

# L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE POUR RATIONALISER ET OPTIMISER LA GESTION DES DÉCHETS MÉNAGERS

Philippe Schauner, Peter White\*  
Procter & Gamble

Le développement durable requiert une utilisation rationnelle des ressources et une gestion efficace des déchets. Cette dernière doit être durable d'un point de vue économique, mais également d'un point de vue environnemental. Jusqu'à très récemment, nous ne disposions pas d'outils pour quantifier ou évaluer ce caractère durable. Cette lacune est aujourd'hui comblée, et cet article présente un outil qui répond à ce besoin : l'inventaire du cycle de vie des déchets ménagers. Ce logiciel, créé et développé par Procter & Gamble, est aujourd'hui disponible et nous nous proposons ici d'en présenter la méthodologie, d'en préciser les objectifs et les limites et de l'appliquer à quelques exemples concrets. Collectivités locales, industriels du déchet vont à présent être en mesure de fournir des diagnostics précis et fiables pour justifier leurs choix et leur politique en la matière, mais aussi proposer des améliorations des systèmes existants en mettant en évidence leurs points faibles.

Sustainable development requires a rational use of resources and an efficient management of waste. Consequently, waste management should be both economically and environmentally sustainable. Until recently, no tools were available to evaluate the sustainability of municipal solid waste systems. This gap is now being filled, and this article presents one tool that can be of use : life cycle inventory (LCI) for solid waste management. Several versions of this tool are now available ; this paper focuses on the book and software created by Procter & Gamble. We will describe the methodology used, define the objectives and limitations of the inventory, and apply it to a couple of real-life examples. Both municipalities and the waste industry will now be able to make an overall economic and environmental evaluation of waste management systems, to support their choices and policy in this area. It will also be possible to propose improvements for existing systems, by identifying their weaknesses.

## OBJECTIFS DE L'OPTIMISATION

Historiquement, toute politique de gestion des déchets visait à en assurer l'élimination en garantissant la maîtrise des risques sanitaires et la sécurité du personnel. Cela reste bien entendu valable aujourd'hui mais, avec la sensibilité croissante du public pour les questions environnementales, nous devons intégrer une contrainte additionnelle : celle du développement durable. Développement durable pour l'environnement : nous devons nous efforcer de réduire l'impact environnemental des flux de déchets et des systèmes au sein desquels ils évoluent en économisant les ressources - matériaux et énergie - et en diminuant l'émission des polluants. Développement cohérent économiquement : le coût du système proposé devra être supportable par les différents partenaires, citoyens, industriels prestataires et municipalités. L'inventaire du cycle de vie des déchets ménagers devra donc être en mesure de prévoir d'une part l'impact global

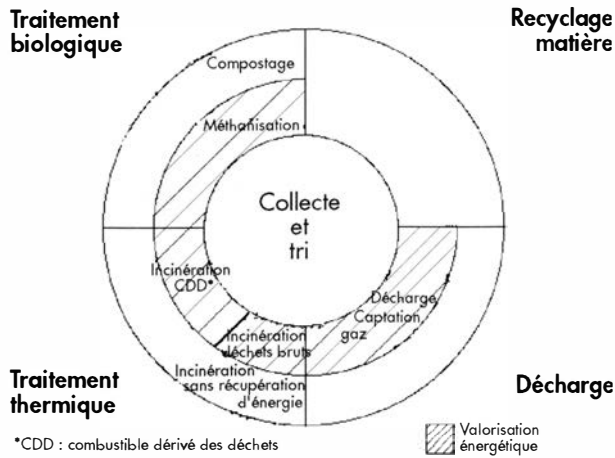
sur l'environnement et, d'autre part le coût réel de n'importe quel système de gestion des déchets.

## LES LIMITES DE LA HIÉRARCHISATION DES FILIÈRES DE TRAITEMENT

Jusqu'à un passé récent, le choix de telle ou telle filière de traitement était guidé, explicitement ou implicitement, par une hiérarchie bien établie, qui ressemble à la séquence suivante :

- réduction à la source,
- réutilisation,
- recyclage des matériaux/traitement biologique,
- incinération,
- mise en décharge.

