accumulateurs, la collecte sélective et le recyclage ne sont pas souhaitables. Les impacts environnementaux liés à leur gestion en mélange dans les ordures ménagères ne justifient pas les coûts élevés de leur recyclage. Par ailleurs, le traitement des piles bouton au mercure et des accumulateurs NiCd est très onéreux, que ce soit via la filière résiduelle ou la filière recyclage. La limitation, voire l'interdiction, de leur usage apparaît pertinent. Enfin, le seuil réglementaire de contenu en mercure (5 ppm) apparaît sévère et ne semble pas apporter de bénéfices substantiels pour l'environnement.*

*Finalement, la combinaison d'instruments utilisée pour la gestion des piles&accumulateurs usagés peut aujourd'hui être optimisée en renforçant l'instrument amont, ce qui permettrait d'abandonner l'instrument aval, source de coûts élevés. La politique en la matière devrait dorénavant s'orienter vers une limitation forte de l'usage des piles&accumulateurs contenant du mercure ou du cadmium, des solutions de substitutions étant souvent disponibles, et abandonner les dispositifs de collecte sélective. Ce changement d'orientation ne doit toutefois pas démobiliser les citoyens sur le geste de tri en général.*



## I – INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE

Les piles&accumulateurs sont depuis de nombreuses années un des piliers de la communication en faveur de la sensibilisation du grand public au problème des déchets. Le caractère dangereux de certaines d'entre elles et la relative facilité du geste de tri sélectif les concernant, expliquent probablement ce fait. Il n'est pas étonnant que cette filière soit l'une des premières à connaître une législation européenne, dès 1991. Le principe de responsabilité élargie du producteur (REP) a souvent été l'outil utilisé par les états membres pour appliquer cette législation. Il s'agit ainsi de faire supporter tout ou partie du coût de collecte sélective et de recyclage aux metteurs en marché de piles&accumulateurs.

Sur le plan technique, les piles&accumulateurs sont un ensemble hétérogène. Ainsi certains d'entre eux deviennent des déchets dangereux au moment de leur fin de vie, d'autres non. L'évolution des caractéristiques techniques est relativement rapide dans ce secteur, sous l'effet du progrès technologique avec l'apparition de nouveaux couples électrochimiques, et sous la contrainte réglementaire qui limite le contenu en certaines substances toxiques. Ainsi, le contexte technico-économique est aujourd'hui totalement différent de celui existant lors de l'adoption de la directive de 1991. Une nouvelle directive est actuellement en cours de discussions entre le Parlement et le Conseil. Celle-ci doit donc tenir compte de ces évolutions. La question est de savoir, dans ce nouveau contexte, quel est le mode de gestion souhaitable pour la fin de vie des piles&accumulateurs.

Du point de vue économique, le meilleur mode de gestion est celui qui minimise le coût global pour la société. Ce coût doit bien évidemment intégrer le coût externe lié aux impacts environnementaux. L'analyse coûts – avantages permet de prendre en compte l'ensemble de ces coûts afin de déterminer si le recyclage est socialement souhaitable, compte tenu des coûts qu'il engendre et des impacts environnementaux qu'il évite. L'objet de la présente étude est de présenter les résultats de cette analyse.

Dans une première partie, nous décrivons les impacts environnementaux des piles&accumulateurs usagés. Les aspects réglementaires et organisationnels de la filière seront également passés en revue.

La seconde partie consistera en l'analyse coûts – avantages proprement dite. Elle débutera par l'inventaire des coûts de gestion et environnementaux, avant de déterminer, pour chaque type de piles ou d'accumulateurs usagés si la collecte sélective et le recyclage sont préférable à une gestion en mélange avec les ordures ménagères résiduelles. Une attention particulière sera accordée aux accumulateurs au nickel-cadmium.

## II – DESCRIPTION DE LA FILIERE

### 1. Les piles&accumulateurs

#### 1.1. Définition et classification

La directive 91/157/EEC du 18 mars 1991 définit une pile ou un accumulateur comme « une source d'énergie électrique obtenue par transformation directe d'énergie chimique, constitué d'un ou de plusieurs éléments primaires (non rechargeables) ou éléments secondaires (rechargeables) ».

Les piles&accumulateurs peuvent être classés selon différents critères :

- le type d'utilisation : piles&accumulateurs portables, accumulateurs industriels et batteries de démarrages automobiles ;

- le type d'utilisateur : ménage ou professionnel ;
- le caractère rechargeable ou non ;
- le caractère dangereux ou non (défini par la réglementation) ;
- le caractère intégré ou non dans des appareils électriques ou électroniques.

Tableau 1 : exemple de classification des piles&accumulateurs selon le caractère rechargeable ou non et le type d'utilisation.

	Technologie	Exemples d'utilisations	Type d'utilisation	Usage ménager
Non rechargeable	Piles alcalines et salines	radio-réveil, appareils audio portables, jouets...	Piles et accumulateurs portable (< 1 kg)	X
	Lithium	appareils photo et électroniques, télécommandes...		X
	Piles bouton (zinc-air, oxyde d'argent, oxyde de manganèse et lithium)	montres bracelet, appareils auditifs, calculatrices...		X
Rechargeable	Nickel Cadmium (NiCd)	téléphones sans fil, lumières de secours...	Batteries de démarrage	X
	Nickel Métal Hydride (NiMH)	téléphones portables et sans fil...		X
	Lithium Ion (Li-ion)	téléphones et ordinateurs portables, agendas électroniques...		X
	Acide Plomb	équipements de loisirs	Accumulateurs industriels	X
	Acide plomb	démarrage des véhicules		X
	Acide plomb fixe industriel	système d'alarme, énergie de secours...		
	Acide plomb de traction	chariot élévateur...		
	Nickel Cadmium fixe industriel	satellites, locomotives...		
	Nickel Cadmium mobile	véhicules électriques		X
Nickel Metal Hydride industriel	véhicules hybrides	X		

source : Commission Européenne (2003b)

### 1.2. Caractéristiques techniques des piles et accumulateurs

Selon le type d'utilisation, les caractéristiques techniques sollicitées sont différentes. Par exemple, certaines applications industrielles nécessitent une forte puissance, alors que la plupart des utilisations domestiques privilégient l'autonomie (durée de vie des piles ou nombre de cycles de recharge pour les accumulateurs). La variété des applications explique la variété des types de piles&accumulateurs et la variété des couples électrochimiques utilisés (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : caractéristiques techniques de certains accumulateurs portables.

	NiCd	NiMH	Lithium-ion
Masse moyenne	25 – 45 g	26 – 46 g	26 – 46 g
Densité énergétique	48 – 60 Wh/kg	64 – 90 Wh/kg	104 – 130 Wh/kg
Nombre de cycles	500 – 1000	300 – 800	100 – 600
Energie sur le cycle de vie	24 – 60 kWh/kg	19 – 64 kWh/kg	10 – 78 kWh/kg

source : CJ Rydh, B Svard (2003)

### 1.3. Caractéristiques chimiques des piles et accumulateurs

Les piles et accumulateurs sont essentiellement constitués de métaux. Certains d'entre eux, les métaux lourds, sont dangereux pour la santé et l'environnement. Lorsqu'ils sont usagés, les piles et accumulateurs peuvent faire l'objet de traitements spécifiques, qui permettent de recycler une part de ces métaux (cf. Tableau 3). On distingue les traitements hydrométallurgiques, pyrométallurgiques et thermiques.

Tableau 3 : composition de quelques piles et accumulateurs courants et possibilités de recyclage.

Pile bâton		Pile bouton			
20% de zinc 20% de manganèse 20% de fer 1% de cuivre	recyclable : 61 %	26% de zinc 30% de fer 34% de mercure	recyclable : 90 %		
+ entre 5 et 10% de papier/plastique entre 5 et 10% d'eau électrolyte (KOH, ZnCl <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> Cl), mercure, métaux lourds...		+ électrolyte (KOH, ZnCl <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> Cl), eau, mercure, métaux lourds...			
Accumulateur NiCd		Accumulateur NiMH		Accumulateur Lithium-ion	
15% de cadmium 25% de nickel 35 % d'acier	recyclable : 75 %	40% de nickel 18 % d'acier	recyclable : 58 %	22 % d'acier 17% de cobalt	recyclable : 39 %
+ 25% plastiques, eau...		+ 42% de cobalt, métaux rares, plastiques, eau		+ 7% d'aluminium 7% de cuivre 3% de lithium 44% de plastiques, solvants...	

Source : SCRELEC

## 2. Pressions sur l'environnement

### 2.1. Les métaux lourds dans les piles et accumulateurs

Les pressions sur l'environnement des piles et accumulateurs usagés sont essentiellement dues aux métaux lourds qu'ils contiennent, et en particulier au cadmium (Cd), au mercure (Hg) et au plomb (Pb), dont les caractéristiques chimiques sont décrites dans le Tableau 4.

Tableau 4 : caractéristiques chimiques du plomb, du cadmium et du mercure.

	Plomb	Cadmium	Mercure
Masse atomique	270	112	200
Masse volumique	11,35 g/cm <sup>3</sup>	8,6 g/cm <sup>3</sup>	13,6 g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	327°C	320,9°C	- 38°C
Température d'ébullition	1740°C	765°C	357°C
Symbole chimique	Pb	Cd	Hg
Minerai d'origine	galène	scories du zinc	cinabre

source : office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologique (2001)

La production de piles et accumulateurs est la principale utilisation du cadmium (accumulateurs NiCd) et du plomb (batteries de démarrage automobiles), comme le montre le Tableau 5.

Tableau 5 : part des piles&amp;accumulateurs dans la consommation mondiale de certains métaux lourds.

	Consommation mondiale	Utilisation dans les piles&accumulateurs (en %)
Cadmium (Cd) <sup>(1)</sup>	16 000 - 18 000 t	~ 2/3
Mercure (Hg)	3 000 t (1999) <sup>(2)</sup>	nd
Plomb (Pb) <sup>(3)</sup>	6,25 Mt (1999)	72,5 % (1997)

nd : donnée non-disponible

sources : (1) : « substitution of rechargeable NiCd batteries », août 2000, D. Noréus pour la DG environnement ; (2) : « global mercury assessment », UNEP (décembre 2002) ; (3) : « Risks to health and the environment related to the use of lead in products », TNO (sept. 2001) pour la DG entreprises.

Ces métaux lourds se retrouvent bien évidemment dans les piles&accumulateurs usagés. Si ceux-ci ne sont pas collectés sélectivement, ils se mélangent avec le flux d'ordures ménagères résiduelles et sont traités par incinération ou mise en décharge. Dans chacun de ces modes de traitement, les métaux lourds peuvent avoir un impact important sur l'environnement, que ce soit par émission atmosphérique ou par lixiviation dans les eaux souterraines.

## 2.2. Le traitement des déchets et la pollution par les métaux lourds

Le Tableau 6 illustre, pour le cas de la pollution atmosphérique en France, la contribution du traitement des déchets dans la pollution totale par les métaux lourds. On constate que les unités d'incinération des ordures ménagères contribuent significativement pour le cadmium, le mercure, le plomb et le zinc. En outre, cette contribution est beaucoup plus concentrée que dans le cas des autres secteurs d'activité. Ainsi, en 1998, sur les vingt premiers établissements émetteurs de plomb (respectivement de cadmium et de mercure) dans l'atmosphère, quatorze (respectivement quinze et seize) sont des unités d'incinération d'ordures ménagères<sup>1</sup>.

Tableau 6 : contribution du traitement des déchets aux émissions atmosphériques françaises de certains métaux lourds en 2002.

	Emissions totales	Traitement des déchets		Unités d'incinération des ordures ménagères	
		en kg	en % des émissions totales	en kg	en % des émissions totales
Arsenic (As)	24 500 kg	425 kg	1,7 %	239 kg	1,0 %
Cadmium (Cd)	9 600 kg	2 608 kg	27,2 %	1 882 kg	19,6 %
Chrome (Cr)	242 000 kg	2 502 kg	1,0 %	1 327 kg	0,5 %
Cuivre (Cu)	178 000 kg	6 202 kg	3,5 %	3 512 kg	2,0 %
Mercure (Hg)	11 700 kg	3 501 kg	29,9 %	1 826 kg	15,6 %
Nickel (Ni)	192 000 kg	4 116 kg	2,1 %	2 425 kg	1,3 %
Plomb (Pb)	217 000 kg	24 713 kg	11,4 %	21 063 kg	9,7 %
Sélénium (Se)	14 200 kg	18 kg	0,1 %	18 kg	0,1 %
Zinc (Zn)	1 339 000 kg	205 495 kg	15,3 %	186 183 kg	13,9 %

source : CITEPA / CORALIE format SECTEN – mise à jour février 2004

Le Tableau 7 montre comment les métaux lourds incinérés avec les ordures ménagères se répartissent entre les différents « résidus » (y compris les émissions atmosphériques) de

<sup>1</sup> Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (2001).

l'incinération. La part des émissions et des REFIOM<sup>2</sup> dépend de la température d'ébullition du métal concerné et de l'efficacité du traitement des fumées. Traduire cette efficacité par un simple pourcentage est bien évidemment très approximatif. Nous utiliserons tout de même ces valeurs pour estimer le devenir des métaux lourds entrant dans les incinérateurs via les piles&accumulateurs usagés.

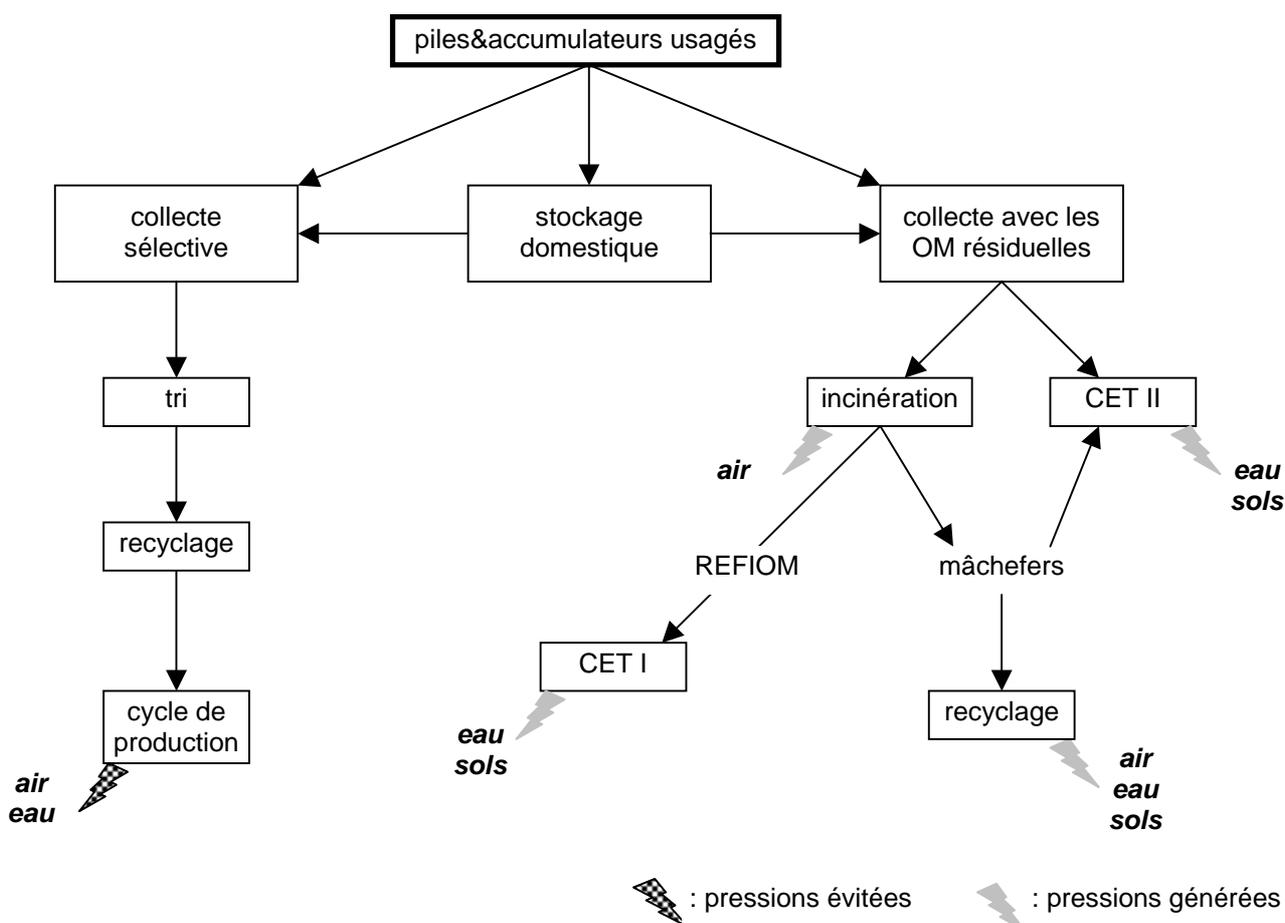
Tableau 7 : répartition de certains métaux lourds dans les « output » de l'incinération (source : Commission Européenne, 1999).

