

La filière des emballages ménagers : de la modélisation technique et économique au développement d'un outil d'aide à la décision des collectivités et des opérateurs

André Le Bozec

Les techniques de collecte sélective des emballages et leur développement s'accompagnent d'un accroissement important des coûts financiers pour les collectivités. Après un bref rappel du contexte français de la filière déchets d'emballages ménagers, cet article décrit une démarche de modélisation technico-économique de cette filière qui conduit au développement d'un outil de simulation. Selon les cas, cet outil permet d'évaluer les performances technico-économiques des itinéraires existants, ou d'optimiser de nouveaux dispositifs de collecte et de tri.

L'assurance donnée aux collectivités d'« une garantie de reprise » de leurs déchets d'emballages triés conduit les collectivités locales et les opérateurs à développer la collecte et le tri de ces déchets avec l'aide d'Eco-Emballages.¹ Toutefois, la multiplicité des collectes sélectives (emballages, déchets toxiques, biodéchets, déchets verts), la modernisation et la rénovation des installations d'incinération et de compostage, le développement des déchetteries et des plates-formes de compostage de déchets végétaux se traduisent par une croissance continue des coûts (figure 1). La multiplicité des options d'organisation de la filière de recyclage des déchets d'emballages ménagers qui s'offre aux autorités organisatrices amène des questions sur la connaissance des coûts, sur la rationalisation des équipements de collecte et enfin sur la taille et la conception des centres de tri en lien avec le transport.

Après un bref rappel du contexte français de la filière² « déchets d'emballages ménagers », nous

présentons dans cet article les questions posées à la recherche, nous décrivons ensuite la démarche de modélisation des technologies de la filière réalisée par le Cemagref entre 1998 et 2004, puis à partir de 2004, l'étape de partenariat industriel avec Veolia Propreté pour l'élaboration d'un outil d'optimisation technico-économique de l'organisation des scénarios actuels ou possibles. Désormais, les collectivités locales bénéficient d'une possibilité d'expertise offerte par leur prestataire afin d'identifier les leviers d'optimisation de leur filière « emballages », puis d'envisager des améliorations ou des évolutions dans la mise en œuvre de leurs équipements pour une meilleure maîtrise de leurs coûts.

Le contexte français de la filière déchets d'emballages

Avec le décret du 1^{er} avril 1992³, les pouvoirs publics ont institué la responsabilité des producteurs et des importateurs de produits consommés

1. Eco-Emballages apporte un soutien financier selon les quantités triées et donne des prescriptions techniques aux collectivités. Depuis le 1^{er} décembre 2005, les collectivités peuvent choisir la « reprise garantie » avec les repreneurs de la FNADE (Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'environnement) et de la FEDEREC (Fédération de la récupération, du recyclage et de la valorisation).

2. Par filière, nous entendons l'articulation des activités (pré-collecte, collecte, transport-transfert, centre de tri) produites par une collectivité locale et concourant à la valorisation des déchets d'emballages ménagers et assimilés.

3. Décret n° 92-377 du 1^{er} avril 1992 portant application pour les déchets résultant de l'abandon des emballages de la loi n° 75-613 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux.

Les contacts

Cemagref, UR Gestion environnementale et traitement biologique des déchets, 17 avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex

4. Création en novembre 1992 de la société Eco-Emballages.

5. Le PVC est un polymère thermoplastique : le chlorure de polyvinyle (de l'anglais *polyvinyl chloride*).

6. Polyéthylène à haute densité.

7. Polyéthylène téréphtalate.

8. Institut français de l'environnement.

par les ménages de « pouvoir ou de contribuer » à l'élimination de l'ensemble des déchets d'emballages des produits qu'ils ont mis sur le marché. Pour remplir leurs obligations, ces producteurs et ces importateurs peuvent « contribuer » à une société agréée⁴. En contrepartie, la société agréée se porte garant de la prise en charge des emballages usagés et aide financièrement les collectivités locales dans la mise en place du tri des emballages.