Cette hiérarchie relève surtout de la tradition, ne s'appuie sur aucun élément technique ou scientifique, et paraît bien dérisoire lorsqu'on considère l'ensemble des combinaisons possibles des différentes filières. Nous savons qu'aucune



\*CDD : combustible dérivé des déchets  
**Figure 1 : Composants d'un système de gestion intégrée des déchets ménagers**

filère ne peut résoudre à elle seule le problème des déchets en intégrant tous les paramètres environnementaux : nous ne pouvons plus raisonner linéairement en suivant l'ordre établi. Nous devons mettre à profit la complémentarité des différents systèmes pour aboutir à une gestion intégrée de nos déchets. Nous pourrions alors voir apparaître des schémas associant parallèlement recyclage des matériaux, traitement biologique, incinération avec récupération d'énergie et mise en décharge des seuls déchets ultimes.

Étant donné le nombre très important de combinaisons possibles de systèmes de collecte et de traitement, il est indispensable de pouvoir prévoir et comparer simultanément les performances économiques et environnementales des systèmes complémentaires et intégrés. C'est ce que nous permet de réaliser l'inventaire du cycle de vie.

### L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE : DU BERCEAU À LA SECONDE VIE

L'inventaire du cycle de vie propose une approche allant « du berceau à la tombe » ou plus exactement du berceau à la seconde vie. Cela signifie qu'au cours de notre étude, nous prendrons en compte tous les paramètres d'entrée et de sortie de tous les procédés mis en jeu, et de tous les sites par lesquels transitent les produits, les emballages ou les prestations de service considérés. De manière plus précise, l'inventaire sera utilisé dans ce cadre pour :

- Optimiser le cycle de vie : l'inventaire du cycle de vie peut préciser où se situe l'impact déterminant sur l'environnement au cours du cycle ; on peut donc ensuite chercher à maîtriser et à réduire celui-ci.
- Anticiper et prévenir le transfert des problèmes.

Comme il prend en considération toutes les étapes et phases du cycle de vie, l'inventaire nous permet de nous assurer que des améliorations réalisées sur une étape particulière du cycle ne conduisent pas à des détériorations plus importantes à d'autres endroits ou moments dans le cycle et donc à un déplacement du problème.

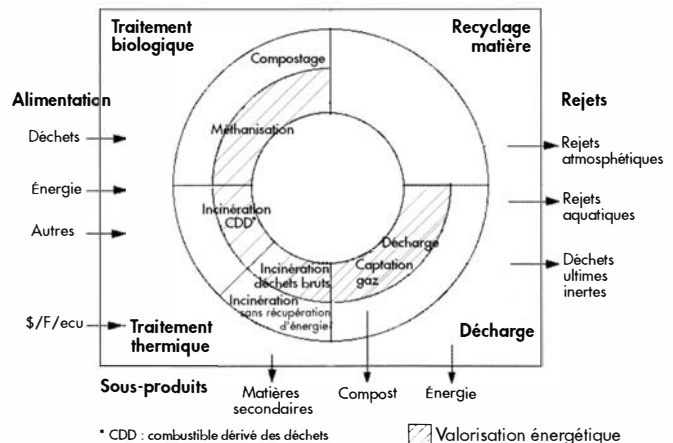
L'inventaire s'applique de la même façon à la gestion des

déchets ménagers. Il débute au moment où les produits, marchandises ou emballages sont jetés (pour les ménages, quand ils sont jetés à la poubelle), et s'achève lorsqu'ils terminent à l'état de matière inerte dans une décharge, sont rejetés sous forme d'émission atmosphérique ou aquatique, voire lorsqu'ils accèdent à une seconde vie (matières secondaires, compost, etc.) et ne constituent donc plus des déchets. Un inventaire des déchets ménagers est donc une étude d'impact, une analyse globale du cycle de vie de ces déchets.

### STRUCTURE DE L'INVENTAIRE

Pour servir les besoins des industriels du déchet et des décideurs politiques, l'outil que nous avons développé peut déterminer l'impact économique et environnemental de n'importe quel système de gestion des déchets que ce soit à l'échelle d'un village, d'une ville, d'un syndicat intercommunal, d'une région ou d'un pays tout entier. L'utilisateur définit la taille et les caractéristiques de la zone considérée, et le programme calcule les quantités et la composition des déchets qu'il faudra affecter aux différentes filières du schéma. Si l'utilisateur possède des données spécifiques sur les déchets de la région étudiée, il pourra les introduire dans la base de donnée, ce qui lui fournira des résultats plus précis encore. S'il ne dispose pas de telles données, le programme utilisera des valeurs par défaut, prélevées dans les publications et études les plus récentes.