	<b>Mercuré (Hg)</b>	<b>Plomb (Pb)</b>	<b>Cadmium (Cd)</b>
Emissions	72 %	5 %	12 %
REFIOM	24 %	37 %	76 %
Mâchefers	4 %	58 %	12 %
Total	100 %	100 %	100 %

### 2.3. Les émissions de métaux lourds liées aux piles&accumulateurs usagés

Afin d'évaluer l'importance des piles&accumulateurs usagés dans la pollution par les métaux lourds, il est nécessaire de quantifier leurs flux (cf. Figure 1) depuis la fin de vie des produits jusqu'aux émissions des différents modes de traitement.

Figure 1 : flux de métaux lourds liés aux piles&accumulateurs usagés.



<sup>2</sup> Résidus d'épuration des fumées d'incinération d'ordures ménagères.

Les pressions environnementales peuvent survenir, a priori, à tous les stades, depuis la collecte jusqu'au traitement et au recyclage. Néanmoins, les pressions majeures résultent de l'incinération et de la mise en décharge. Aux autres stades, les métaux lourds sont confinés (sauf accident) et ne sont pas émis dans le milieu naturel. Pour le cas du cadmium, une étude européenne (Commission Européenne, 2003b) montre que les émissions liées à l'incinération et la mise en décharge sont au moins 200 fois plus importantes que les émissions liées à la filière recyclage.

A l'inverse, le recyclage en vue de la réintroduction des métaux dans le cycle de production permet d'éviter les pressions liées à l'extraction de matière première vierge. En effet, cette phase, évitée par le recyclage, est source de pollution et de consommation énergétique (cf. Tableau 8).

Tableau 8 : émissions et consommation d'énergie lors de l'extraction et du raffinage de différents métaux.

par kg de métal extrait	Emissions de métal (mg)		Effet de serre (kg CO <sub>2</sub> )	Acidification (kg SO <sub>2</sub> )	Energie (MJ)
	eau	air			
Cadmium	Cd : 6,75	Cd : 9,5	3,8	0,037	70
Nickel	Ni : 0	Ni : 82,5	?	?	159
Zinc	?	?	4,5	0,053	47
Plomb	?	?	2,2	0,023	21

sources : Cd et Ni : d'après Rydh, C.J. (2001) ; Zn, Pb : Norgate, T. E. et Rankin, W. J. (2002)

#### 2.4. Les autres pressions environnementales des piles&accumulateurs usagés

Comme tous les autres déchets, les piles&accumulateurs usagés sont à l'origine de pressions environnementales, qui ne sont pas spécifiques à leur contenu en métaux lourds. Il s'agit principalement des pressions liées aux collectes (sélective ou en mélange, y compris le transport), à l'incinération et à la mise en décharge (cf. Figure 2).

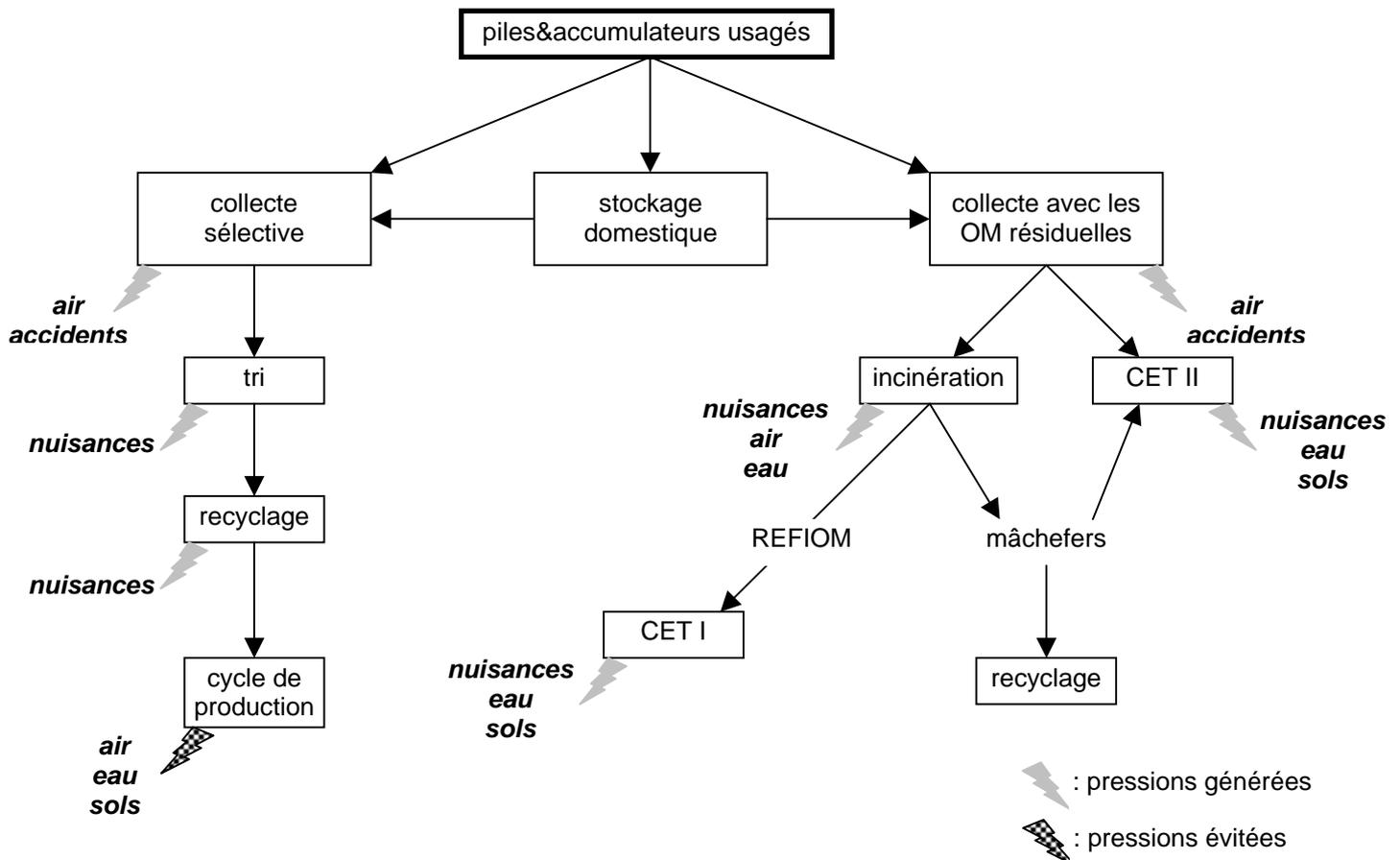
L'ensemble des installations de traitement des piles&accumulateurs usagés peuvent être sources de nuisances<sup>3</sup>. Les piles&accumulateurs ne contenant pas de matière organique, leur contribution à la production de biogaz en décharge est nulle. Par conséquent, nous considérerons que leur stockage n'a pas d'impact sur la pollution de l'air<sup>4</sup> et qu'ils ne contribuent pas à la production énergétique des décharges. De même, la part de matériaux combustibles étant relativement faible (cf. Tableau 3), nous considérerons que les piles&accumulateurs ne contribuent pas à la production énergétique lors de leur incinération, ni aux émissions de gaz à effet de serre. Enfin, le recyclage des piles&accumulateurs permet de réintroduire dans les cycles de production, outre certains métaux lourds, divers matériaux plus banals (acier...). Cette opération permet d'éviter les pollutions émises lors de l'extraction et du raffinage de la matière première vierge.

En conclusion, nous considérerons que toutes les pressions environnementales des piles&accumulateurs usagés sont décrites par la Figure 1 (pressions liées aux métaux lourds) et la Figure 2 (pressions générales hors métaux lourds).

<sup>3</sup> Désagréments causés aux riverains par une installation industrielle (odeurs, bruit, atteinte au paysage...).

<sup>4</sup> L'impact des décharges sur l'air est essentiellement dû à l'émission de gaz à effet de serre.

Figure 2 : pressions environnementales non-spécifiques (hors métaux lourds), liées à la gestion des piles&accumulateurs usagés.



### 3. Réglementation

La filière des piles&accumulateurs est soumise à une réglementation qui tire son origine de la législation européenne. Celle-ci s'est mise en place dans le but de limiter les pressions sur l'environnement des opérations de traitement des déchets, en détournant du flux des ordures ménagères les substances dangereuses, et en particulier le mercure, le cadmium et le plomb. Pour éviter que ces trois éléments toxiques entrant dans la composition des piles&accumulateurs ne se retrouvent dans les déchets ménagers, deux approches complémentaires ont été mises en œuvre : la limitation, en amont, de la teneur en certaines substances des piles&accumulateurs mis sur le marché et la collecte séparée, en aval, des piles&accumulateurs usagés contenant du mercure, du cadmium ou du plomb. Il s'agit d'un exemple de combinaison d'instruments mis en œuvre dans une même optique environnementale.

En France, l'application de cette législation européenne a été difficile puisque la transposition en droit français n'est intervenue qu'en 1997, après une condamnation par la Cour de Justice des Communautés Européennes. La France met en place un dispositif de responsabilité élargie des producteurs (alors que la législation européenne n'y fait pas référence) pour assurer la collecte et le traitement des piles&accumulateurs, détenues par les ménages, contenant certaines matières dangereuses. Très vite, la mise en œuvre s'est heurtée à la difficulté pour le consommateur de différencier les piles&accumulateurs concernés par la collecte séparée et les autres. Dès lors, en 1999, la France étend la collecte séparée à

l'ensemble des piles&accumulateurs. Aujourd'hui, cette extension est envisagée également au niveau européen.

### 3.1. La directive 91/157/CEE du 18 mars 1991

Elle entre en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1993. D'une part, elle interdit la mise sur le marché des piles alcalines au manganèse contenant plus de 0,025 % en poids de mercure. Celles « destinées à un usage prolongé dans des conditions extrêmes »<sup>5</sup> peuvent néanmoins contenir jusqu'à 0,05 % en poids de mercure. Les piles de type « bouton » sont exclues de cette interdiction. D'autre part, elle impose le marquage et la collecte séparée des catégories suivantes :

- piles&accumulateurs contenant :
  - × soit plus de 25 mg de mercure par élément, à l'exception des piles alcalines au manganèse,
  - × soit plus de 0,025 % en poids de cadmium,
  - × soit plus de 0,4 % en poids de plomb,
- piles alcalines au manganèse contenant plus de 0,025 % en poids de mercure.

En outre, les piles&accumulateurs relevant des catégories ci-dessus et incorporés à des appareils doivent pouvoir en être retirés aisément par le consommateur après usage.

Cette directive impose également aux états membres d'établir des programmes visant à réduire la nocivité des piles&accumulateurs ainsi que leur présence dans les ordures ménagères.

### 3.2. La directive 93/86/CEE du 4 octobre 1993

Elle fixe les modalités de marquage des piles&accumulateurs prévu par la directive 91/157/CEE. Ce marquage est constitué d'un bac roulant barré d'une croix indiquant que cette pile ou cet accumulateur doit faire l'objet d'une collecte séparée. Le symbole chimique du métal lourd concerné doit également apparaître.

### 3.3. Le décret n°97-1328 du 30 décembre 1997

Les directives 91/157/CEE du 18 mars 1991 et 93/86/CEE du 4 octobre 1993 devaient être transposées par les états membres avant le 18 septembre 1992 et le 31 décembre 1993, respectivement. La France n'ayant pas respecté ces délais, une procédure en constatation de manquement a été engagée par la Commission Européenne. Cette procédure a abouti le 29 mai 1997 à la condamnation de la République Française par la Cour de Justice des Communautés Européennes.

Afin de se mettre en conformité avec la législation européenne, la France adopte le 30 décembre 1997 le décret n°97-1328. Outre la limitation de mise sur le marché et le marquage prévus par les directives européennes, ce décret met en œuvre, pour les piles&accumulateurs détenus par les ménages, le principe de responsabilité élargie des producteurs (REP) pour répondre à l'obligation communautaire de collecte séparée :

- des piles&accumulateurs contenant :
  - × soit plus de 25 mg de mercure par élément, à l'exception des piles alcalines au manganèse,
  - × soit plus de 0,025 % en poids de cadmium,
  - × soit plus de 0,4 % en poids de plomb,

<sup>5</sup> La directive cite « par exemple » des « températures inférieures à 0 °C ou supérieures à 50 °C » ou l'« exposition à des chocs ».

- des piles alcalines au manganèse contenant plus de 0,025 % en poids de mercure.

Le dispositif impose aux distributeurs de reprendre gratuitement les piles&accumulateurs usagés qui leur sont rapportés par les ménages. De même, les producteurs<sup>6</sup> doivent reprendre ou faire reprendre les piles&accumulateurs usagés récupérés par les distributeurs ou les collectivités locales, dans la limite des quantités qu'ils ont mises sur le marché (le taux objectif de collecte sélective est donc implicitement égal à 100 %). Les utilisateurs autres que les ménages sont tenus d'assurer (ou de faire assurer) la collecte, la valorisation et/ou l'élimination des piles&accumulateurs usagés qu'ils détiennent.

L'ensemble de ces obligations peuvent être satisfaites par la signature de conventions entre les différentes parties prenantes de la filière d'élimination : producteurs, distributeurs, récupérateurs ou affineurs. Ces conventions doivent être préalablement approuvées par les pouvoirs publics.

#### *3.4. La directive 98/101/CE du 22 décembre 1998*

Elle étend, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2000, l'interdiction de mise sur le marché prévue par la directive 91/157/CEE aux catégories de piles&accumulateurs suivants :

- piles&accumulateurs, hors piles de type bouton, contenant plus de 5 ppm de mercure ;
- piles de type bouton contenant plus de 2 % de mercure.

#### *3.5. Le décret n°99-374 du 12 mai 1999*

Moins de 18 mois après son entrée en vigueur, le décret n°97-1328 du 30 décembre 1997 est abrogé par le décret n°99-374 du 12 mai 1999, qui étend le dispositif de reprise obligatoire à l'ensemble des piles&accumulateurs usagés, et non plus seulement ceux contenant certaines matières dangereuses. En effet, la collecte séparée prévue par le décret n°97-1328 s'est très vite heurtée à la difficulté pour les ménages de différencier les piles&accumulateurs concernés et les autres.

Cette extension entre en vigueur immédiatement pour les accumulateurs, et à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2001 pour les piles.

#### *3.6. Le décret n°99-1171 du 29 décembre 1999*

Il modifie le décret n°99-374 en transposant la directive 98/101/CE.