Dès lors, la collecte sélective des emballages ménagers et des journaux-revues-magazines a démarré et s'est étendue à l'ensemble du territoire en une dizaine d'années. Les emballages visés sont le verre (bouteilles, bocaux et flacons), les plastiques (bouteilles et flacons en PVC⁵, PE-HD⁶, PET⁷ transparent ou coloré), les briques alimentaires composites, l'acier (boîtes de conserves) et l'aluminium (canettes, aérosols et barquettes). L'organisation de la collecte est très diversifiée en nombre de flux (vingt-quatre flux de déchets identifiés [Creff, 2003]) et en mode de pré-collecte (apport volontaire, porte-à-porte) en raison de l'émergence de nouveaux matériels comme les récipients et véhicules compartimentés. La figure 2 montre la diversité des équipements et des modes de collecte (Potard 1999). La création de centres de tri manuel de faibles capacités sur le territoire est orientée par la préoccupation de l'emploi. La mise en place de ces programmes de recyclage des emballages et journaux-revues-magazines relève le plus souvent d'une démarche par tâtonnements et segmentée par activités, collecte et traitement, qui induit des performan-

ces quantitatives et qualitatives variables. De plus, ce service se surajoute à celui des ordures ménagères résiduelles qui ne fait pas l'objet d'une rationalisation de la collecte. Nous avons, avec cette mise en œuvre tâtonnante, l'une des causes de la progression des coûts de la gestion des déchets ménagers, qui ont doublé en 10 ans (de 1993 à 2003), comme le montre le graphique de la figure 1 (Ifen⁸, 2003).

Quelle connaissance des coûts ?

Face à cette augmentation des coûts, une rationalisation des moyens et une connaissance des coûts associés s'imposent aux décideurs avec deux interrogations :

- quels sont les déterminants des coûts ?
- comment comparer les coûts compte tenu de la diversité des organisations et des territoires ?

La connaissance des coûts suscite trois critiques majeures :

- la première concerne la présentation des coûts sous forme d'un coût moyen qui tend à induire l'idée fautive selon laquelle un coût observé plus faible est synonyme de bonne décision. Pour être comparables, ces coûts doivent être rapportés à des niveaux de performances ou d'équipements similaires ;
- la seconde porte sur la présentation de coûts sous forme de fourchette ou de moyenne qui tend à effacer les disparités spatiales. Ces coûts sont des constats qui ne donnent pas d'explications sur leurs niveaux ;
- la dernière est l'absence de présentation de la méthode de calcul des coûts.

Ce constat renvoie à un besoin :

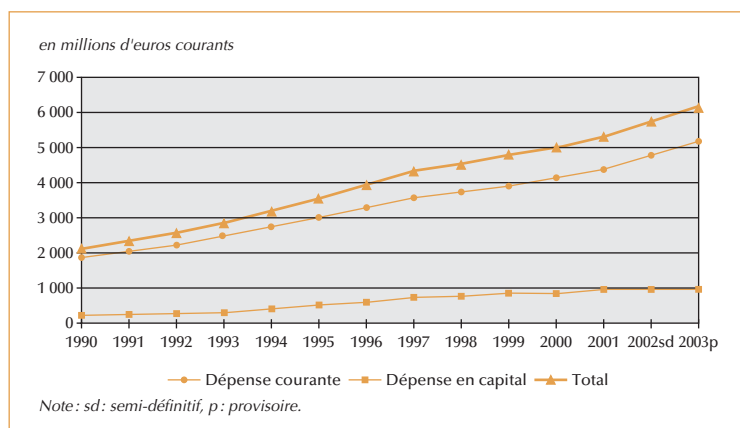
- de méthode standard d'analyse des coûts,
- de raisonnement sur la filière (continuum collecte-tri),
- d'indicateurs de performances.

Pour connaître les coûts, on peut faire appel à deux approches ou conceptions *ex ante* et *ex post*.

L'approche *ex ante*

Elle conduit à la détermination *a priori* des coûts par l'utilisation de standards techniques calculés

▼ Figure 1 – Évolution des dépenses françaises de gestion des déchets municipaux toutes filières confondues (Ifen, 2003).