Le logiciel permet ensuite à l'utilisateur d'entrer les paramètres relatifs à la collecte et aux modes de traitement employés. Quel que soit le système, nous pourrions pré-



\* CDD : combustible dérivé des déchets  
**Figure 2 : Données d'entrée et résultats d'un inventaire du cycle de vie des déchets ménagers**

voir les flux de matière et d'énergie mis en jeu, les rejets (atmosphériques ou aquatiques), les refus et les sous-produits (compost, matériaux récupérés, énergie) issus de ce système. Le diagramme de la figure 2 illustre ce point.

### Utilisation

Pour être pleinement efficace, l'inventaire doit être très facile à utiliser. Il ne doit pas être à la portée des seuls experts, mais s'adresser à un public plus large. La version IVM-1 se présente sous la forme d'une simple feuille de cal-

cul, exploitable sur Excel ou Lotus 1-2-3.

### Limites de l'inventaire

L'inventaire portera sur le système de gestion de la zone considérée.

La structure de base et les limites de l'inventaire sont présentées en figure 3, le détail des flux de matière en figure 4.

Les paramètres d'entrée du programme sont les déchets, ainsi que l'énergie et les matières premières nécessaires au fonctionnement du système ; en sortie, on obtient les sous-produits (compost, matériaux recyclés, énergie récupérée), ainsi que les rejets atmosphériques et aquatiques, et les refus. Le calcul est très précis puisqu'il intègre toutes les données relatives aux déchets (nature et composition), aux modes de collecte (utilisation de conteneurs ou de sacs plastique, type de carburant et rejets atmosphériques des différents véhicules) et de traitement. Selon que le procédé utilise de l'électricité, de l'essence, du fioul, du gaz naturel ou des matériaux tels que le papier ou le plastique, le résultat ne sera pas le même et il faudra prendre en compte les conséquences sur l'environnement liées à la production initiale de ceux-ci.

### Options

La structure de base de l'inventaire est présentée en figure 3. Il comprend 7 modules individuels.

#### Nature des déchets entrants

Ils doivent être définis à la fois en terme de composition et de quantité. On manque souvent de données fiables. Il est alors possible de leur substituer les chiffres standards de la base de données. Dans ce cas, c'est la classification par matériaux créée par l'Association européenne pour la récupération et le recyclage (Erra) qui sert de référence.

#### Pré-tri et collecte

Le tri à la source des matières valorisables (papier, verre, métaux, plastiques, briques et compostables...) et les différentes options pour la collecte des déchets, telles la collecte en apport volontaire dans les conteneurs de proximité ou la collecte en porte-à-porte des déchets triés à la source ou en vrac, sont intégrés dans le logiciel.

#### Tri industriel

Il concerne l'utilisation des centres de tri pour la séparation des matériaux recyclables et le tri des déchets en mélange pour la production de combustibles dérivés.

#### Recyclage des matériaux

Par matériaux destinés au recyclage, on entendra plutôt les matériaux récupérés plutôt que les matériaux recyclés. Un point important : le programme tient volontairement le recyclage des matériaux hors du calcul, car nous considérons qu'en sortie de centre de tri, les matériaux constituent des matières secondaires qui viendront se substituer à des matières premières vierges, et pourront générer des réductions de coût ou d'impact sur l'environnement dans d'autres secteurs. Le

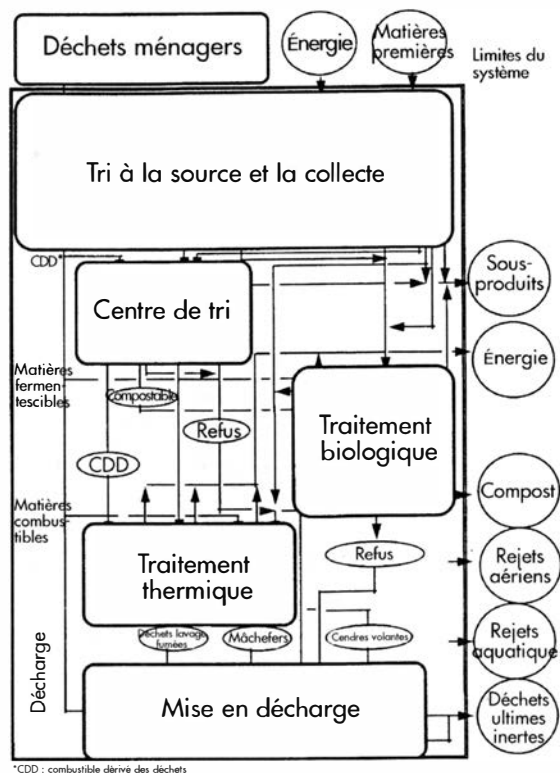


Figure 3 : Structure, limites, paramètres d'entrée et de sortie pour l'inventaire du cycle de vie des déchets ménagers

programme contient cependant un module optionnel qui inclut dans le bilan global les coûts additionnels ou les économies associées à l'utilisation de matériaux récupérés et les ramène à l'utilisation alternative de matière vierge.