#### *3.7. L'arrêté du 26 juin 2001*

Pris en application de l'article 11 du décret n°99-374, il définit les modalités du système d'information. Quatre types de reporting sont prévus :

- les producteurs, importateurs et distributeurs sous leur propre marque sont tenus de déclarer les quantités mises sur le marché ;
- les utilisateurs non-ménagers qui importent des piles&accumulateurs pour leur propre compte sont tenus de déclarer les quantités concernées ;
- les producteurs, importateurs et distributeurs sous leur propre marque sont tenus de déclarer les quantités qu'ils font valoriser ou éliminer ;
- les personnes physiques ou morales qui valorisent ou éliminent des piles&accumulateurs sont tenus de déclarer les quantités concernées.

<sup>6</sup> Le terme producteur est à comprendre au sens large, c'est-à-dire incluant les importateurs et les distributeurs sous leur propre marque.

L'ADEME est chargée de gérer ce système d'information et d'établir un rapport annuel (ADEME, 2002c ; ADEME, 2003a et ADEME, 2004).

### 3.8. Situation réglementaire au 1<sup>er</sup> janvier 2005 :

La mise sur le marché des catégories suivantes est interdite :

- piles&accumulateurs, hors piles de type bouton, contenant plus de 5 ppm de mercure ;
- piles de type bouton contenant plus de 2 % de mercure.

L'ensemble des piles&accumulateurs usagés détenus par les ménages fait l'objet d'une obligation de reprise gratuite par les distributeurs et d'une obligation de collecte auprès de ces distributeurs par les producteurs.

Ces obligations peuvent être satisfaites par la signature de conventions entre les personnes soumises à ces obligations et leurs partenaires de la filière d'élimination. Ces conventions doivent préciser :

- les objectifs de collecte, de valorisation et d'élimination ;
- les responsabilités respectives des cocontractants en matière opérationnelle (points de collecte, fréquence de la collecte, type de conteneur...), et financière ;
- les moyens d'information mis en œuvre à destination des ménages.

Implicitement, la réglementation impose un taux de collecte de 100 %. Pourtant, d'autres objectifs, moins ambitieux sont présents dans les différentes conventions.

### 3.9. Perspectives

Le 21 novembre 2003, la Commission Européenne a adopté une proposition de directive destinée à remplacer la législation actuelle sur les piles&accumulateurs. Cette proposition est passée en première lecture devant le Parlement Européen, puis devant le Conseil le 20 décembre 2004.

A ce stade de la procédure, les principales caractéristiques du projet sont les suivantes :

- extension du champ à l'ensemble des piles&accumulateurs : il s'agit de l'évolution majeure du projet de directive ;
- interdiction partielle du cadmium dans les piles&accumulateurs portables : l'exemption importante pour les outils de bricolage (et quelques autres applications spécifiques) fait que cette interdiction ne concernerait qu'une petite part de l'ensemble des piles&accumulateurs contenant du cadmium ;
- définition d'objectifs quantitatifs :
  - × recyclage de 100 % des piles&accumulateurs collectés, dans un délai d'un an après l'entrée en vigueur de la directive ;
  - × dans un délai de 3 ans après l'entrée en vigueur de la directive, atteinte des rendements de recyclage suivants :
    - totalité du plomb et au moins 65 % du poids moyen des matériaux contenus dans les piles&accumulateurs acide-plomb ;
    - totalité du cadmium et au moins 75 % du poids moyen des matériaux contenus dans les piles&accumulateurs NiCd ;
    - au moins 55 % du poids moyen des matériaux contenus dans les autres piles&accumulateurs usagés ;
  - × dans un délai de 4 ans (resp. 8 ans) après l'entrée en vigueur de la directive, taux de collecte de 25 % (resp. 45 %) des piles&accumulateurs portables usagés ;
- instauration du principe de REP pour le traitement, le recyclage et l'élimination des piles&accumulateurs portables ; ainsi que pour la collecte, le traitement et le

recyclage des piles&accumulateurs industriels et automobiles. La garantie du financement (assurance recyclage, compte bancaire bloqué...) doit être fournie par le producteur dès la mise sur le marché.

Ce projet de directive reprend de nombreux éléments (REP, garanties financières...) de la directive sur la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques<sup>7</sup>. Le Parlement et le Conseil ont fortement amendé la proposition initiale de la Commission. Les objectifs de collecte apparaissent à ce stade peu ambitieux.

#### 4. Le fonctionnement de la filière des piles&accumulateurs en France

Afin de répondre à leurs obligations réglementaires, certains producteurs se sont regroupés au sein d'éco-organismes, d'autres ont mis en place un dispositif individuel. Chaque dispositif, qu'il soit collectif ou individuel, a présenté aux pouvoirs publics, pour approbation, une convention décrivant les modalités du système de reprise et de valorisation. Au 1<sup>er</sup> septembre 2004, 10 conventions étaient approuvées et en cours de validité :

- dispositifs collectifs :
  - × SCRELEC
  - × COREPILE
- dispositifs individuels :
  - × E. Leclerc
  - × Intermarché, Ecomarché, Bricomarché...
  - × FNAC et SURCOUF
  - × Leroy Merlin
  - × Hyper U, Super U, Marché U
  - × Groupe Boulanger
  - × Décathlon
  - × Distribution Casino France

Les principaux éléments présents dans ces conventions sont :

- Les objectifs de collecte : les dispositifs collectifs prévoient un taux de collecte de 45 à 50 % en 2006.
- Le barème amont (pour les dispositifs collectifs) : pour les piles, les contributions des adhérents sont définies soit à l'unité (et détaillées par type et modèle de piles), soit au poids. Elles s'élèvent à 0,3 – 0,5 €/kg pour les piles alcalines et salines, et de 1 à 2 €/kg pour les piles lithium. Pour les accumulateurs, la contribution est définie au poids et s'élèvent à environ 1,8 €/kg. Ces montants représentent en général moins de 1 % du prix de vente.
- Les moyens de communication : celle-ci est un élément fondamental pour augmenter le taux de collecte. Les dépenses de communication prévues dans les conventions s'élèvent à environ 30 à 40 € par tonne mise sur le marché. Les écoles sont souvent une cible privilégiée par ces efforts de sensibilisation.
- Les contrats avec les collecteurs et les recycleurs.

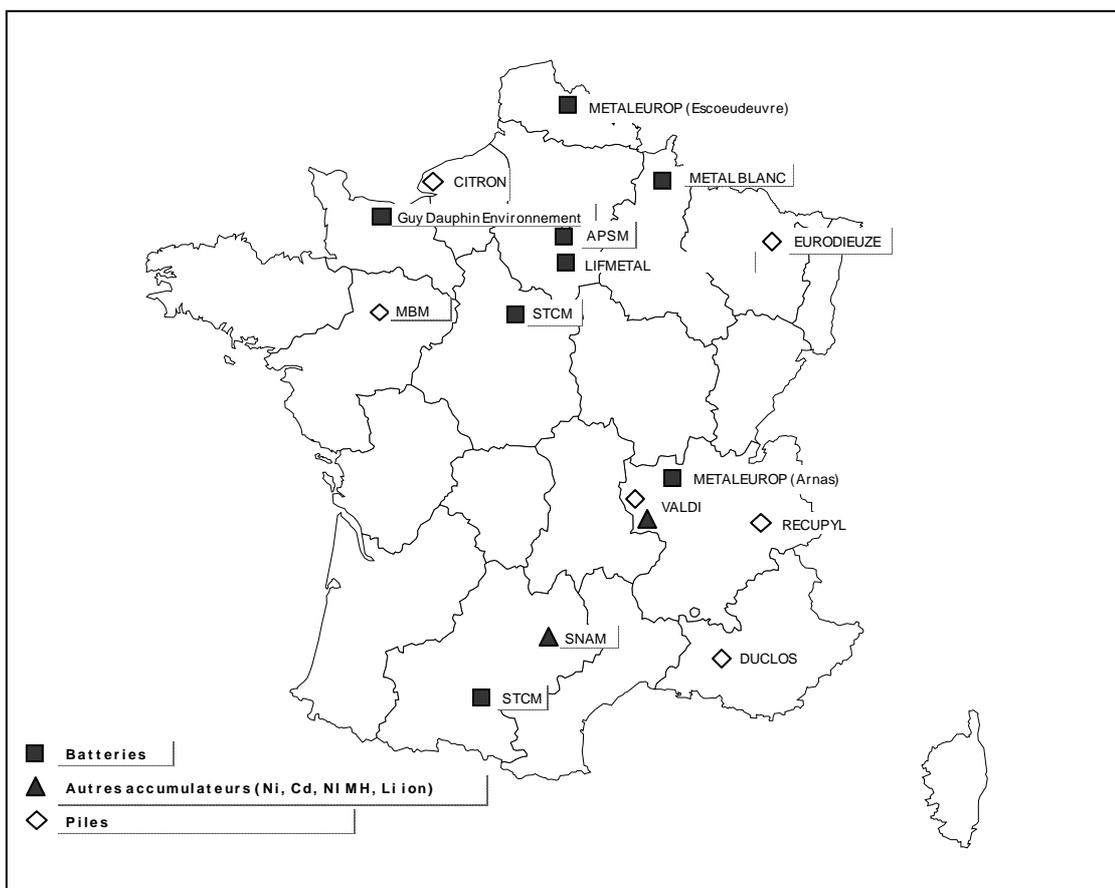
Ces producteurs signent des contrats avec des distributeurs pour mettre à la disposition des consommateurs les points de collecte. Les collectivités locales peuvent aussi être partenaires des producteurs et mettre en place des points de collecte dans leurs déchèteries.

<sup>7</sup> Directive n°2002/96/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) ; JOCE, n° L37, 13 février 2003, pp. 24-38.

Dans le cas des dispositifs individuels, le producteur est également distributeur<sup>8</sup> et il assure lui-même la mise en place des points de collecte. Les producteurs contractualisent également avec des entreprises spécialisées, chargées du ramassage, du tri et du recyclage (cf. Figure 3) des piles&accumulateurs usagés collectés.

Parallèlement à ce dispositif, le système d'information mis en place, au travers des imprimés CERFA 11801, 11802 et 11803, vient nourrir l'observatoire des piles&accumulateurs tenu par l'ADEME.

Figure 3 : implantation des sites de pré-traitement et traitement des piles&accumulateurs en France (source : ADEME, 2004).



La collecte des piles&accumulateurs usagés est fortement influencée par un phénomène particulier : le stockage domestique après utilisation. En effet, lorsqu'ils arrivent en fin de vie, une proportion non négligeable d'entre eux reste chez leurs derniers utilisateurs, intégrés ou non dans des appareils électriques. L'étude Commission Européenne (2003b) évalue ce phénomène à environ 30 % des piles et jusqu'à 60 % des accumulateurs.

On peut trouver une triple explication à ce phénomène :

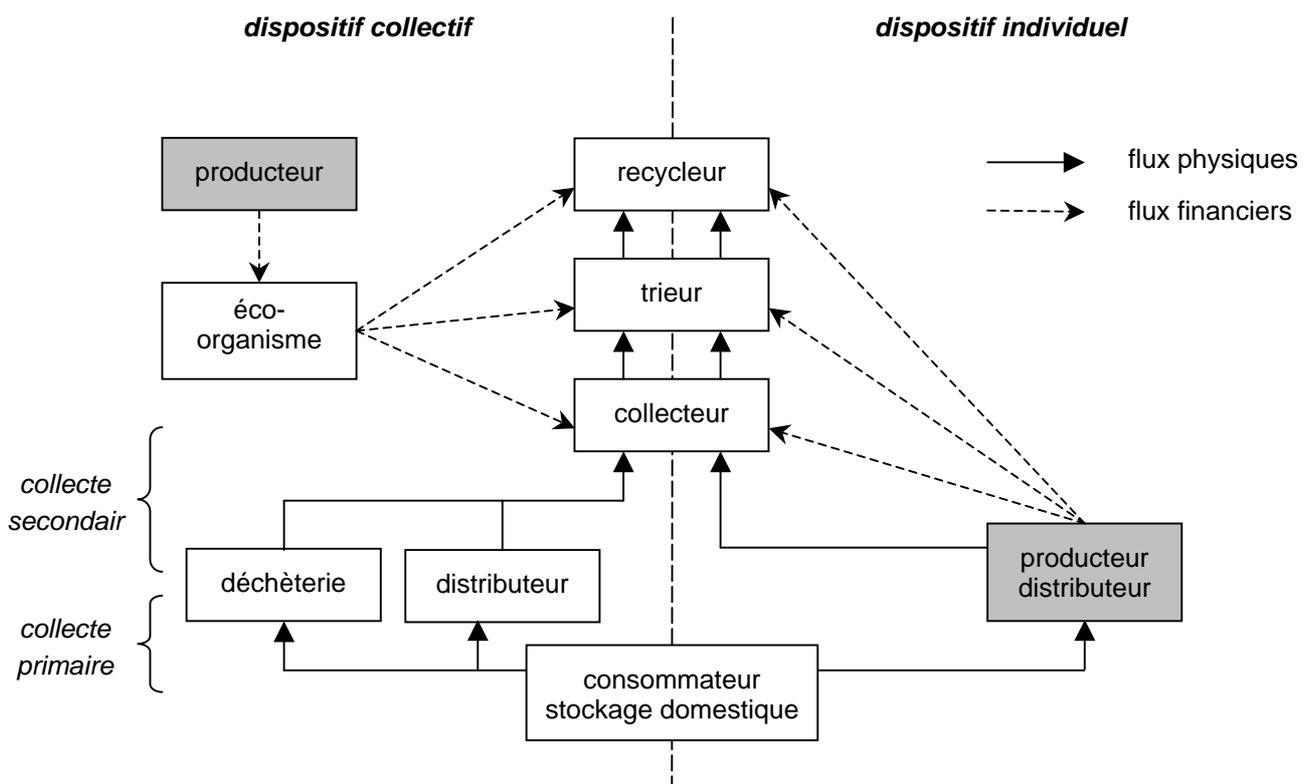
- la prise de conscience de la dangerosité potentielle des piles&accumulateurs usagés ;
- la facilité de stockage (petits volumes) ;
- l'inadaptation de la collecte sélective et le manque d'information.

<sup>8</sup> Il s'agit de distributeurs mettant sur le marché des piles&accumulateurs sous leur propre marque.

Le stockage domestique diminue ainsi le gisement disponible à la collecte. A l'inverse, la mise en place de collectes sélectives peut éventuellement contribuer à un déstockage, ce qui augmente ce gisement. Ce phénomène rend très difficile l'estimation de la quantité de piles&accumulateurs usagés contenus dans le flux des ordures ménagères résiduelles. Seules des études régulières de mesure sont capables de l'évaluer précisément.

Finalement, l'organisation de la filière des piles&accumulateurs est telle que présentée sur la Figure 4.

Figure 4 : schéma de l'organisation des dispositifs collectifs et individuels de collecte et de traitement des piles&accumulateurs usagés.



## 5. Les piles&accumulateurs en tant que filière de REP

Compte tenu des spécificités des piles&accumulateurs et de la réglementation décrite ci-dessus, il est possible de dégager les grandes caractéristiques de cette filière :

- Spécificité des produits concernés :
  - \* ne sont concernés que les piles&accumulateurs usagés en provenance des ménages ;
  - \* ils possèdent des caractéristiques techniques hétérogènes (en durée de vie, en impact environnemental, en valeur de recyclage...) ;
  - \* les producteurs sont nombreux et variés (secteurs automobile, hi-fi, électroménager, bricolage, photographie, piles...) ;
  - \* le réseau de distribution est très dense et diversifié (petits commerces, photographes, grandes surfaces spécialisées, grandes surfaces généralistes...).