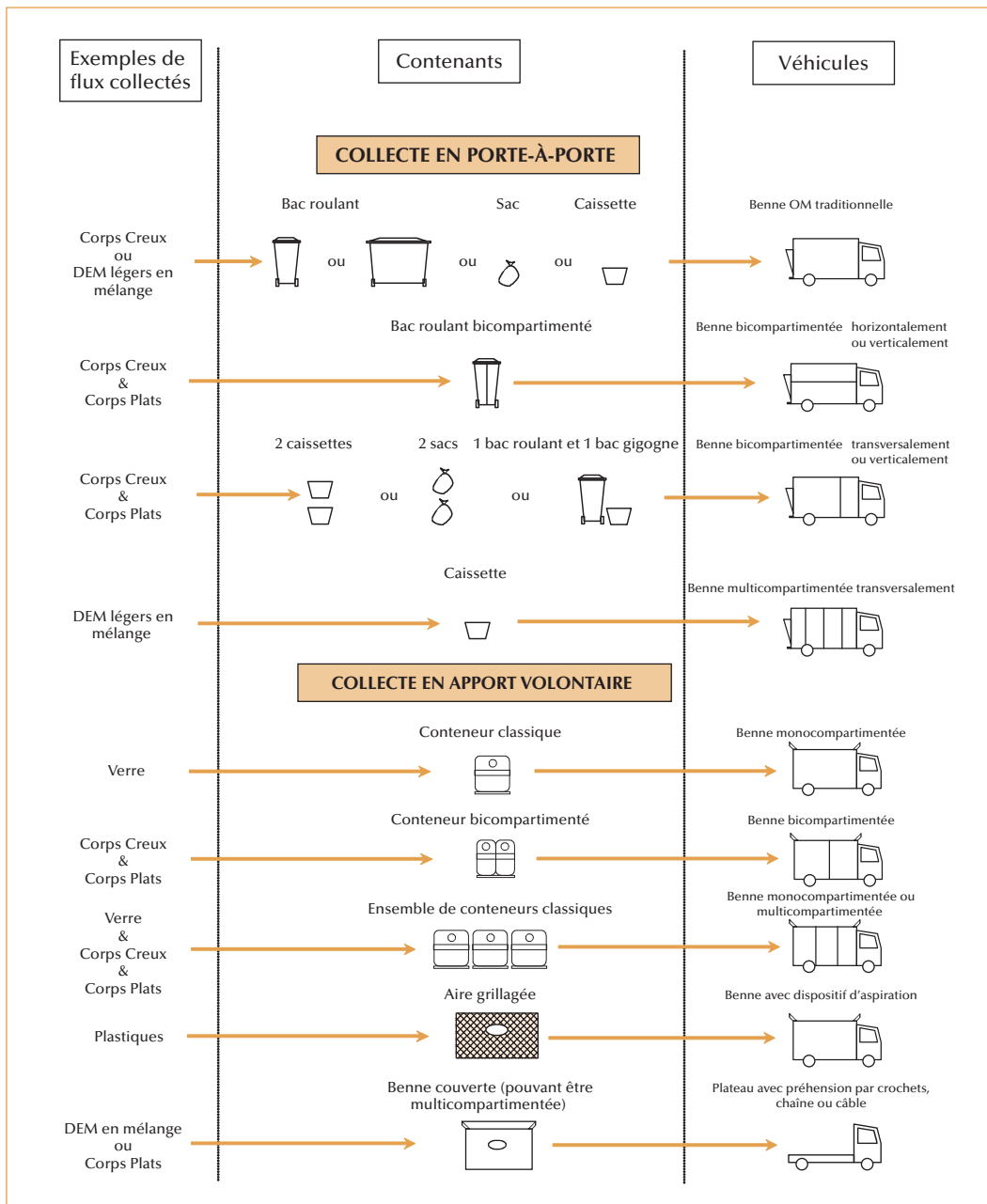


Figure 2 – Diversité des équipements et des modes de collecte (Potard, 1999).

généralement dans des conditions optimales d'emploi des moyens :

- la méthode d'analyse *ex ante* des coûts de collecte s'appuie sur des tableaux de bord et l'utilisation de standards. Une étude a été réalisée en France par l'Ademe⁹ (1998) sur les coûts des collectes sélectives afin de mettre en évidence les leviers opérationnels de la filière, à organisa-

tion constante, et de favoriser les comparaisons entre programmes. La limite de ces travaux tient à l'emploi d'une méthode de type comptable, peu souple et difficilement compatible avec la nécessaire prise en compte des nombreuses variables du système ;

- la méthode de modélisation de la collecte. Le déroulement de la collecte est traduit en un

9. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

modèle physique calé sur les données de terrain. Les travaux de Everett (1998), Le Bozec (1994), Tchobanoglous (1993), Wang (2001) utilisent différents modèles. La difficulté est de choisir le (s) ratio (s) compatible (s) avec la disponibilité de données représentatives.