#### Traitement biologique

Le compostage ou la méthanisation sont proposés en option, avec comme choix le traitement des déchets en mélange ou le traitement de déchets issus d'un tri sélectif.

#### Incinération - Traitement thermique

Ce module inclut l'incinération de papier ou de plastique triés à la source et utilisés comme combustible, l'incinération des combustibles dérivés et l'incinération traditionnelle avec ou sans récupération d'énergie.

#### Mise en décharge

La mise en décharge de déchets ménagers en vrac, des cendres ou autres refus issus du traitement, avec ou sans captage des gaz, et avec ou sans récupération des lixiviats est proposée en option.

Le détail des différents procédés compris dans l'inventaire est présenté en figure 4. De manière explicite, le résultats de chaque étape, à la fois en terme de sous-produits, refus et émissions, dépendra des matériaux entrant dans le système. Les déchets ménagers comportent de nombreuses catégories de matériaux. Dans certains cas, les résultats d'un procédé peuvent être indépendants des matériaux concernés (c'est le cas du transport) ; dans d'autres cas

(méthanisation), le résultat dépend complètement de la composition des déchets entrants. Pour permettre la prise en compte de ces considérations, notre logiciel intègre séparément chaque flux de déchets avec sa composition au sein du système concerné. Il calcule pour chaque système la résultante en fonction de la composition des matériaux entrant dans chacun d'eux. Au cours de la chaîne de traitement, l'entrée d'un procédé se définit ainsi à partir de la sortie du ou des procédés précédents. C'est assurément la meilleure solution pour permettre la prise en compte d'une multitude de combinaisons au sein d'un tel système.

**Origines des données**

Les meilleures données à utiliser dans le logiciel seront bien entendu les données locales pour les déchets et les procé-

dés concernés. Lorsqu'elles ne sont pas disponibles, le logiciel utilise des données par défaut. Notre logiciel possède une très grande variété de sources d'informations, comme la base de données Erra sur la collecte et le tri des matériaux, des données en provenance d'Orca (Association Européenne pour la valorisation des matières organiques) sur les traitements biologiques, ainsi que celles qui nous sont transmises par EEWC ou European Energy from Waste Coalition. D'autres données proviennent d'industriels du déchet ou sont extraites de la littérature. De façon peu surprenante, une étude comme celle-ci montre qu'il y a d'importantes lacunes dans les données actuellement disponibles. Cela devrait nous permettre de concentrer nos efforts là où les besoins se font sentir et où les données font cruellement défaut.

**Résultats du modèle**

Le logiciel fournira les informations associées à la gestion des déchets de la zone définie par l'utilisateur.

*Flux environnementaux*

- consommation d'énergie totale (en unités thermiques),
- énergie issue du traitement des déchets,
- balance énergétique,
- émissions aériennes (en poids),
- émissions aquatiques (en poids),
- déchets inertes ultimes mis en décharge (en poids et en volume).