- Modalités juridiques :
  - × il s'agit d'un dispositif obligatoire, imposé par la réglementation ;
  - × aucun objectif réglementaire n'est explicitement fixé, mais l'obligation de reprise traduit implicitement un objectif de collecte de 100 % ;
  - × la REP est assumée par plusieurs dispositifs collectifs (éco-organismes) et plusieurs dispositifs individuels (certaines grandes surfaces...).
- Instruments utilisés :
  - × obligation de reprise gratuite par les distributeurs et obligation de reprise par les producteurs auprès des distributeurs ;
  - × aucun outil de financement n'est prévu par la réglementation ;
  - × une interdiction de mise sur le marché de certains produits est utilisée en tant qu'outil complémentaire.
- Partage des responsabilités :
  - × la collecte primaire est de la responsabilité des distributeurs ;
  - × les collectivités locales peuvent mettre en place leur propre système de collecte primaire, mais n'y sont pas tenues par la réglementation ;
  - × les producteurs sont responsables de la collecte secondaire et de la valorisation ou élimination ;
- Système d'information et de contrôle :
  - × reporting annuel auprès de l'ADEME ;
  - × contrôle a priori lors de l'approbation des conventions ;
  - × pas ou peu de contrôle a posteriori ;
  - × pas ou peu d'information à destination des usagers ;

Globalement, on peut conclure que la filière des piles&accumulateurs en France est un dispositif de REP marqué par l'hétérogénéité des produits, des producteurs et des distributeurs et par une responsabilisation totale des producteurs et distributeurs. Par ailleurs, on peut constater que l'implication des pouvoirs publics reste relativement faible, et se limite à l'approbation des conventions.

## 6. Données quantitatives

### 6.1. Sources disponibles

L'ADEME a été chargée par les pouvoirs publics (arrêté du 26 juin 2001) de la gestion du système d'information sur les piles&accumulateurs. Un observatoire a été mis en place à cet effet. Il publie chaque année un rapport résultant de l'analyse et du traitement de l'ensemble des déclarations prévues par l'arrêté du 26 juin 2001. Il s'agit donc de la source privilégiée pour l'ensemble des données concernant la mise sur le marché, la collecte et le traitement des piles&accumulateurs.

L'année 2001 a été l'année de mise en place de ce système de reporting. Il s'agit également d'une année charnière, puisque c'est la première année d'application à l'ensemble des piles&accumulateurs du décret n°99-374 du 12 mai 1999 modifié. Le rapport 2002 a été publié en novembre 2003. Bien qu'il s'agisse de la deuxième année d'obligation de reporting, les données 2002 restent partiellement incomplètes (cas des accumulateurs au plomb).

Les conventions validées par les pouvoirs publics sont également une source d'information, en particulier concernant les modalités d'organisation des systèmes de collecte, les objectifs que se fixent les contractants et les modalités de financement.

## 6.2. Données d'ensemble

Le Tableau 9 présente les données générales de mise sur le marché, de collecte et de traitement des piles et accumulateurs en 2002.

Tableau 9 : mise sur le marché, collecte et traitement des piles&accumulateurs en 2003.

	Mise sur le marché		Collecte <sup>(6)</sup>		Traitement	
	Nombre d'unités	Tonnage <sup>(1)</sup>	Tonnage <sup>(1)</sup>	Taux de collecte <sup>(2)</sup>	Tonnage <sup>(1)</sup>	Taux de traitement <sup>(3)</sup>
<b>Piles</b>	776 132 824	25 791 t	6 152 t	23,8 %	8 210 t	133,4 %
dont : bouton au mercure	220 340	0,6 t	41 t	<sup>(4)</sup>	20 t	48,3 %
salines	126 816 170	6 364 t	5 223 t	20,5 %	6 339 t	121,4 %
alcalines	587 745 193	19 169 t				
Zinc-air	21 742 051	57 t	757 t	1328,1 %	1 695 t	223,9 % <sup>(5)</sup>
Lithium	22 291 099	185 t	131 t	70,8 %	156 t	119,1 %
Autres	17 317 971	15 t				
<b>Accumulateurs</b>	56 558 022	190 088 t	170 412 t	89,6 %	170 715 t	100,2 %
dont : Ni – Cd	12 535 827	1 675 t	938 t	56,0 %	894 t	95,3 %
Ni – MH	13 521 684	545 t	55 t	10,1 %	58 t	105,4 %
Plomb	12 133 226	185 501 t	169 389 t	91,3 %	169 753 t	100,2 %
Lithium	18 206 013	705 t	30 t	4,3 %	10 t	33,3 %
Autres	161 272	1 662 t				
<b>Total piles&amp;accumulateurs</b>	832 690 846	215 879 t	176 564 t	81,8 %	178 925 t	101,3 %
<b>Total piles&amp;accumulateurs hors accumulateurs au Pb</b>	820 557 620	30 378 t	7 175 t	23,6 %	9 172 t	127,8 %

(1) le tonnage est estimé en multipliant le nombre d'unités par le poids moyen de chaque catégorie.

(2) il s'agit d'un taux de collecte apparent calculé en divisant le tonnage collecté en 2003 par le tonnage mis sur le marché en 2003.

(3) le taux de traitement est calculé par le tonnage traité en 2003 divisé par le tonnage collecté en 2003.

(4) pour la collecte et le traitement, entrent dans cette catégorie toutes les piles boutons et pas seulement celles au mercure.

(5) ce taux très élevé s'explique par le traitement des stocks historique de l'entreprise ZIMAVAL (en 2002, 314 t ont été traitées).

(6) il s'agit des quantités entrant dans les sites de traitement et ne tiennent pas compte des stocks présents dans les points de collecte ou de regroupement, qui représentent un total d'environ 1 800 t.

Source : ADEME (2004)

Une première analyse permet de dégager les grands traits suivants :

- Les piles alcalines et salines (classées déchets non dangereux lorsqu'elles sont usagées) représentent 92 % en nombre d'unités et 99 % en masse de l'ensemble des piles mises sur le marché. Seules environ 20 % d'entre elles sont collectées séparément (15 % en 2001 et 28 % en 2002).
- Les accumulateurs au plomb, composés essentiellement des batteries de démarrage, représentent 98 % en masse des accumulateurs mis sur le marché et 86 % de l'ensemble des piles&accumulateurs. Ils bénéficient d'une filière de collecte efficace (la très grande majorité est collecté séparément), existant bien avant la mise en place de la réglementation. La revente du plomb permet en effet de rentabiliser la collecte sélective et le recyclage.
- Globalement, les piles&accumulateurs usagés collectés séparément ont fait l'objet d'un traitement immédiat. Hormis certaines catégories spécifiques, il n'y a pas de phénomène de stockage ou de déstockage massif (si ce n'est le cas des stocks laissés par l'entreprise ZIMAVAL lors de son dépôt de bilan).

### III – ECONOMIE DE LA FILIERE DES PILES ET ACCUMULATEURS PORTABLES USAGES

La filière de recyclage des batteries de démarrage au plomb présente des caractéristiques économiques spécifiques, du fait de son organisation ancienne liée à sa rentabilité. Par conséquent, ce chapitre se consacre uniquement aux piles&accumulateurs portables usagés.

#### 1. Coûts de gestion

Le coût de gestion de la filière de recyclage des piles&accumulateurs portables usagés peut se décomposer de la façon suivante :

- Collecte sélective primaire :
  - × en déchèterie :
    - coût d'apport
    - coûts d'équipement des déchèteries
  - × chez un distributeur :
    - coût d'apport
    - coûts d'équipement des magasins
- Collecte sélective secondaire :
  - × ramassage des points de collecte
  - × remplacement des contenants
  - × transport jusqu'au centre de tri
- Opérations de tri et transport jusqu'au lieu de recyclage
- Opérations de recyclage
- Coûts d'administration et de communication

De la même façon, les coûts de gestion des piles&accumulateurs portables usagés collectés avec les ordures ménagères se décomposent en :

- Collecte résiduelle avec les ordures ménagères
- Incinération avec les ordures ménagères
- Stockage en décharge avec les ordures ménagères

##### 1.1. Sources de données

Concernant les coûts de la filière de recyclage des piles&accumulateurs portables usagés, les différentes conventions approuvées par les pouvoirs publics contiennent les contrats liant les producteurs à leurs prestataires pour les opérations de collecte secondaire, de tri et de recyclage. Les prix facturés par les prestataires sont donc présents dans les conventions. Ces tarifs sont peu différents d'un prestataire à l'autre ou d'une convention à l'autre. Par ailleurs, l'étude menée par BIO IS pour la Commission Européenne (Commission Européenne, 2003b), apporte un ensemble de données sur le coût de la filière de recyclage des piles&accumulateurs dans différents pays d'Europe. Pour la France, les données proviennent de l'analyse du dispositif mis en place par SCRELEC. Il s'agit de la seule étude existante décrivant l'ensemble des coûts pour l'ensemble des piles&accumulateurs. Ce sont ces données que nous utiliserons pour évaluer les coûts de collecte secondaire, de tri et de recyclage. Enfin, l'étude sur le « bilan et les perspectives d'une décennie de recyclage » (ADEME, 2002d) apporte quelques éléments très agrégés sur les coûts de recyclage des piles&accumulateurs. Ces coûts sont repris d'une étude menée par l'ADEME en 1998 (ADEME, 1998).

Concernant la filière ordures ménagères résiduelles, plusieurs sources peuvent être mobilisées, dont :

- ADEME : « *Traitement thermique des déchets ménagers – bilan des 42 opérations françaises aidées par l'ADEME* » (septembre 2002).
- ADEME : « *Le marché des activités liées aux déchets : situation 2002 et perspectives 2003/2004* » (décembre 2003).

### 1.2. Détermination des coûts de gestion

Le coût pour les ménages d'apporter leurs piles&accumulateurs portables usagés au point de collecte (déchèterie ou distributeur) peut être considéré comme nul. En effet, on peut faire l'hypothèse qu'il n'y a pas de déplacement spécifique, compte tenu de la facilité de transport de ces déchets (faibles volumes).

L'étude BIO IS n'apporte pas de données sur le coût d'équipement des points de collecte, car ces coûts sont assumés par les distributeurs ou les collectivités locales. Néanmoins, les estimations pour la Belgique et l'Allemagne s'élèvent respectivement à 56 €/t et 150 €/t. Nous retiendrons une valeur moyenne de 100 €/t, sachant que l'incertitude sur ce chiffre reste importante.

L'analyse du dispositif SCRELEC par BIO IS donne, pour la collecte secondaire, un coût de 457 € par tonne collectée. On peut noter que cette valeur est nettement inférieure à celle avancée par l'étude ADEME 2002d, à savoir un coût de collecte, de groupage et de transport de 969 €/t.

Tableau 10 : coûts de recyclage des différents types de piles&accumulateurs usagés.

Types de piles&accumulateurs usagés	Coûts de recyclage
piles alcalines et salines	1 000 €/t
piles bouton	2 600 €/t
piles Lithium	2 000 €/t
accumulateurs acide-Plomb	1 000 €/t
accumulateurs NiMH	0 €/t
accumulateurs NiCd	300 €/t
accumulateurs Li-ion	1 000 €/t

Source : Commission Européenne (2003b)

Concernant les coûts de recyclage, de grandes disparités existent entre les différents types de piles&accumulateurs usagés (cf. Tableau 10). Celles-ci s'expliquent par le prix de vente des métaux récupérés, par le caractère plus ou moins dangereux (exemple : contenu en mercure) et bien sûr par les procédés techniques utilisés. Ainsi, par exemple, la vente du nickel permet de financer totalement l'opération de recyclage. Globalement, le coût de recyclage moyen se situe à environ 1000 €/t.

Le Tableau 11 récapitule l'ensemble des coûts de gestion et montre très clairement le déséquilibre économique en faveur de la filière des ordures ménagères résiduelles. Le rapport de coûts entre les deux filières varie entre 11 et 30 selon le type de piles&accumulateurs usagés. Par conséquent, en l'absence de contrainte réglementaire, aucune pile usagée et aucun accumulateur portable usagé ne sera recyclé.

Tableau 11 : coûts de gestion des piles&amp;accumulateurs usagés.

Filière recyclage		Filière ordures ménagères résiduelles	
Collecte primaire	100 €/t	Collecte des ordures ménagères résiduelles 60 €/t	
Collecte secondaire	457 €/t		
Tri et transport 152 €/t	0 €/t à 2 600 €/t	Incinération 78 €/t	Stockage en CET II 70 €/t
Recyclage (cf. Tableau 10)			
Administration – communication 790 €/t			
<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
piles alcalines et salines	2 500 €/t	138 €/t	130 €/t
piles bouton	4 100 €/t		
piles Lithium	3 500 €/t		
accumulateurs acide-Pb	2 500 €/t		
accumulateurs NiMH	1 500 €/t		
accumulateurs NiCd	1 800 €/t		
accumulateur Li-ion	2 500 €/t		

source : Commission Européenne (2003b), ADEME (2003b)

## 2. Coûts externes

### 2.1. Sources de données

Les sources d'information spécifiques sur les coûts environnementaux liés aux piles&accumulateurs usagés n'existent pas. L'évaluation des coûts externes passe donc par l'utilisation de sources de données plus générales, sur les émissions atmosphériques de métaux lourds par exemple.

La détermination des coûts externes nécessite trois éléments principaux dont la connaissance est plus ou moins facile à acquérir :

- les pressions (émission physique de polluants) : émissions atmosphériques des incinérateurs (facilement mesurable), fuites à long terme des décharges dans les eaux souterraines (largement inconnues<sup>9</sup>)...
- les impacts (relation entre les pressions et leurs conséquences sanitaires et environnementales) : relations dose – réponse avec ou sans effet de seuil, problème de l'impact à long termes des très faibles doses...
- la valeur monétaire des impacts sanitaires et environnementaux : valeur de la vie humaine, valeur des nuisances (odeurs...)...

La reconstitution de chacune de ces étapes pour obtenir les valeurs monétaires dépasse le cadre de la présente étude. Celle-ci se contentera de rassembler et d'utiliser les données de monétarisation existant dans la littérature. Une revue de cette dernière a permis d'identifier les sources de données de monétarisation disponibles et fiables. Le Tableau 12 présente ces sources en distinguant :

- la monétarisation des impacts spécifiques aux métaux lourds contenus dans les piles&accumulateurs usagés (pressions décrites par la Figure 1) : par exemple, les émissions de métaux lourds lors de l'incinération de piles&accumulateurs usagés ;

<sup>9</sup> L'étude Commission Européenne, 2000b qualifie de « non-mesurable et incertain » l'impact sur la santé et l'écosystème des fuites de décharges dans les sols et les eaux.

- la monétarisation des impacts généraux, hors métaux lourds (correspondant aux pressions décrites par la Figure 2) : émissions des transports lors de la collecte, nuisances des incinérateurs et décharges...

Tableau 12 : sources de données de monétarisation des externalités liées à la gestion des piles&accumulateurs usagés.