L'approche *ex post*

Elle permet *a posteriori* le calcul des coûts par l'utilisation de l'information disponible. Elle transcrit la réalité et intègre donc les éléments d'hétérogénéité (caractéristiques de terrain, choix des décideurs) :

- la méthode d'analyse comptable des coûts s'appuie sur des logiciels et reste au niveau du service ; elle ne peut descendre que difficilement au niveau d'une analyse par flux. L'application de la méthode initiée par l'Ademe (2002) sur des sites représentatifs en France a permis de constater des fourchettes de variations de coûts très larges liées aux choix locaux d'organisation et à la jeunesse des opérations.

- la méthode d'analyse statistique *ex post* de données financières auprès d'un échantillon de villes. Les outils économétriques mis en œuvre mettent difficilement en évidence les variables explicatives des coûts qui se trouvent souvent corrélées. Elle a été mise en œuvre par de nombreux auteurs sur les ordures ménagères brutes pour déterminer l'efficacité d'un service ou pour expliquer les coûts (Stevens, 1977 ; Quigley et Kemper, 1976).

Cette approche *ex post* donne une vision statique des coûts, mais elle n'est pas adaptée à la construction d'outils prédictifs sur des systèmes où les variables sont nombreuses et le plus souvent corrélées.

La recherche engagée au Cemagref

Le choix de la méthode

Le champ de la recherche est donc la maîtrise des coûts de production¹⁰ des activités de la filière des déchets d'emballages, en limitant le cadre à celui de la compétence des collectivités locales. Les activités concernées comprennent donc la pré-collecte, la collecte, le transport, le centre de tri des déchets d'emballages jusqu'au conditionnement des produits triés conformes aux prescriptions techniques des repreneurs. Les activités complémentaires susceptibles d'être

réalisées par les industriels pour la réintroduction dans le cycle économique sont exclues.

La recherche sur la maîtrise des coûts de la filière « emballages » se heurte à une question de méthode en raison des nombreuses contraintes : géographiques et territoriales, conditions de fournitures du service. Dans la suite, nous avons fait le choix d'une modélisation *ex ante* avec des données de calage réelles afin d'avoir une approche dynamique. La modélisation technique de la collecte a nécessité de se poser la question des objectifs de l'étude. Ces objectifs sont de traduire d'une part, l'influence des changements technologiques et d'organisation sur les coûts et, d'autre part, d'évaluer les effets économiques des leviers d'action (fréquence, flux, mode de collecte, type de récipients, etc.), la finalité étant de traduire leurs évolutions en termes d'influence sur les performances dans le modèle technique. Le choix des paramètres du modèle doit donc en tenir compte lors de la construction du modèle de collecte.

La seconde question porte sur les données nécessaires et disponibles, leurs natures et leur accessibilité afin de caler et valider le modèle. Ces questions nous ont conduits à privilégier l'analyse sur le véhicule et son équipage, et non sur les récipients, et en considérant que les coûts résultent du temps d'utilisation des facteurs de production (personnel, équipements). Les coûts du tri dépendent de la technologie, de la conception du centre, de sa taille et du temps de fonctionnement. Le modèle économique associé est limité à ces variables. En effet, le lien entre les performances du centre de tri et le couple trieurs-technologie est très mal connu à ce jour.

La démarche de recherche

Après des travaux conduits sur l'économie des ordures ménagères brutes et différentes études ponctuelles sur les collectes sélectives d'emballages, les travaux conduits au Cemagref ont véritablement démarré sur la filière en 1998. Ils ont connu trois étapes que nous présentons ci-après, avant de développer plus précisément la dernière étape qui a abouti à un outil d'aide à la décision.

Ces travaux sont par nature multidisciplinaires en croisant l'approche de l'ingénieur (ingénierie) et une approche d'économie industrielle. Une approche essentiellement technique méconnaît le fait qu'il s'agit d'une composante d'un

10. Le coût de production d'une activité est la somme du coût du capital et du coût d'exploitation.

service public local soumis à des contraintes financières. Une analyse économique ne peut faire l'impasse sur la diversité des technologies mises en œuvre et sur leurs performances techniques.