*Sous-produits*

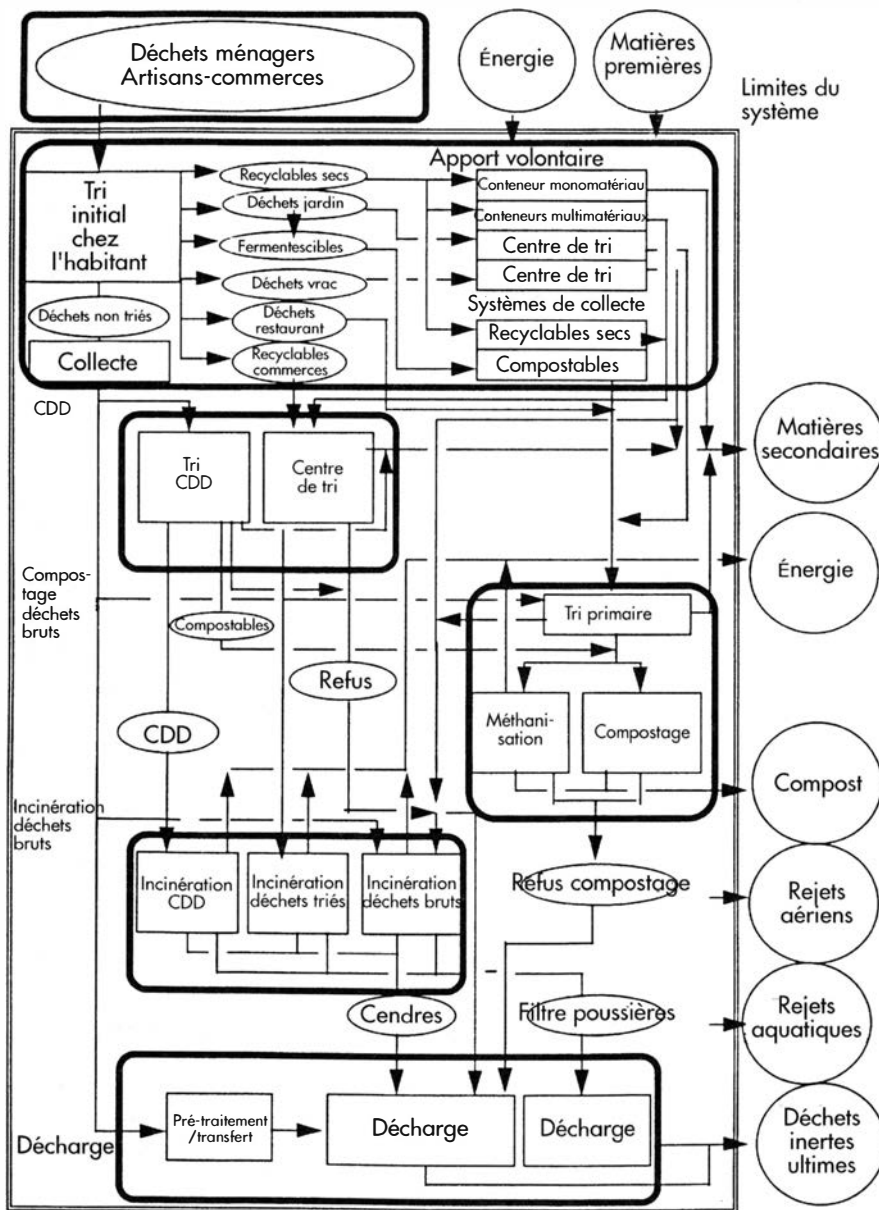
- compost,
- matériaux récupérés,
- plus les bénéfiques environnementaux et les économies réalisées grâce au recyclage de ces matériaux, mis en balance avec l'utilisation de matière vierge.

*Données économiques (en écu)*

- coût global pour la zone considérée,
- coût par foyer ou par habitant,
- coût à la tonne de déchet traité.

**UTILISER L'INVENTAIRE POUR LA GESTION DES DÉCHETS**

Le modèle d'inventaire que nous venons de développer peut être utilisé pour comparer des gammes de solutions pour traiter les déchets d'une région donnée. Pour chaque option, il est possible de prévoir la consommation d'énergie, les émissions dans les airs ou dans l'eau, le volume nécessaire à la mise en décharge des refus de

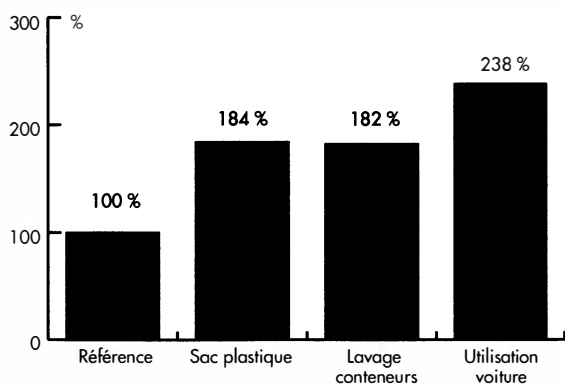


**Figure 4 : Détail des flux de matières au sein de l'inventaire du cycle de vie des déchets ménagers**

traitement, et le coût global. Le programme calcule aussi les quantités de sous-produits générés par le système, tels les matériaux récupérés, le compost ou l'énergie, et fournira des éléments de réponse quant à la capacité des débouchés envisagés. Il faut souligner que l'inventaire ne déterminera pas quel est le meilleur système du point de vue de l'environnement. Le choix de telle ou telle option reflétera les priorités et les besoins locaux ou les stratégies nationales. L'inventaire fournira les données fiables à partir desquelles ces décisions et ces choix pourront être effectués pour évoluer vers un développement durable dans la gestion des déchets.