Sources et vecteurs d'externalités		Choix des sources parmi les données disponibles	Commentaires
<b>monétarisation des impacts spécifiques aux métaux lourds</b>			
Incinération	air	Rabl et Zoughaib, 2004	reprise de valeurs élaborées dans le cadre du projet ExternE
	eau	pas de données disponibles	
CET I	eau	pas de données disponibles	
	sols		
CET II	eau	pas de données disponibles spécifiques aux métaux lourds	
	sols		
Recyclage des mâchefers	air	pas de données disponibles	
	eau		
	sols		
<b>monétarisation des impacts généraux (hors métaux lourds)</b>			
Collecte sélective des piles et accumulateurs	air	Commissariat Général du Plan (2001)	calcul effectué à partir des sources ci-contre en considérant qu'une tonne de piles et accumulateurs usagés fait 25 km en PL et 225 km en VL (d'après données Corepile)
	accidents	Commission Européenne (1996a), Commissariat Général du Plan (2001)	
Collecte résiduelle	air	Commissariat Général du Plan (2003b)	reprise des valeurs de l'étude Commission Européenne (1996a)
	accidents		
Incinération	nuisances	pas ou très peu de données disponibles	très peu d'études spécifiques ; utilisation des valeurs obtenues dans le cas des décharges
	air	Commissariat Général du Plan (2003b)	normes d'émissions utilisées : législation et circulaires en vigueur en France en 2003 et NO <sub>x</sub> limités à 300 mg/Nm <sup>3</sup>
	eau	pas ou très peu de données disponibles	
CET I	nuisances	MEDD/D4E (2003) DEFRA (2003)	transfert de valeur du cas d'un CET II vers le cas d'un CET I
	eau	pas de données disponibles	
	sols		
CET II	nuisances	MEDD/D4E (2003) DEFRA (2003)	l'analyse faite par le Commissariat Général du Plan (2003b) montre que les très rares données disponibles sont trop peu fiables
	eau	données non utilisables	
	sols		
Tri – recyclage des piles et accumulateurs	nuisances	pas de données disponibles	transfert des valeurs obtenues dans le cas des décharges

Les données disponibles les plus fiables concernent la pollution atmosphérique par les incinérateurs. Une étude menée actuellement pour le compte de l'Ademe (Rabl et Zoughaib, 2004) reprend les valeurs utilisées dans le cadre du projet ExternE. La monétarisation des autres impacts est beaucoup moins évidente, du fait de l'absence de données, de transferts de

valeurs hasardeux et du manque de détail (qui ne permet pas d'évaluer le coût externe lié spécifiquement aux piles&accumulateurs usagés).

Concernant la monétarisation des impacts généraux, nous utiliserons essentiellement une étude réalisée en 2003 pour l'instance d'évaluation de la politique du service public des déchets ménagers et assimilés (Commissariat Général du Plan, 2003b), qui réalise une revue des connaissances existant dans ce domaine.

L'insuffisance des données n'est pas un obstacle insurmontable pour évaluer le coût externe des piles&accumulateurs usagés, à condition qu'il soit possible d'identifier et de monétariser les impacts dont le coût environnemental est prépondérant.

### *2.2. Coûts externes prépondérants spécifiques aux métaux lourds*

La pollution atmosphérique par les métaux lourds émis par les incinérateurs a fait l'objet d'études dans le cadre du projet ExternE. Les valeurs obtenues sont 18 300 €/t de Cadmium et 2 530 €/t de Nickel. Compte tenu des émissions totales de Cadmium et de Nickel par les UIOM (cf. Tableau 6), le coût externe national correspondant s'élève respectivement à 33 200 € et 4 200 €, les piles&accumulateurs usagés n'étant évidemment pas la source unique de cette pollution.

L'impact de l'incinération sur la pollution des eaux dépend de la technologie utilisée pour dépolluer les fumées. En l'absence de données précises sur ces coûts externes, nous n'en tiendrons pas compte, considérant qu'ils sont probablement peu significatifs<sup>10</sup>.

L'impact des fuites de métaux lourds dans l'eau et les sols des CET de classe I (qui accueillent les REFIOM) n'a pas été évalué. Compte tenu des fortes contraintes réglementaires qui pèsent sur ce type de décharge en France, nous considérerons que ces fuites sont négligeables et que le coût externe correspondant est nul.

Concernant les CET de classe II, aucune étude n'évalue le coût des fuites de métaux lourds dans l'eau et les sols. Les seules données existantes, rares et entachées de fortes incertitudes, concernent les fuites de lixiviats de déchets en général. Par ailleurs, les métaux lourds contenus dans les lixiviats peuvent avoir un impact sur l'environnement, même en considérant qu'il n'y a aucune fuite dans le sous-sol. En effet, le traitement des lixiviats récupérés n'est pas efficace à 100%. Mais aucune donnée ne permet de quantifier cet impact.

Le recyclage des mâchefers consiste à utiliser ces résidus d'incinération en travaux publics. Pour cela, ils doivent respecter certaines normes sur la lixiviation des métaux lourds. Si elles n'évitent pas toute fuite de métaux lourds dans le milieu naturel, ces normes permettent de les limiter. Par conséquent, nous ne tiendrons pas compte des éventuels impacts (liés aux métaux lourds) du recyclage des mâchefers.

### *2.3. Coûts externes prépondérants pour les impacts généraux*

Les nuisances des CET ont fait l'objet d'une évaluation contingente sur un site français (MEDD/D4E, 2003) et d'une évaluation par les prix hédoniques sur l'ensemble des sites de Grande-bretagne (DEFRA, 2003). La première étude, qui présente l'avantage d'analyser un site français, aboutit à un coût compris entre 0,3 et 1,5 € par tonne de déchets enfouis. La seconde étude, dont l'avantage est de considérer un grand nombre de sites, donne une fourchette de 2,16 à 3,10 €/t<sup>11</sup>. Nous retiendrons la valeur de 2 €/t. Le choix de cette valeur peut se justifier par deux arguments : le site français étudié fait partie des décharges françaises bien gérées sur

<sup>10</sup> Le rapport « Economic evaluation of the draft incineration directive » (Commission Européenne, 1996b) estime également que les impacts sur l'eau sont probablement négligeables, mais ne présente aucune étude permettant d'étayer cette affirmation.

<sup>11</sup> Taux de conversion au 23/12/2003 : 1 € = 0,703 £.

le plan environnemental ; les décharges britanniques présentent globalement un niveau de protection environnementale inférieur à celui de leurs homologues françaises.

Nous prendrons cette même valeur pour les nuisances des autres installations (incinérateurs, centres de tri et de recyclage), car très peu d'études spécifiques ont été menées à ce sujet.

Les coûts externes de la collecte des ordures ménagères en mélange peuvent être évalués à environ 11 €/t (Commissariat Général du Plan, 2003b). On peut noter que les accidents représentent plus de 90 % de ce montant, le reste provenant de la pollution atmosphérique.

La collecte sélective des piles&accumulateurs n'a fait l'objet d'aucune étude d'évaluation des coûts externes. Elle est très spécifique (collecte auprès des distributeurs et des déchèteries) et il n'est pas possible d'utiliser des données concernant la collecte sélective des recyclables classiques (emballages). Un calcul spécifique a donc été mené. Des données de Corepile permettent d'estimer les distances de transport des piles&accumulateurs usagés à 225 km/t en véhicule léger et 25 km/t en poids lourd<sup>12</sup>. Le coût kilométrique de l'impact sur l'air provient du rapport Boiteux (Commissariat Général du Plan, 2001) et celui des accidents résulte d'un calcul à partir de données du rapport Boiteux et de la Commission Européenne (CE 1996a). On obtient ainsi un coût de 11€/t pour la pollution atmosphérique et de 30 €/t pour les accidents.

L'impact de l'incinération sur la pollution atmosphérique et le réchauffement climatique dépend des normes d'émissions qui sont appliquées. Nous prendrons en considération la directive de 2000<sup>13</sup>. Comme précisé plus haut, nous négligerons la contribution des piles&accumulateurs aux émissions de CO<sub>2</sub> et à la production d'énergie. On obtient alors un coût externe d'environ 28 €/t (Commissariat Général du Plan, 2003b) pour les émissions atmosphériques de l'incinération. Notons que cette valeur passe à 16 €/t si l'on applique une limitation des NO<sub>x</sub> à 80 mg/Nm<sup>3</sup>.

De la même façon que dans le cas des métaux lourds, l'impact de l'incinération sur l'eau est considéré comme étant négligeable.

L'impact des CET de classe I sur l'eau et les sols est inconnu. Nous négligerons cet impact du fait des fortes contraintes d'étanchéité pesant sur ce type d'installations.

L'impact des CET de classe II sur l'eau et les sols est également très peu connu. Le Commissariat Général du Plan (2001) estime que les données disponibles sont « peu fiables », provenant d'« une seule référence » et obtenues par une « méthode approximative ». Par conséquent, nous ne tiendrons pas compte de ces pollutions ou risques de pollution.

#### *2.4. Récapitulatif des coûts externes*

Le Tableau 13 récapitule les coûts externes retenus pour l'analyse coûts – avantages.

<sup>12</sup> Véhicule léger utilitaire du point de collecte jusqu'au centre de regroupement et poids lourd de 20 t du centre de regroupement au centre de recyclage.

<sup>13</sup> Directive 2000/76/CE du 4 décembre 2000 (JOCE du 28 décembre 2000).

Tableau 13 : valeurs monétaires des externalités liées à la gestion des piles&amp;accumulateurs usagés.

Sources et vecteurs de pollution		Coûts externes	Source des données
<b>monétarisation des impacts spécifiques aux métaux lourds</b>			
Incinération	air	Cd : 39 € par kg de polluant émis Ni : 3,8 € par kg de polluant émis Pb : 1600 € par kg de polluant émis Hg : 1000 € par kg de polluant émis	Rabl et Zoughaib, 2004 (méthode ExternE)
<b>monétarisation des impacts généraux (hors métaux lourds)</b>			
Collecte sélective	air	11 € par tonne de piles&accumulateurs collectés	d'après Commissariat Général du Plan (2001)
	accidents	30 € par tonne de piles&accumulateurs collectés	d'après Commissariat Général du Plan (2001) et Commission Européenne (1996a)
Collecte résiduelle	air	1 € par tonne de déchets collectés	Commissariat Général du Plan (2003b)
	accidents	10 € par tonne de déchets collectés	
Incinération	nuisances	2 € par tonne de déchets incinérés	transfert de valeur
	air	28 € par tonne de déchets incinérés	Commissariat Général du Plan (2003b)
CET I	nuisances	2 € par tonne de déchets stockés	transfert de valeur
CET II	nuisances	2 € par tonne de déchets stockés	MEDD/D4E (2003) DEFRA (2003)
Tri – recyclage des piles et accumulateurs	nuisances	2 € par tonne de piles&accumulateurs recyclés	transfert de valeur

### 3. Bénéfices externes

Les bénéfices externes liés au recyclage des piles&accumulateurs trouvent leur source dans les impacts environnementaux évités aux stades de l'extraction et du raffinage des matières premières vierges. Les valeurs monétaires correspondant à ces impacts sont rassemblées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : valeurs monétaires des bénéfices externes liées au recyclage de certains métaux entrant dans la composition des piles&amp;accumulateurs.

Métal recyclé	Bénéfice externe du recyclage	Source des données de monétarisation
Cd	1,56 €/ kg	D'après les impacts évités présentés dans le Tableau 8 et les valeurs de monétarisation données par Rabl et Zoughaib, 2004 (méthode ExternE)
Ni	3,09 €/ kg	
Zn	1,18 €/ kg	
Pb	0,53 €/ kg	
Fe acier	0,54 €/ kg	Commissariat Général du Plan (2003b)

Le Commissariat Général du Plan (2003b) estime les bénéfices externes du recyclage des métaux ferreux et non-ferreux à environ 540 €/t et 1700 €/t respectivement. Ces valeurs provenant d'une seule étude (Commission Européenne, 1996a) sur le recyclage des déchets municipaux, les chiffres obtenus concernent quasi exclusivement l'acier et l'aluminium.

Pour les autres métaux, le Tableau 8 donne, pour certains d'entre eux, les impacts environnementaux qui peuvent être évités par le recyclage. Le bénéfice externe correspondant

a été obtenu en utilisant les coûts unitaires de Rabl et Zoughaib (2004), sauf pour l'énergie économisée, pour laquelle nous avons retenu le coût externe de la production d'électricité à partir de charbon<sup>14</sup>, soit 0,07 €/kWh, déterminé dans le cadre du projet ExternE.

Pour le mercure, le manque de données nous conduit à négliger le bénéfice externe de son recyclage. Nous reviendrons sur ce point lors de l'analyse de sensibilité.

## 4. Analyse coûts – avantages

### 4.1. Méthodologie

L'analyse coûts – avantages est réalisée sur la base des piles&accumulateurs mis sur le marché actuellement (données 2003), conformément à la réglementation en vigueur. Il s'agit donc d'une analyse du régime de croisière induit par cette réglementation et non pas des coûts réels actuels. Ainsi, les anciennes piles contenant de forts taux de mercure, dont la commercialisation est aujourd'hui interdite, mais qui se trouvent encore dans le flux de déchets, ne sont pas prises en compte.

Par ailleurs, les paramètres de coûts utilisés sont ceux estimés actuellement. Ils résultent donc du taux de collecte sélective actuel. Or plus ce taux augmente, plus le coût unitaire de la collecte sélective est susceptible d'augmenter. Mais dans l'analyse réalisée, nous avons considéré que les coûts unitaires de gestion et externes ne varient pas en fonction du taux de collecte sélective.

Deux arguments ont motivé cette hypothèse simplificatrice :

- il est très difficile d'estimer quels seraient les coûts si le taux de collecte sélective était différent de celui constaté actuellement ;
- le coût de gestion moyen de la filière recyclage varie probablement peu en fonction du taux de collecte sélective, car les gisements sont tous relativement homogènes et l'essentiel du coût provient du processus de recyclage et non de la collecte sélective.

Par conséquent, l'analyse coûts – avantages réalisée ne permet pas de déterminer un quelconque taux de collecte sélective optimal. Elle permet tout au plus de déterminer quelle est la filière à privilégier, c'est-à-dire celle présentant le coût social le moins élevé.

### 4.2. Résultats généraux

Le Tableau 15 présente les coûts de gestion et les coûts et/ou bénéfiques externes pour la filière résiduelle (collecte et traitement en mélange avec les ordures ménagères) et la filière recyclage (collecte sélective, tri et recyclage).

Il apparaît que les coûts de gestion de la filière recyclage sont extrêmement élevés, très largement supérieurs aux coûts de gestion de la filière résiduelle. Du point de vue des coûts sociaux, le recyclage ne se justifie pour aucun type de piles&accumulateurs (sauf les piles bouton au mercure), même si pour certains, les bénéfiques externes du recyclage dépassent les 1000 €/t.

On peut distinguer un groupe relativement homogène parmi l'ensemble des piles&accumulateurs. Il s'agit des piles salines, alcalines, zinc-air et des piles&accumulateurs au lithium. Leurs impacts environnementaux sont limités lorsqu'ils sont gérés en mélange avec les ordures ménagères, alors que le coût de leur recyclage est très important.

<sup>14</sup> L'extraction et le raffinage des métaux se fait essentiellement dans des pays en voie de développement, pour lesquels la source d'énergie principale reste le charbon.

Tableau 15 : coût des filières de gestion des piles&accumulateurs (le calcul de ces coûts est détaillé en annexe 3).

		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t

Les piles bouton au mercure présentent un coût social extrêmement élevé, quelle que soit la filière de traitement, même si le recyclage est nettement préférable. Le coût externe de la filière résiduelle provient essentiellement des émissions atmosphériques de mercure des incinérateurs<sup>15</sup>. Ce résultat plaide pour interdire au maximum la mise sur le marché de ce type de piles. La réglementation actuelle a donc très pertinemment pris cette orientation. La question du seuil optimum de taux de mercure reste néanmoins posée : fallait-il descendre jusqu'à 5 ppm ? L'analyse de sensibilité répondra à cette question.

Le coût social de gestion des accumulateurs usagés NiCd est relativement élevé : quelle que soit la filière de traitement, le coût social dépasse les 450 €/t. Là encore, les émissions atmosphériques de nickel et de cadmium par les incinérateurs expliquent le coût de la filière résiduelle. Nous reviendrons plus loin sur ces résultats.

Enfin, concernant les accumulateurs NiMH, il n'est pas possible de trancher en faveur de l'une ou l'autre filière. En effet, les coûts sociaux sont proches et ne permettent pas de décider compte tenu des incertitudes qui pèsent sur eux. Ces coûts restent à des niveaux relativement peu élevés, ce qui ne justifie pas de faire des efforts importants pour en limiter l'utilisation.

#### 4.3. Analyse de sensibilité

De nombreuses données utilisées pour l'analyse coûts – avantages sont entachées de fortes incertitudes. Une analyse de la sensibilité des résultats à ces données a été réalisée. Les résultats détaillés sont présentés en annexe 2.