1^{RE} ÉTAPE : CONNAISSANCE DU COUPLE COÛT-EFFICIENCE DES SYSTÈMES TECHNIQUES

Dans sa thèse, Creff (1999-2003) partait de l'hypothèse que l'urbanisme différenciait les choix techniques des collectivités locales, idée largement partagée à l'époque. Or, les analyses statistiques (méthodes non paramétriques), sur des données de l'enquête réalisée auprès des collectivités françaises, ont mis en évidence que l'urbanisme – considéré implicitement comme influant sur les choix techniques et les performances de collecte – n'était pas un critère de distinction des choix des technologies de collecte. L'effet « type d'urbanisme » n'était pas confirmé, mais les effets « mode de collecte » (apport volontaire, porte-à-porte) et « récipients » sur la quantité et la qualité des produits apparaissaient significatifs.

À cet égard, l'analyse par enveloppement de données (méthode DEA¹¹) a fait ressortir l'« apport volontaire » comme le mode de collecte le plus efficient, du fait d'une meilleure utilisation des moyens de collecte. Au final, il est mis en évidence que la nature des technologies et l'organisation de leur utilisation déterminent l'efficacité du système technique.

2^E ÉTAPE : MODÉLISATION DES TECHNOLOGIES DE LA FILIÈRE

Le constat que les technologies et leurs conditions d'emploi déterminent les performances techniques et économiques nous a conduits alors à privilégier une approche qui permette de lever la difficulté présentée par la multitude des variables et de pouvoir analyser les coûts par types de collecte.

Une première avancée dans la modélisation technico-économique de la filière a été initiée dans le cadre du projet européen AWAST¹² (2001-2004). Le modèle économique de la collecte, centrée sur le véhicule et les récipients associés, a été élaboré sur un circuit type de collecte et selon une chronologie standard des phases, et ce pour chaque technologie de collecte des déchets d'emballages ménagers (technologie = associations mode de collecte, véhicule, récipients, flux). Le modèle technique permet de calculer les besoins en véhicules et personnels sur la base d'indicateurs

de performances (charge linéaire, rendements de collecte, masse volumique des flux) et est calé pour chaque technologie au moyen de données relevées lors de suivis de collecte. Le modèle considère qu'un équipage est affecté à un véhicule dans une situation optimisée d'utilisation des moyens. Les données économiques de l'étape 1 sont reprises.

3^E ÉTAPE : MODÉLISATION TECHNICO-ÉCONOMIQUE DE LA FILIÈRE EMBALLAGES ET ÉLABORATION D'UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

Cette étape, décrite ci-après, a pour objectif de rendre opérationnel le modèle théorique en intégrant les contraintes d'utilisation des moyens de production pour l'opérateur et la diversité du territoire d'EPCI¹³, afin de prendre en compte les effets de seuils d'emploi des équipements. Ce développement s'est déroulé, de 2004 à 2006, dans le cadre d'un partenariat entre le Cemagref et Véolia Propreté, le Cemagref ayant appliqué ses modèles techniques aux situations de terrain présentées par Véolia Propreté. La confidentialité du travail de recherche réalisé ne nous permet pas de spécifier plus en détail l'ensemble des modèles techniques et économiques.

Méthodes et résultats

La méthode

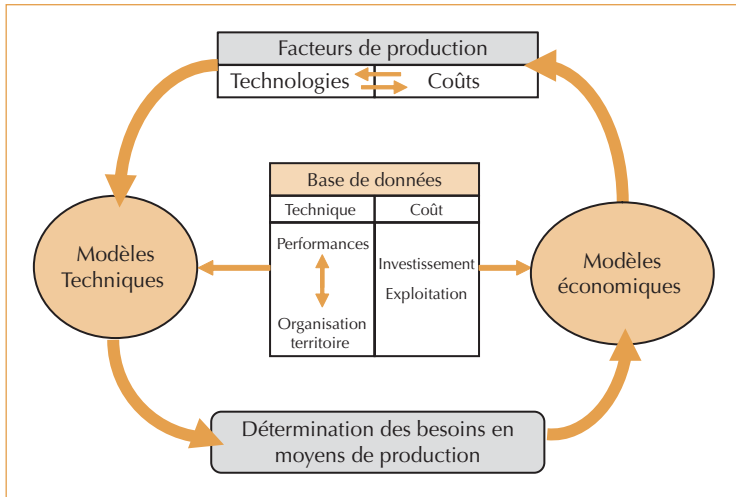
La recherche entreprise en partenariat avec Veolia Propreté a consisté à développer une modélisation de la filière qui permette d'estimer l'influence, sur les coûts de production de la filière des emballages ménagers, des paramètres techniques d'organisation de la collecte, des conditions de réalisation de cette collecte et (ou) des contraintes de terrain. La méthode retenue (figure 3) est la réalisation d'un modèle économique intégrant les principaux facteurs de production (personnel et équipements). Au préalable, la modélisation technique fondée sur les paramètres de fonctionnement des équipements permet d'évaluer l'influence des leviers d'actions sur les besoins en moyens de production. L'influence sur le coût d'un paramètre ou d'une combinaison de paramètres peut donc être estimée. La démarche de l'étude s'est déroulée en cinq temps :