Comme pour ces comparaisons, il peut être utilisé de manière tout aussi valable pour identifier où résident les points noirs pour l'environnement dans le cycle de vie du déchet. Son utilisation permettra ainsi de mieux cibler les actions à entreprendre pour améliorer la situation. Les calculs de simulation pour la gestion des déchets conduisent à découvrir des aspects aussi intéressants qu'insoupçonnés, notamment en ce qui concerne les effets du comportement de la population. Ils peuvent à ce titre influencer sur les comportements ultérieurs de la population.

Si, par exemple, nous considérons le scénario de la collecte en mélange des déchets ménagers suivie d'une mise en décharge, nous pourrions évaluer les conséquences qu'auraient les actions de la population sur la consommation totale d'énergie du système (voir figure 5a). Les pratiques courantes telles que l'utilisation de sacs spéciaux pour la collecte sélective ou le lavage des conteneurs à l'eau chaude peuvent augmenter très significativement la consommation d'énergie de l'ensemble du système. L'utilisation d'une voiture pour effectuer un trajet uniquement pour l'apport volontaire



Notes :

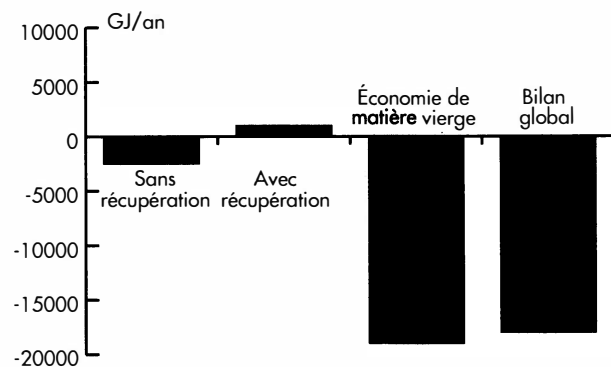
1. Le système de référence décrit se compose d'une collecte des déchets non triés suivie d'une mise en décharge
2. Dans le cas de l'utilisation du sac plastique supplémentaire, les calculs ont pris comme donnée le système de référence plus l'utilisation de 20 g de PEBD par foyer par collecte.
3. Dans le cas du lavage de la poubelle, on a considéré le système de référence plus le lavage à l'eau chaude du conteneur chaque semaine
4. L'utilisation d'une voiture pour l'apport volontaire a considéré le système de référence plus un voyage par foyer par semaine pour apporter les matériaux (4 km aller-retour) avec une base de 90 % essence et 10 % diesel

**Figure 5a : Effets du comportement des habitants sur la consommation globale d'énergie d'un système de gestion des déchets ménagers**

peut jusqu'à doubler la consommation globale d'énergie. Des résultats aussi inattendus démontrent les bienfaits et l'utilité de l'inventaire en faisant apparaître où interviennent les charges importantes pour l'environnement. Dans le cas du comportement des habitants, les résultats précédents prouvent que chaque effort et chaque franc investi dans la communication et dans l'éducation trouveraient ici une excellente utilisation.

Autre exemple, le logiciel a été pour la première fois expérimenté sur un programme global de gestion des déchets en Angleterre. À Adur, le système mis en place par la collectivité associe récupération des matériaux recyclables en porte-à-porte (19 000 foyers) et en apport volontaire (7 000 foyers). Avant l'implantation de ce service, les déchets allaient directement en décharge où une partie des gaz était récupérée. Le bilan énergétique était alors faiblement positif, l'énergie issue des gaz récupérés étant légèrement supérieure à celle utilisée pour la collecte et la mise en décharge.

Avec le nouveau système, on a besoin de plus de carburant pour la collecte et le tri des matériaux. Ainsi, le bilan traduit par conséquent une faible hausse de la consommation énergétique. Cependant, l'économie d'énergie générée par la récupération de matériaux secondaires dans des applications qui, sinon, utiliseraient des matières vierges, est très conséquente : globalement, le bilan énergétique du nouveau système conduit à des économies d'énergie (voir figure