- Bénéfice externe du recyclage du mercure : sa valeur n'influence que le coût externe de la filière recyclage des piles bouton au mercure, mais sans remettre en cause la comparaison entre filières (cf. Tableau 16). Pour les autres types de piles&accumulateurs, aucune influence n'est observée, les traces de mercure présentes (< 5 ppm) étant trop faibles. L'analyse coûts – avantages faite en négligeant le bénéfice externe du recyclage du mercure reste donc totalement pertinente.

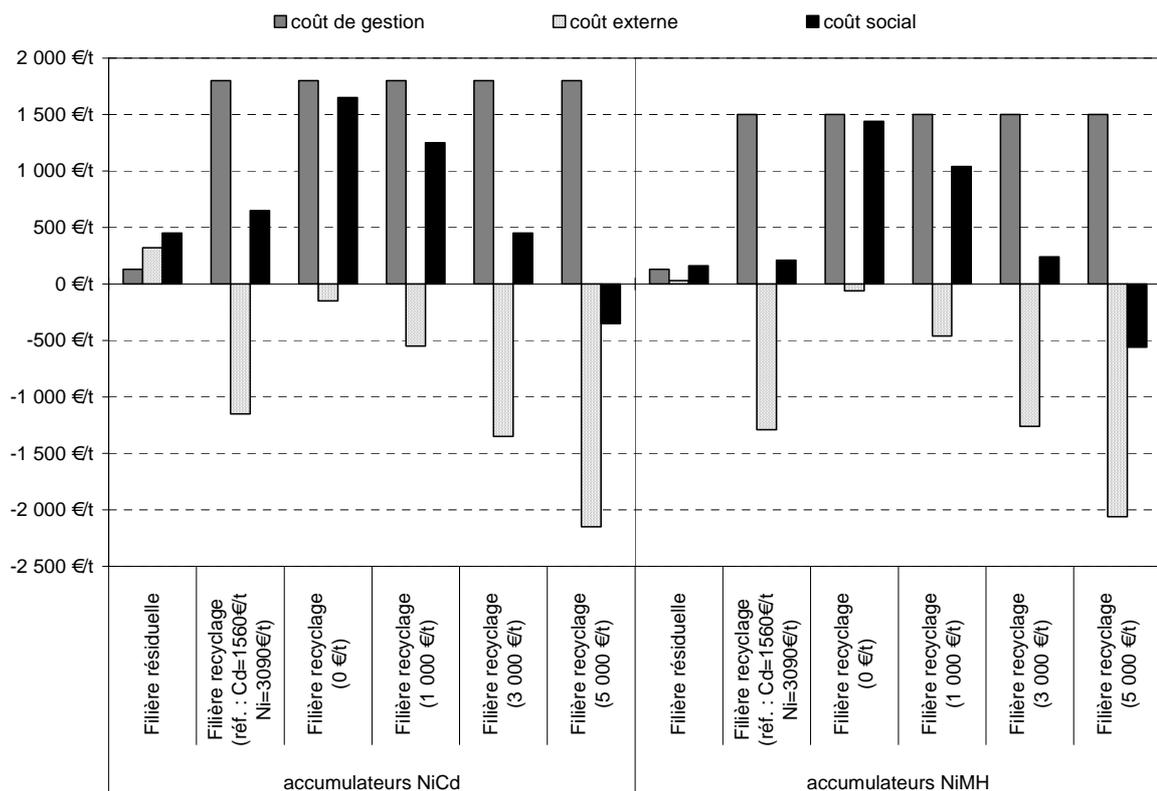
<sup>15</sup> Rappelons toutefois que la pollution des décharges par les métaux lourds n'a pas été prise en compte du fait du manque d'information sur le sujet.

Tableau 16 : influence du bénéfice externe du recyclage du mercure sur l'analyse coûts – avantages de la gestion des piles bouton au mercure.

Bénéfice externe du recyclage du mercure	Coût social de la filière résiduelle	Filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social
0 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
1 000 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 220 €/t	3 880 €/t
3 000 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 260 €/t	3 840 €/t
5 000 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 300 €/t	3 800 €/t

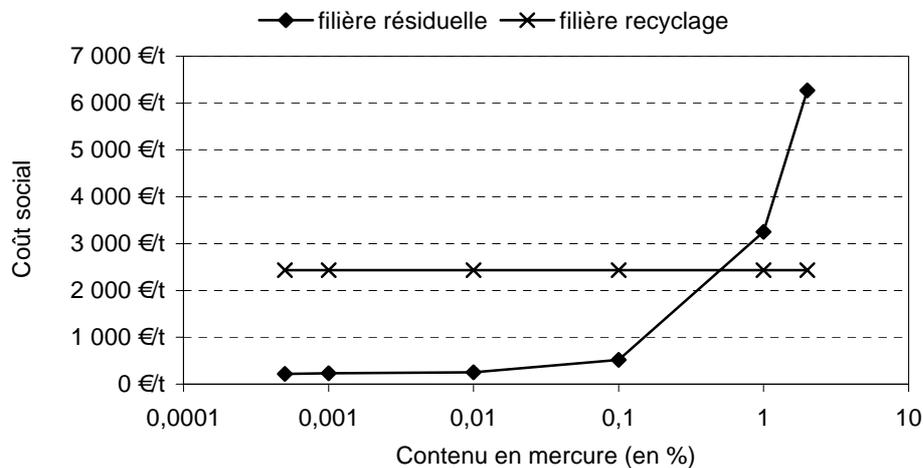
- Bénéfice externe du recyclage du cadmium et du nickel : la Figure 5 montre que son influence sur l'analyse coûts – avantages de la gestion des accumulateurs NiCd et NiMH usagés est fondamentale. Tant que ce bénéfice reste inférieur à 3000 €/t, la filière résiduelle reste socialement préférable, au-delà, il est souhaitable de recycler.

Figure 5 : influence du bénéfice externe du recyclage du cadmium et du nickel (valeur entre parenthèse) sur la comparaison entre filières de gestion des accumulateurs NiCd et NiMH.



- Contenu en mercure des piles alcalines (hors piles boutons) : il est aujourd'hui limité à 5 ppm. Mais ce seuil se justifie-t-il d'un point de vue économique ?

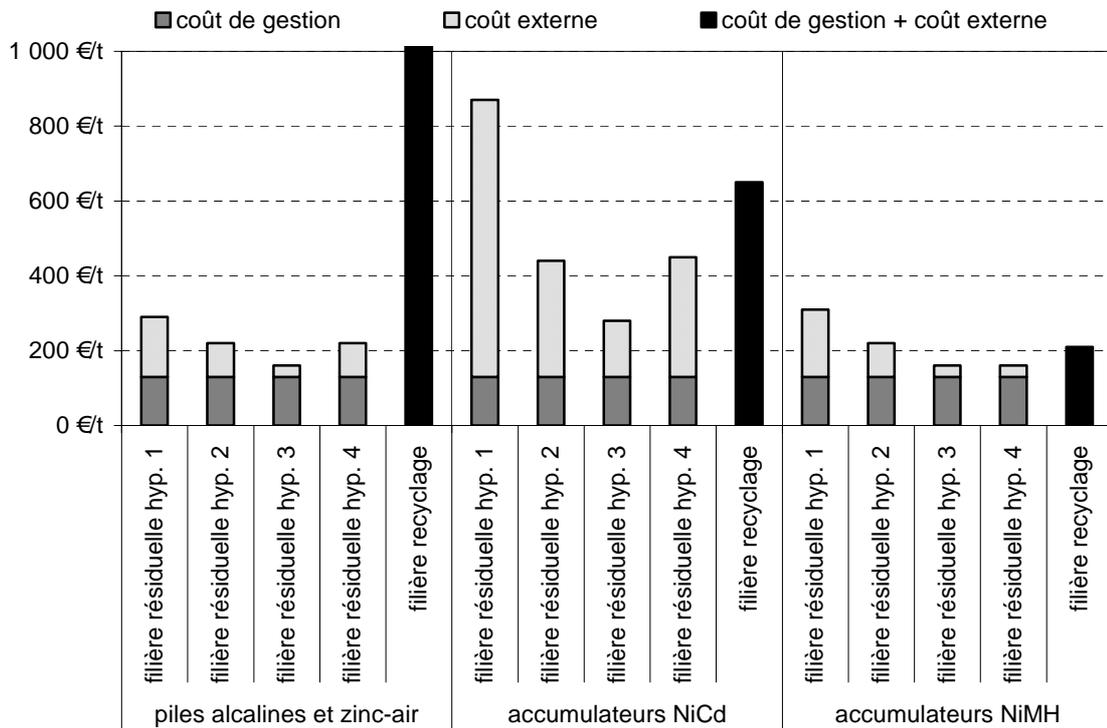
Figure 6 : influence du contenu en mercure sur le coût social des filières de gestion des piles alcalines.



La Figure 6 montre que jusqu'à un taux d'environ 0,5 %, la filière résiduelle est préférable, mais génère tout de même un coût social qui peut s'élever à près de 2 500 €/t. En-dessous de 0,01 % (100 ppm), le coût social de la filière résiduelle reste quasi-constant. Le seuil réglementaire de 5 ppm apparaît donc très sévère au regard des gains environnementaux qu'il procure (le passage de 100 ppm à 5 ppm permet de gagner 30 €/t sur le coût social de la filière résiduelle, soit 12 %). L'analyse mériterait néanmoins d'être poursuivie, afin d'évaluer l'intérêt économique de porter le seuil de 5 à 100 ppm. En effet, si la limitation à 5 ppm n'entraîne pas de coûts de production plus élevés qu'une limitation à 100 ppm, le seuil actuel reste justifié.

- Répartition des métaux lourds dans les « outputs » de l'incinération : l'impact environnemental de la filière résiduelle provient essentiellement des émissions atmosphériques des incinérateurs. Les hypothèses faites sur la part des métaux lourds se retrouvant dans l'air, est importante (cf. Figure 7). C'est particulièrement vrai pour les accumulateurs NiCd. Avec une hypothèse d'émissions atmosphériques élevées, le recyclage des accumulateurs NiCd et NiMH n'est plus justifié.

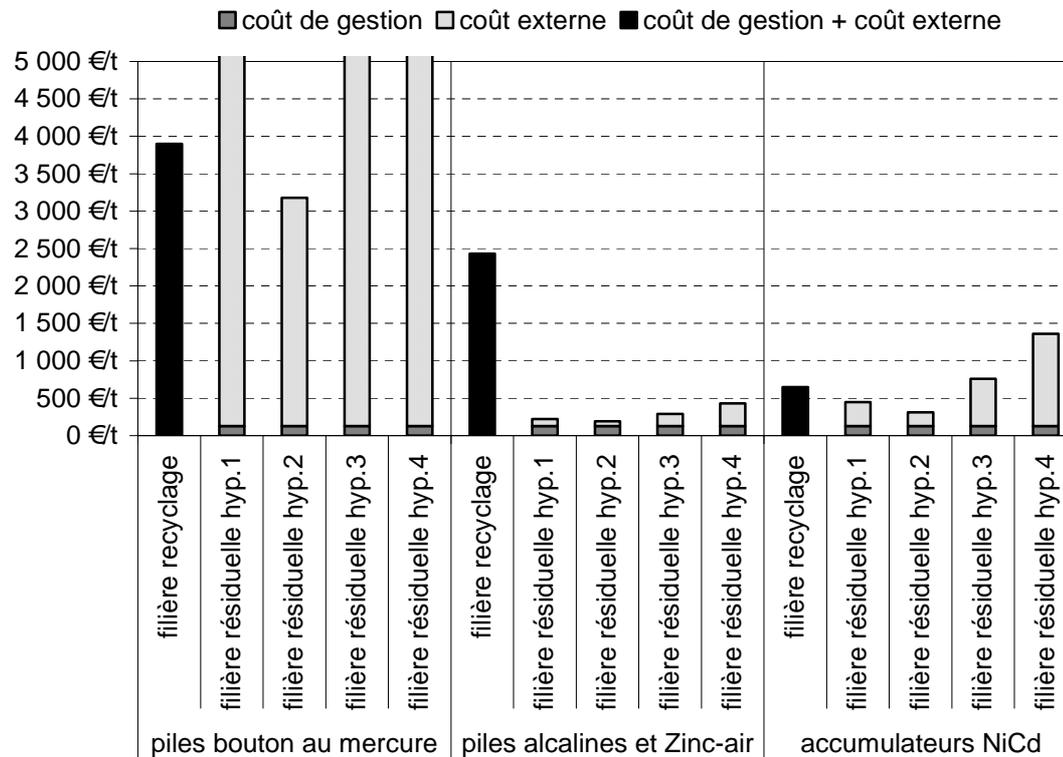
Figure 7 : influence de la répartition des métaux lourds dans les résidus d'incinération sur le coût social des différents filières.



hyp. 1 : émissions atm. élevées ; hyp. 2 : émissions atm. moyennes ; hyp. 3 : émissions atm. faibles ; hyp. 4 : référence = Tableau 7 ; cf. annexe 2 pour les valeurs exactes.

- Coût externe des émissions de métaux lourds par les incinérateurs : l'évaluation monétaire de la pollution de l'air par les métaux lourds est l'objet d'incertitudes. Il est donc utile d'analyser comment se modifient les résultats lorsque les coûts unitaires (euros par kg de polluant émis) retenus sont différents. La Figure 8 montre que la préférence pour la filière résiduelle pour les piles alcalines et Zinc-air est très robuste. Pour les piles bouton au mercure, il faut faire l'hypothèse de coûts externes faibles pour que le recyclage ne soit plus rentable. Pour les accumulateurs NiCd, multiplier les coûts externes unitaires d'un facteur 2 suffit à renverser la hiérarchie entre filières.

Figure 8 : influence du coût externe des émissions atmosphériques de métaux lourds sur le coût social des différentes filières.



hyp. 1 : référence = Tableau 13 ; hyp. 2 : référence / 2 ; hyp. 3 : référence x 2 ;  
hyp. 4 : référence x 4 ; cf. annexe 2 pour les valeurs exactes.

#### 4.4. Conclusion

Finalement, l'analyse coûts – avantages montre qu'il n'est pas justifié économiquement de collecter sélectivement et de recycler les piles&accumulateurs, à l'exception des piles bouton au mercure et des accumulateurs NiCd sous certaines conditions.

Le recyclage des piles bouton au mercure est toujours préférable, sauf en cas d'hypothèse basse pour le coût externe des émissions de mercure dans l'air. Mais dans tous les cas, le coût social de gestion de la fin de vie de ces piles dépasse les 3 000 €/t. Il serait donc souhaitable de limiter leur utilisation au strict nécessaire.

Pour les piles salines, alcalines et zinc-air ainsi que les piles et accumulateurs au lithium, la filière recyclage ne se justifie pas du point de vue économique. Ce résultat n'est remis en cause qu'en cas de fort taux de mercure (plus de 0,5 %). Mais le coût pour la société est alors élevé (environ 2 500 €/t). La limitation du mercure prévue par la réglementation est donc pertinente, même si le seuil retenu apparaît sévère au regard des bénéfices environnementaux qu'il procure. Par ailleurs, il est intéressant de noter que les conclusions de l'analyse coûts – avantages rejoignent les motivations de la première réglementation européenne sur le sujet (directive 91/157/CEE du 18 mars 1991), qui n'imposait que la collecte sélective des piles&accumulateurs contenant du mercure, du cadmium ou du plomb.

La gestion de la fin de vie des accumulateurs NiMH est relativement peu coûteuse. Mais le coût social de leur recyclage dépend de façon importante du bénéfice externe du recyclage du nickel. Finalement, il apparaît préférable de laisser les accumulateurs NiMH dans le flux des ordures ménagères, ce qui garantit un coût social limité. Cette conclusion serait à modifier s'il

s'avère que le recyclage du Nickel apporte des bénéfices encore plus importants que ceux, déjà élevés, retenus dans cette étude.