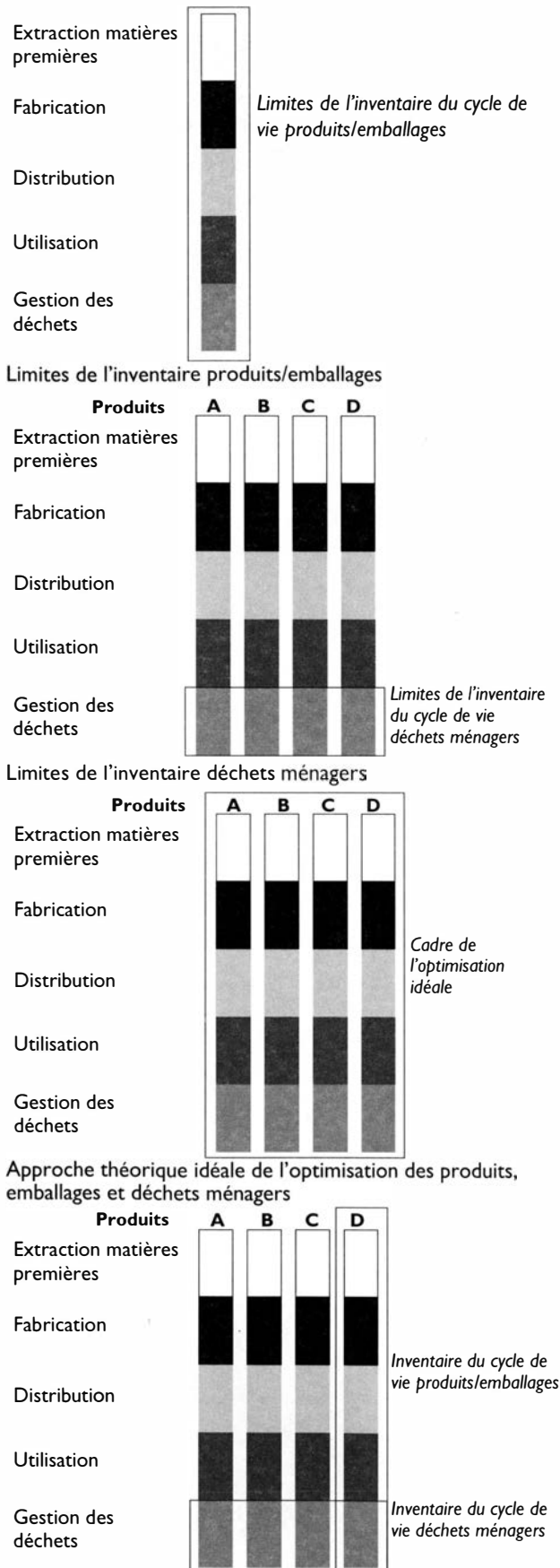


**Figure 5b : Bilan énergétique global du système de récupération et de recyclage à Adur**

re 5b). Cet exemple ne regarde que les aspects énergétiques. Bien entendu, l'inventaire fournit aussi toutes les autres informations (déchets solides, rejets atmosphériques, rejets aquatiques).

### POSER LES BONNES QUESTIONS

L'inventaire du cycle de vie est donc un outil particulièrement utile pour évaluer les flux environnementaux engendrés par un système donné. Un tel modèle ne peut cependant pas répondre à toutes les questions liées à l'approvisionnement en produits ou emballages, et au devenir des déchets qui en résultent. Il est cependant impératif de fixer les priorités et de bien déterminer ce que nous voulons



**Figure 6 : Choisir l'inventaire adapté à notre problème**

savoir. Nous pourrions alors développer un inventaire spécifique pour tenter d'y répondre. Cet exposé a pour objectif principal de fournir un diagnostic sur l'optimisation des systèmes de gestion des déchets.

L'inventaire déchets ne s'intéresse pas au cycle de vie antérieur des produits et de leurs emballages qui constituent les déchets. Il considère uniquement les manières dont les déchets peuvent être collectés et traités une fois produits. Si nous souhaitons regarder de plus près comment les produits ont été fabriqués au départ, il nous faut utiliser un inventaire avec un autre champ d'application, un inventaire spécifique à l'étude des produits et des emballages. Cet inventaire inclura le choix des matériaux, les effets des efforts réalisés pour minimiser la production de déchets comme la réduction du poids des emballages ou la concentration des produits.

L'inventaire déchets est présenté en figure 6. Il est clair que les deux approches inventaire produit et inventaire déchets se recoupent. Une partie de l'inventaire produit devra prendre en compte le temps que chaque produit ou emballage passe au sein du flux des déchets et ceci jusqu'à son élimination. Réciproquement, l'inventaire déchets consiste à additionner ensemble les étapes d'élimination de ces mêmes produits et emballages. Ces deux inventaires représentent pourtant deux outils destinés à deux groupes d'utilisateurs bien distincts. L'inventaire produit sera utilisé de préférence par les fabricants de produits et les concepteurs d'emballages et les aidera à proposer à leurs consommateurs un service plus respectueux de l'environnement du point de vue de la consommation d'énergie et de ressources. L'inventaire déchets sera plutôt destiné à ceux dont la responsabilité est directement liée à la gestion des déchets, c'est-à-dire les municipalités, les autorités locales, les gouvernements, et les aidera à optimiser les systèmes qu'ils seront amenés à mettre en place.

Ces deux procédés d'optimisation interagissent. Si individuellement, les produits ou les emballages sont optimisés, cela changera la nature des produits intégrant le flux des déchets. De la même façon, l'optimisation systèmes de gestion des déchets permettra de changer et d'améliorer l'étape élimination des déchets du cycle de vie des produits et des emballages. Idéalement, nous devrions inclure à la fois les cycles de vie du produit et de ses emballages et le cycle des déchets dans un seul cycle de vie que l'on pourrait alors lui-même optimiser. C'est le système que nous présentons en figure 6. Pratiquement, cela impliquerait d'optimiser la production et l'élimination de chaque produit ou emballage au travers de toutes les étapes de leur cycle de vie. En clair, l'optimisation intégrale de notre société de consommation. Ce n'est pas vraiment réalisable, en tout cas pas encore. Aujourd'hui, nous devons nous contenter d'analyses « horizontales et verticales » c'est-à-dire l'utilisation des inventaires produits par leurs fabricants, et l'utilisation des inventaires déchets par les industriels du déchet et les décideurs politiques. Cette approche permet une optimisation des produits, emballages et de la gestion des déchets.

Les concepteurs et fabricants peuvent optimiser les performances de leurs produits ou emballages (analyse verticale), et les industriels du déchet, les collectivités et les législateurs peuvent optimiser leur approche de la gestion des déchets ménagers (analyse horizontale).

### **PROCTER & GAMBLE ET L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE : EXPÉRIENCE ET EXPERTISE**

C'est en 1990 que Procter & Gamble entreprend d'importants travaux de recherches sur les techniques d'inventaire du cycle de vie. Nos travaux portent en premier lieu sur l'inventaire du cycle de vie de nos produits et emballages ménagers, et en 1993, nous diffusons par l'intermédiaire de l'association Oree<sup>1</sup> le logiciel correspondant. Toute société peut ainsi avoir accès à un outil performant pour évaluer et chiffrer l'impact sur l'environnement de ses emballages. Par la suite, nous élaborons un autre logiciel qui s'appliquera spécifiquement à la gestion des déchets ménagers. Celui-ci a pour objectif de permettre aux partenaires concernés par ces questions, industriels et décideurs politiques, d'identifier les systèmes pouvant assurer l'élimination des déchets de manière durable. Ces travaux et ce logiciel viennent d'être publiés au sein d'un ouvrage collectif paru chez Chapman and Hall<sup>2</sup> et disponible en France chez Lavoisier.

### **CONCLUSIONS**

La gestion des déchets doit être rationalisée et optimisée en intégrant les objectifs du développement durable en termes économique et environnemental.

L'inventaire du cycle de vie est plus adapté à l'optimisation des systèmes de gestion intégrée des déchets que l'approche consistant à hiérarchiser les filières de traitement.

Il existe déjà des modèles d'inventaire qui permettent de comparer et d'évaluer les coûts et les charges pour l'environnement des systèmes de gestion des déchets.

Les modèles d'inventaire développés peuvent aussi montrer où réside le plus grand potentiel d'améliorations.

Différents types d'inventaire sont nécessaires pour optimiser la gestion des déchets et les cycles de vie des produits. Il existe pour chaque cas un type spécifique d'inventaire. Si les fabricants optimisent les cycles de vie de leurs produits et si les industriels du déchet optimisent la gestion de ceux-ci, il en résultera une optimisation globale pour l'environnement.

#### **\* Philippe Schauner**

Procter & Gamble France - BP 107 - 92201 Neuilly-sur-Seine cedex

#### **\* Peter White**

Procter & Gamble Ltd - PO Box 2, Forest Hall - Newcastle upon Tyne - NE 12 9TS - Angleterre

#### Notes :

1. Oree, 42, faubourg Poissonnière, 75010 Paris, France, tél : (33) (1) 48 24 04 00 ; fax : (33) (1) 48 24 08 63

2. *Integrated Solid Waste Management, a lifecycle inventory*, Pr White, M. Franke, P. Hindle, Chapman & Hall, Blackie A & P, 362 p. + disquette.

*Cet article a été traduit et adapté de la conférence « Lifecycle inventory for solid waste management : uses and limitations » présentée par Peter White au séminaire « Lifecycle assessment and treatment of solid waste », Stockholm, 28-29 septembre 1995.*