Tableau 17 : coût social total de différents scénarios de gestion des piles&accumulateurs usagés.

<i>coût social total</i>		situation actuelle	collecte sélective et recyclage à 100 %	aucune collecte sélective	aucune collecte sélective et interdiction du NiCd
piles	bouton au mercure	?	2 300 €	3 700 €	3 700 €
	salines	4 052 000 €	15 464 500 €	1 018 200 €	1 018 200 €
	alcalines	13 113 500 €	46 580 700 €	4 217 200 €	4 217 200 €
	zinc-air	138 500 €	138 500 €	12 500 €	12 500 €
	lithium	459 100 €	634 500 €	29 600 €	29 600 €
accus	NiCd	941 300 €	1 088 700 €	753 700 €	-
	NiMH	89 900 €	114 400 €	87 200 €	355 200 €
	lithium	176 500 €	1 706 100 €	112 800 €	112 800 €
<b>Total</b>		<b>18 970 800 €</b>	<b>65 729 700 €</b>	<b>6 234 900 €</b>	<b>5 749 200 €</b>

Afin de quantifier l'enjeu global représenté par les piles&accumulateurs usagés, le Tableau 17 présente les coûts sociaux totaux pour trois scénarios de gestion :

- situation actuelle (taux de collecte sélective en 2003, cf. Tableau 9) ;
- collecte sélective et recyclage de l'ensemble des piles&accumulateurs ;
- aucune collecte sélective ;
- aucune collecte sélective et des accumulateurs NiCd (remplacés par des accumulateurs NiMH).

L'objectif maximaliste d'une collecte sélective et d'un recyclage de l'ensemble des piles&accumulateurs conduirait à multiplier le coût social total par près de 3,5 par rapport à la situation actuelle. A l'inverse, l'application des préconisations de l'analyse coûts-avantages conduirait à le diviser par plus de trois, permettant ainsi d'économiser plus de 13 M€ chaque année. L'essentiel de cette économie proviendrait du non-recyclage des piles salines et alcalines.

## 5. Cas particulier des accumulateurs NiCd

Mélangés avec les ordures ménagères, les accumulateurs NiCd ont un impact élevé sur l'environnement, essentiellement via les émissions de cadmium par les incinérateurs. Le coût social de cette filière s'élève à 450 €/t. Malgré l'important bénéfice externe du recyclage du nickel et du cadmium, le coût de gestion élevé de la filière recyclage ne permet pas de la rentabiliser, son coût social s'élevant à 650 €/t.

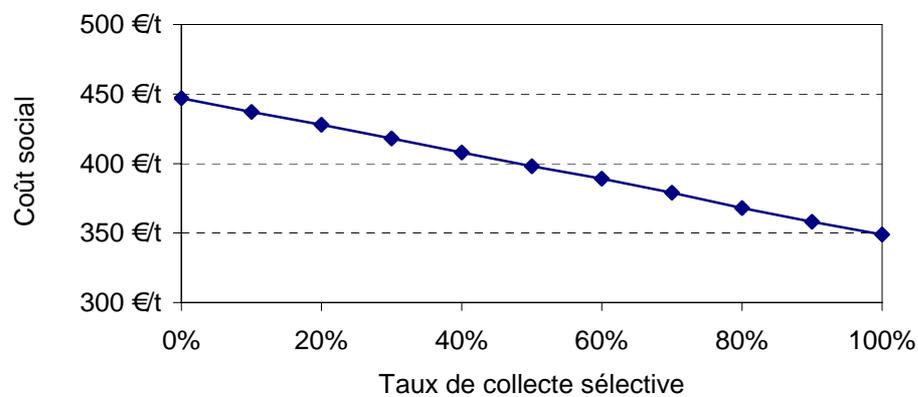
La fin de vie de ce type d'accumulateurs est donc très coûteuse pour la société, sauf dans le cas d'une hypothèse minimaliste sur les émissions atmosphériques des incinérateurs (cf. Figure 7). Dans ce cas, le coût de la filière résiduelle tombe à 280 €/t. Par conséquent, il est légitime de chercher à limiter l'usage de ces accumulateurs (au même titre, mais à un degré moindre, que les piles au mercure) et d'encourager la substitution par des accumulateurs NiMH, dès lors que celle-ci coûte moins de 290 €/t<sup>16</sup>. Cette substitution est d'ailleurs aujourd'hui déjà engagée sous le seul effet des forces du marché (cf. Commission Européenne, 2000a).

Néanmoins, il peut être intéressant d'étudier une « troisième voie » de gestion des accumulateurs usagés NiCd. Elle consisterait à les collecter sélectivement, en vue d'un

<sup>16</sup> Il s'agit de la différence de coût social de la gestion optimale de la fin de vie entre les accumulateurs NiCd et les accumulateurs NiMH.

recyclage, uniquement dans les zones où les ordures ménagères résiduelles sont incinérées. Cette solution permettrait d'éviter les coûts externes des émissions atmosphériques de cadmium. Le coût social de cette filière s'élèverait à 350 €/t si le taux de collecte sélective était de 100 % dans les zones concernées. Mais lorsque ce taux diminue, le coût de cette filière augmente (cf. Figure 9). Par ailleurs, cela nécessiterait une communication délicate envers la population, pour expliquer que la collecte sélective n'est instaurée que dans certaines zones. Au vu de ces difficultés, le bénéfice attendu pour la société risque d'être réduit à néant. Au final, cette « troisième voie » n'apparaît pas plus souhaitable que les filières classiques résiduelle ou recyclage.

Figure 9 : influence du taux de collecte sélective sur le coût social de la gestion des accumulateurs usagés NiCd en cas de collecte sélective dans les zones où les ordures ménagères sont incinérées.



Finalement, la restriction, voire l'interdiction, de l'usage des accumulateurs NiCd apparaît comme la mesure à privilégier. La substitution par d'autres type d'accumulateurs (NiMH, Li-ion...) est possible pour la plupart des applications (cf. Commission Européenne, 2000a).

#### IV – CONCLUSION

Les piles&accumulateurs sont des produits qui contiennent, historiquement, plusieurs métaux lourds très toxiques. La gestion de leur fin de vie a fait l'objet d'une législation européenne dès 1991. Il s'agit d'un des tout premiers flux de déchets ainsi mis en exergue par l'Union Européenne, avant même les déchets d'emballages. L'application de cette législation a posé des problèmes d'identification par les consommateurs des piles&accumulateurs contenant du mercure, du cadmium ou du plomb, seuls concernés par la réglementation. L'élargissement du champ à tous les types de piles&accumulateurs s'est donc progressivement imposé, d'abord au niveau de certains états membres, dont la France en 1997, puis au niveau européen, avec une nouvelle directive actuellement en discussion.

L'organisation mise en place par la France repose sur le principe de la responsabilité élargie du producteur. La responsabilité pèse en totalité sur producteurs et distributeurs, qui peuvent se regrouper au sein d'éco-organismes. Les collectivités locales sont peu concernées par le dispositif. L'implication des pouvoirs publics reste relativement faible, et se limite à l'approbation des conventions. Ce système aboutit à des collectes sélectives peu efficaces : seuls environ un quart des piles&accumulateurs (hors batteries automobiles) mis sur le marché en 2003 ont été collectés cette même année.

L'analyse coûts – avantages de la filière, en considérant l'ensemble des coûts de gestion et environnementaux, permet de déterminer les modes de collecte et de traitement à privilégier pour les différents types de piles&accumulateurs. Complétée par une analyse de sensibilité, elle aboutit à des résultats dont la fiabilité apparaît satisfaisante, malgré la fragilité de certaines données. Les principales conclusions sont les suivantes :

- Pour la plupart des piles&accumulateurs, la collecte sélective et le recyclage n'est pas souhaitable du point de vue des coûts sociaux. Les impacts environnementaux liés à leur gestion en mélange dans les ordures ménagères ne justifient pas les coûts élevés de leur recyclage.
- Le traitement des piles&accumulateurs usagés contenant des taux élevés de mercure ou de cadmium (piles bouton au mercure, accumulateurs NiCd) est très onéreux, que ce soit via la filière résiduelle ou la filière recyclage. La limitation, voire l'interdiction, de leur usage peut donc se justifier, dès lors qu'il existe des alternatives qui ne présentent pas de surcoûts exorbitants, ce qui est le cas pour de nombreuses applications des accumulateurs NiCd.
- Le seuil réglementaire de contenu en mercure (5 ppm) apparaît sévère. En effet, le coût social évité ne dépasse pas 30 €/t lorsqu'on passe de 100 ppm à 5 ppm. Cette économie serait à comparer avec le coût que nécessite le respect du seuil.

La mise en œuvre des deux seuls premiers points ci-dessus permettrait d'économiser jusqu'à 13 M€ chaque année, essentiellement en coûts de recyclage des piles salines et alcalines.

Durant les années 1990, la gestion des piles&accumulateurs usagés a fait l'objet d'une double approche. Deux instruments ont été utilisés de façon complémentaire : le premier visait à limiter, en amont, le contenu en substances dangereuses des produits mis sur le marché ; le second visait à extraire ces substances dangereuses du flux des ordures ménagères. Cette combinaison d'instruments s'est montrée efficace, mais aujourd'hui l'optimisation de la gestion des piles&accumulateurs usagés conduit à l'adapter dans le sens de l'abandon de l'instrument aval et du renforcement de l'instrument amont. En effet, il apparaît que la justification initiale de la collecte sélective et du recyclage des piles&accumulateurs usagés perd aujourd'hui de sa force. Depuis 1991, les contraintes réglementaires et les évolutions technologiques ont permis, ou permettraient, de bannir les piles&accumulateurs contenant du mercure ou du cadmium. La politique en la matière devrait dorénavant s'orienter vers une limitation forte de l'usage de ces derniers, et abandonner les dispositifs de collecte sélective, qui n'ont été généralisés à l'ensemble des piles&accumulateurs que pour capter les substances dangereuses. La future directive est l'occasion d'avancer résolument dans ce sens, mais le projet actuel reste insuffisamment ambitieux en terme de limitation des substances dangereuses et va même à l'encontre de ce qui serait souhaitable en terme de collecte sélective.

Toutefois, des considérations non prises en compte dans notre analyse militent pour la conservation du système actuel de collecte sélective. On peut penser à la présence dans le flux actuel des déchets de piles&accumulateurs très anciens (piles alcalines contenant encore du mercure en quantité non-négligeable), ou encore à la place qu'ont prise les piles&accumulateurs dans la communication générale sur les déchets.

Concernant le premier point, l'analyse de sensibilité a montré que la filière résiduelle reste préférable jusqu'à un taux d'environ 0,5 % de mercure dans les piles alcalines. Ceci signifie que la conclusion reste valable même si un quart des piles alcalines présentes dans les ordures ménagères sont des piles anciennes contenant 2% de mercure.

Concernant le second point, une certaine prudence s'impose. De par l'ancienneté de la réglementation les concernant, les piles&accumulateurs usagés sont devenus un pilier de la communication sur les déchets (et les déchets dangereux des ménages en particulier) à destination du grand public. Changer d'orientation pourrait être mal perçu par les citoyens et

démobilisateur pour l'ensemble du geste de tri. Mais cette difficulté pourrait être retournée en avantage. En effet, l'enjeu principal pour l'avenir est la prévention. Les piles&accumulateurs peuvent être présentés comme un exemple de prévention réussie<sup>17</sup>, grâce notamment à la combinaison amont – aval des instruments mis en oeuvre. Les efforts réalisés (ou à réaliser en cas de limitation de l'usage du cadmium) par les producteurs permettent de se dispenser des collectes sélectives.

---

<sup>17</sup> Par exemple, le plan national de prévention des déchets y fait allusion dans le chapitre sur la prévention qualitative.

**ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE**

ADEME (1998), « *Etude économique préliminaire à la mise en place d'une filière nationale de récupération et de traitement des piles et accumulateurs portables en fin de vie* », rapport final, Girus, 1998.

ADEME (2002a), « *Traitement thermique des déchets ménagers – bilan des 42 opérations françaises aidées par l'ADEME* », septembre 2002.

ADEME (2002b), « *Le marché des activités liées aux déchets : situation 2001/2002 et perspectives 2003* », décembre 2002.

ADEME (2002c), « *Observatoire des piles et accumulateurs : la situation en 2001* », décembre 2002.

ADEME (2002d), « *Bilan et perspectives d'une décennie de recyclage* », rapport final, Andersen, juin 2002.

ADEME (2003a), « *Observatoire des piles et accumulateurs : la situation en 2002* », novembre 2003.

ADEME (2003b), « *Le marché des activités liées aux déchets : situation 2002 et perspectives 2003/2004* », décembre 2003.

ADEME (2004), « *Observatoire des piles et accumulateurs : la situation en 2003* », septembre 2004.

Beaurepaire, E. (2003), *Recyclage des produits en fin de vie : gestion, techniques, responsabilités*, AFNOR, septembre 2003.

Commissariat Général du Plan (2001), « *Transports : choix des investissements et coût des nuisances* », rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux, juin 2001.

Commissariat Général du Plan (2003a), « *Evaluation de la politique du service public des déchets ménagers et assimilés – volet n°3 : évaluation des impacts sur l'environnement et la santé* », INSAVALOR, janvier 2003.

Commissariat Général du Plan (2003b), « *Analyse du coût et de l'emploi des filières mises en œuvre par le service public* », Planistat, février 2003.

Commission Européenne (1996a), « *Cost-benefit analysis of the different solid waste management systems : objectives and instruments for the year 2000* », mars 1996.

Commission Européenne (1996b), « *Economic evaluation of the draft incineration directive* », ETSU, décembre 1996.

Commission Européenne (1999), « *ExternE – Externalities of energy – vol 9 : fuel cycles for emerging and end-use technologies, transport and waste* ».

Commission Européenne (2000a), « *Substitution of rechargeable NiCd batteries* », Dag NOREUS, août 2000.

Commission Européenne (2000b), « *A study on the economic valuation of environmental externalities from landfill disposal and incineration of waste* », final main report, octobre 2000.

Commission Européenne (2003a), « *Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62/EC* », final consolidated report, RDC Environment et PIRA, mars 2003.

Commission Européenne (2003b), « *Impact assessment on selected policy options for revision of the battery directive* », rapport final, BIO Intelligence Service, juillet 2003.

CSERGE et al (1993), « *Externalities from landfill and incineration* », report to the UK department of the environment.

DEFRA (2003), « *A study to estimate the disamenity costs of landfill in Great Britain* », rapport final, février 2003, Cambridge Econometrics – EFTEC – WRc pour le « Department for Environment, Food and Rural Affairs ».

Ministère de l'écologie et du développement durable – direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (MEDD/D4E) (2003), « *Consentement local à payer et localisation d'une décharge* », document de synthèse, MV2 Conseil, mars 2003.

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (2001), « *Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé* », G. MIQUEL, avril 2001.

Norgate, T. E. et Rankin, W. J. (2002), « *An Environmental Assessment of Lead and Zinc Production Processes* », *Proceedings, Green Processing 2002, International Conference on the Sustainable Processing of Minerals*, mai 2002, pp 177-184.

Rabl, A. et Spadaro, J.V. (1997), « *Effets sur la santé de la pollution atmosphérique due aux incinérateurs : une perspective* », novembre 1997, publié dans *Déchets, sciences & techniques*, n°9, pp.4-22 (1998).

Rabl, A. et Zoughaib, A. (2004), « *Impact et coûts de la pollution due au traitement des déchets* », étude en cours pour le compte de l'ADEME.

Rydh, C.J. (2001), « *Environmental assessment of battery systems in life cycle management* », thèse, Chalmers University of Technology, Göteborg (Suède), 2001.

Rydh, C.J. et Svard, B. (2003), « *Impact on global metal flows arising from the use of portable rechargeable batteries* », *The science of the total environment* 302 (2003) pp 167-184.

## ANNEXE 2 : RESULTATS DETAILLES DE L'ANALYSE DE SENSIBILITE

Sensibilité aux bénéfices externes du recyclage du **mercure** : le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse coûts – avantages pour des bénéfices externes variant de 0 à 5000 €/t.

0 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
1 000 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 220 €/t	3 880 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
3 000 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 260 €/t	3 840 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
5 000 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 300 €/t	3 800 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t

Sensibilité aux bénéfices externes du recyclage du **cadmium**, du **nickel** et du **plomb** : le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse coûts – avantages pour des bénéfices externes variant de 0 à 5000 €/t (pour chacun des trois métaux lourds).

0 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 150 €/t	1 650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 60 €/t	1 440 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
1 000 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 550 €/t	1 250 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 460 €/t	1 040 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
3 000 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 350 €/t	450 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 260 €/t	240 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
5 000 €/t		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe	coût de gestion	coût externe
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 2 150 €/t	- 350 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 2 060 €/t	- 560 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t

Sensibilité au contenu en mercure des piles alcalines et au bénéfice externe du recyclage du mercure : le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse coûts – avantages de la gestion des piles alcalines usagées.

Bénéfices externes du recyclage du mercure	Contenu en Hg des piles alcalines	filrière résiduelle			filrière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
<b>0 €t</b>	0 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,0005 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,001 %	130 €/t	100 €/t	230 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,01 %	130 €/t	120 €/t	250 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,1 %	130 €/t	390 €/t	520 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	1 %	130 €/t	3 120 €/t	3 250 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	2 %	130 €/t	6 140 €/t	6 270 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
<b>1 000 €t</b>	0 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,0005 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,001 %	130 €/t	100 €/t	230 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,01 %	130 €/t	120 €/t	250 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,1 %	130 €/t	390 €/t	520 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	1 %	130 €/t	3 120 €/t	3 250 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
	2 %	130 €/t	6 140 €/t	6 270 €/t	2 500 €/t	- 90 €/t	2 410 €/t
<b>3 000 €t</b>	0 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,0005 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,001 %	130 €/t	100 €/t	230 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,01 %	130 €/t	120 €/t	250 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,1 %	130 €/t	390 €/t	520 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	1 %	130 €/t	3 120 €/t	3 250 €/t	2 500 €/t	- 100 €/t	2 400 €/t
	2 %	130 €/t	6 140 €/t	6 270 €/t	2 500 €/t	- 130 €/t	2 370 €/t
<b>5 000 €t</b>	0 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,0005 %	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,001 %	130 €/t	100 €/t	230 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,01 %	130 €/t	120 €/t	250 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	0,1 %	130 €/t	390 €/t	520 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	1 %	130 €/t	3 120 €/t	3 250 €/t	2 500 €/t	- 120 €/t	2 380 €/t
	2 %	130 €/t	6 140 €/t	6 270 €/t	2 500 €/t	- 170 €/t	2 330 €/t

Sensibilité à la répartition des métaux lourds dans les résidus d'incinération : quatre hypothèses de répartition sont simulées :

	hypothèse 1 : émissions atmosphériques importantes				hypothèse 2 : émissions atmosphériques moyennes			
	Hg	Cd	Ni	Pb	Hg	Cd	Ni	Pb
Emissions atm.	90 %	25 %	25 %	10 %	70 %	10 %	10 %	5 %
REFIOM	10 %	65 %	25 %	35 %	25 %	80 %	10 %	35 %
Mâchefers	0 %	10 %	50 %	55 %	5 %	10 %	80 %	60 %
	hypothèse 3 : émissions atmosphériques faibles				hypothèse 4 : hypothèse de référence			
	Hg	Cd	Ni	Pb	Hg	Cd	Ni	Pb
Emissions atm.	50 %	5 %	0 %	0 %	72 %	12 %	0 %	5 %
REFIOM	40 %	90 %	0 %	40 %	24 %	76 %	0 %	37 %
Mâchefers	10 %	5 %	100 %	60 %	4 %	12 %	100 %	58 %

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour ces quatre hypothèses :

		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
<b>Hypothèse 1</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	7 590 €/t	7 720 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	160 €/t	290 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	160 €/t	290 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	740 €/t	870 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	180 €/t	310 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
<b>Hypothèse 2</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	5 910 €/t	6 040 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	310 €/t	440 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	90 €/t	220 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
<b>Hypothèse 3</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	4 230 €/t	4 360 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	150 €/t	280 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
<b>Hypothèse 4</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t

Sensibilité au coût externe des émissions de métaux lourds par les incinérateurs : quatre hypothèses de niveau de coûts sont simulées :

	coût externe (€/kg) des émissions de...			
	Hg	Cd	Ni	Pb
hypothèse 1 : hypothèse de référence	1 000	39	3,8	1 600
hypothèse 2 : coûts externes faibles	500	20	2	800
hypothèse 3 : coûts externes moyens	2 000	80	8	3 200
hypothèse 4 : coûts externes importants	4 000	160	15	6 400

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour ces quatre hypothèses :

		filière résiduelle			filière recyclage		
		coût de gestion	coût externe	coût social	coût de gestion	coût externe	coût social
<b>Hypothèse 1</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	6 070 €/t	6 200 t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	90 €/t	220 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	320 €/t	450 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
<b>Hypothèse 2</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	3 050 €/t	3 180 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	60 €/t	190 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	60 €/t	190 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	180 €/t	310 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
<b>Hypothèse 3</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	12 120 €/t	12 250 €/t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	160 €/t	290 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	160 €/t	290 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	630 €/t	760 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t
<b>Hypothèse 4</b>							
piles	bouton au mercure	130 €/t	24 220 €/t	24 350 t	4 100 €/t	- 200 €/t	3 900 €/t
	salines	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	alcalines	130 €/t	300 €/t	430 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	zinc-air	130 €/t	300 €/t	430 €/t	2 500 €/t	- 70 €/t	2 430 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	3 500 €/t	- 70 €/t	3 430 €/t
accus	NiCd	130 €/t	1 230 €/t	1 360 €/t	1 800 €/t	- 1 150 €/t	650 €/t
	NiMH	130 €/t	30 €/t	160 €/t	1 500 €/t	- 1 290 €/t	210 €/t
	lithium	130 €/t	30 €/t	160 €/t	2 500 €/t	- 80 €/t	2 420 €/t



**ANNEXE 3 : FEUILLES DE CALCUL DES COUTS**



**ANNEXE 4 : LISTE DES DOCUMENTS DE TRAVAIL PUBLIES****1. Etudes :**

05 - E03	Modélisation du découplage des aides et environnement en agriculture Elsa LAVAL
05 - E02	Efficacité de la filière piles et accumulateurs Olivier ARNOLD
05 - E01	Les régulations environnementales ont-elles un effet sur le commerce extérieur de l'industrie française ? Sébastien RASPILLER, Nicolas RIEDINGER, Céline BONNET
04 - E10	Les politiques environnementales ont-elles un impact sur la croissance ? Nicolas RIEDINGER
04 - E09	Estimation des nuisances pour la collectivité générées par les éoliennes de Sigean Sébastien TERRA
04 - E08	Stratégies d'échantillonnage et modèles de comptage dans la méthode des coûts de transport Sébastien TERRA
04 - E07	Bien public global et instruments des politiques nationales unilatérales Christine CROS, Sylviane GASTALDO
04 - E06	Principe de précaution et décision médicale Dominique BUREAU, Emmanuel MASSE
04 - E05	Préservation des ressources globales et développement économique Dominique BUREAU
04 - E04	Evaluation du coût subi par EDF suite à une mesure en faveur de la vie piscicole sur la Dordogne Franck FREDEFON
04 - E03	Valorisation économique d'une amélioration de la qualité de l'eau de l'étang de Berre Franck FREDEFON
04 - E02	La prise en compte du changement technique endogène affecte-telle l'équivalence entre taxes et permis ? Gilles SAINT-PAUL

- 04 - E01 Les différences de sévérité environnementale entre pays influencent-elles les comportements de localisation des groupes français ?  
Sébastien RASPILLER, Nicolas RIEDINGER
- 03 - E09 Evaluation économique des aménités récréatives d'un parc urbain : le cas du parc de Sceaux  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E08 Analyse économique de la rentabilité des filtres à particules sur les véhicules diesels neufs  
Emmanuel MASSE
- 03 - E07 Note sur l'évaluation des infrastructures de transport et l'étalement urbain  
Dominique BUREAU, Nicolas THOUVEREZ
- 03 - E06 Evaluation des bénéfices pour le public de la protection des espaces littoraux remarquables  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E05 Evaluation économique des aménités récréatives d'une zone humide intérieure : le cas du lac de Der  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E04 Exploration des engagements futurs en matière de changement climatique  
Vincent VAN STEENBERGHE
- 03 - E03 Quels instruments pour une politique environnementale ?  
Gilles SAINT-PAUL
- 03 - E02 Couverture des charges d'infrastructure et tarification de l'usage de la route  
Isabelle ROVIRA, Martine PERBET
- 03 - E01 Les dommages visuels et sonores causés par les éoliennes : une évaluation par le consentement à payer des ménages dans le cas des éoliennes de Sigean  
Sylvie SCHERRER
- 02 - E07 Pollutions atmosphériques transfrontières : mise en œuvre du protocole de Goteborg et de la directive plafonds  
Daniel DELALANDE
- 02 - E06 Régulation du bruit à Roissy : efficacité et instruments économiques  
Dominique BUREAU
- 02 - E05 Gisement d'énergie éolienne par région : quelques éléments d'éclairage économique  
Sabine GUILLAUME
- 02 - E04 Les accords de Bonn et Marrakech : analyse quantitative et mise en perspective  
Sandrine ROCARD, Eve ROUMIGUIERES

- 02 - E03 Typologie des modes de gestion des déchets ménagers par les collectivités locales  
Anne-Claire BOITEL, Christine LAGARENNE
- 02 - E02 Evaluation économique des pertes d'usage dues aux tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 : le cas de la forêt de Fontainebleau  
Sylvie SCHERRER
- 02 - E01 Régulation de la durée des contrats dans le secteur de l'eau  
Patrick DERONZIER
- 01 - E07 Effet de serre document de base de la maquette SAGESSE  
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E06 Déterminants de la consommation en produits de l'agriculture biologique  
Sylvie SCHERRER
- 01 - E05 Effet de serre : quantification de l'effort économique par les parties du protocole de Kyoto  
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E04 Déterminants des comportements de tri des ménages  
Christine LAGARENNE, Séverine WILTGEN
- 01 - E03 Combinaison des instruments prix et quantités dans le cas de l'effet de serre  
Boris COURNEDE, Sylviane GASTALDO
- 01 - E02 Politiques nationales de lutte contre le changement climatique et réglementation de la concurrence : le cas de la fiscalité  
Jérôme RIEU
- 01 - E01 Effets économiques du Protocole de Kyoto : une maquette internationale  
Jean-Pierre BERTHIER, Martin GUESPEREAU, Eve ROUMIGUIERES

## 2. Méthodes :

- 05 - M03 L'utilisation des méthodes d'options réelles  
Emmanuel MASSE, Stéphane GALLON
- 05 - M02 Guide pour l'élaboration de CCTP d'études de valorisation  
Sébastien TERRA
- 05 - M01 Guide pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques  
Sébastien TERRA
- 04 - M07 Maquette ECHEANCES : Epuisement des Combustibles selon Hotelling et Application Naturelle au Contingentement de l'Effet de Serre  
Hélène OLLIVIER

- 04 - M06 Articulation entre quotas échangeables et mesures de gestion des ressources halieutiques : éléments pour l'évaluation économique d'aires marines protégées  
Dominique BUREAU
- 04 - M05 Qu'est-ce qu'un marché de permis ? Adaptation du jeu de simulation de l'ENSAE à un marché de crédits « Azote »
- 04 - M04 Tourisme, loi littoral et économie de l'environnement  
Dominique BUREAU
- 04 - M03 Fiches DPSEEA élaborées à partir du rapport final de la commission d'orientation pour le plan santé Environnement  
Camille FEVRIER
- 04 - M02 Arbitrages intertemporels, risque et actualisation  
Stéphane GALLON, Emmanuel MASSE
- 04 - M01 Le cycle de la prévention et de l'information sur les risques  
Patrick MOMAL
- 03 - M03 La culture du risque et de la sûreté  
Patrick MOMAL
- 03 - M02 Rapport du groupe de réflexion environnement et applications de l'espace  
Bertrand GALTIER, Michel LEBLANC
- 03 - M01 Le système d'information environnementale français  
Armelle GIRY
- 02 - M02 Santé environnement : problèmes et méthodes  
Benoît VERGRIETTE
- 02 - M01 Intérêts et limites des variables biologiques en écotoxicologie aquatique  
Patrick FLAMMARION
- 01 - M02 Indicateurs environnementaux : méthodes et utilisation pour l'évaluation des politiques publiques  
Xavier DELACHE
- 01 - M01 Méthodologie de valorisation des biens environnementaux  
Sylvie SCHERRER

### 3. Synthèses :

- 05 - S02 Plan National d'Affectation des Quotas : retour d'expérience  
Sébastien MERCERON
- 05 - S01 Les différentes gestions du dossier de l'amiante  
Grégoire LAGNY

- 04 - S07 Mécanismes économiques à l'œuvre sur la biodiversité dans les secteurs de l'agriculture, la forêt, l'eau, la pêche, le tourisme et les transports  
Christine CROS
- 04 - S06 Evolution du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles  
Annie ERHARD-CASSEGRAIN, Emmanuel MASSE, Patrick MOMAL
- 04 - S05 Développement durable et aménagement routier : le cas de la RN88  
Stéphanie ANTOINE
- 04 - S04 L'économie de l'effet de serre : point sur les engagements internationaux de lutte contre le changement climatique  
Aurélien VIEILLEFOSSE
- 04 - S03 Entreprises et développement durable  
Irène CABY
- 04 - S02 Références méthodologiques pour la prise en compte de l'environnement dans les projets routiers  
Stéphanie ANTOINE
- 04 - S01 Déchets ménagers en France. Financement du service et recyclage : Exemples de travaux d'évaluation économiques utiles à la décision publique  
Patrick DERONZIER, Olivier ARNOLD
- 03 - S06 L'évaluation des aménités et des dommages environnementaux  
Sylvie SCHERRER
- 03 - S05 Les enseignements pour la France des régimes de responsabilité environnementale en vigueur à l'étranger : l'exemple des Etats-Unis et du Brésil  
Catherine SCHLEGEL, Laurent VERDIER
- 03 - S04 Les engagements futurs dans les négociations sur le changement climatique  
Séminaire D4E
- 03 - S03 Economie de l'environnement et décision publique  
Dominique BUREAU
- 03 - S02 Biens publics mondiaux et négociations internationales  
Hélène FRANCES, François NASS
- 03 - S01 Axes pour la recherche en environnement et en développement durable dans le sixième programme cadre de recherche et développement de l'union européenne  
Groupe thématique national français « recherche européenne, environnement et développement durable »
- 02 - S02 Marchés de droits : expériences passées et débuts pour l'effet de serre  
Christine CROS, Sylviane GASTALDO

- 02 - S01 Microéconomie du développement durable : une introduction  
Dominique BUREAU
- 01 - S05 L'impact économique des tempêtes de décembre 1999  
Annie ERHARD-CASSEGRAIN
- 01 - S04 Ouverture des marchés de l'électricité et environnement  
Dominique BUREAU, Sylvie SCHERRER
- 01 - S03 La responsabilité environnementale  
Patrick MOMAL
- 01 - S02 Gouvernance mondiale et environnement  
Dominique BUREAU, Marie-Claire DAVEU, Sylviane GASTALDO
- 01 - S01 Les rapports environnementaux des entreprises  
CHRISTINE LAGARENNE, MARC AVIAM