- la définition d'une méthode de calcul des coûts,
- l'établissement d'un modèle conceptuel de la collecte,

11. De l'anglais *Data Envelopment Analysis*.

12. Programme de recherche européen pour améliorer la gestion globale des déchets ménagers.

13. Établissement public de coopération intercommunale.



▲ Figure 3 – Organisation des liaisons de la méthode utilisée.

- la définition des scénarios d'organisation,
- le calage et la validation des modèles,
- l'évaluation des scénarios retenus.

Pour ce faire, il a été procédé à une identification préalable des contraintes (géographiques de l'EPCI, de fourniture de l'EPCI, de production de l'opérateur) et à l'examen de leurs influences respectives sur les ratios déroulement/performances de la collecte. De même, les différentes technologies actuelles et celles connues pour être utilisables dans le futur, ont été inventoriées et mises en relation avec les données techniques et financières de terrain facilement mobilisables. Dans ce travail de modélisation, la filière des déchets d'emballages est décomposée en quatre modules techniques : pré-collecte, collecte, transfert-transport et centre de tri. De même, un EPCI est constitué par une juxtaposition d'urbanismes (rural, péri-urbain, urbain, urbain dense) porteurs d'organisations spécifiques de collecte (porte-à-porte, apport volontaire, récipient, fréquence, flux, etc.).

14. Les opérations prises en compte dans la pré-collecte sont l'acquisition des récipients, leur maintenance et leur nettoyage.

15. Syndicat national des activités du déchet.

Les modèles des modules « pré-collecte ¹⁴ », limité aux récipients, et « transport » sont classifiés (Wilson, 1981).

LE MODULE « MODES DE COLLECTE »

Ce module est formalisé pour s'appuyer sur des données de performances (rendement de collecte) liées au type d'habitat et à la technologie de collecte. La performance de collecte, déterminée selon l'association « flux-urbanisme-paramètres de collecte », est extraite de la base de données constituée lors de l'étude à partir des enregistre-

ments de suivis de collecte de Veolia Propreté. Le modèle de collecte, développé sur une unité sectorielle, réalise la sommation des différents flux étendue aux différentes échelles de temps (semaine, année) et de territoires constitutifs de l'EPCI. Après quoi, la définition des besoins en équipages et en équipements amène au calcul du coût de production selon une méthode standard utilisant les coûts unitaires de la profession (SNAD ¹⁵).

LE MODULE « CENTRE DE TRI »

Le modèle économique intègre la dépréciation du capital et le coût de fonctionnement. Ces deux coûts ont été estimés selon la méthode utilisée dans les industries chimiques aux États-Unis, décrite par Turton *et al.* (1998) et Peters et Timmerhaus (2002). Elle permet de se centrer sur les principaux postes de coûts et de rendre les modèles aisément actualisables. Les variables retenues dans les simulations des centres de tri « manuels » ou « automatiques » sont la nature du flux, la capacité nominale et le taux d'utilisation.

Les conséquences économiques des différentes combinaisons de technologies, des possibilités d'organisation avec les divers territoires, ne peuvent s'appréhender qu'en traduisant cette réalité dans un modèle technique. En effet, l'évaluation de l'impact économique d'un changement dans ce système nécessite que nous soyons capables de quantifier ses effets sur les performances du système global.

Les résultats

L'outil développé permet de réaliser les simulations économiques des scénarios dans des contextes différenciés d'urbanisme tout en prenant en compte les contraintes géographiques, les contraintes de fourniture du service et les contraintes de production (emploi des moyens).

L'outil de simulation permet :

- d'évaluer l'influence économique d'un levier ou d'une combinaison de leviers techniques au niveau de chaque module technique (pré-collecte, collecte, transport, tri). C'est le cas par exemple pour la nature du flux de déchets, la fréquence de collecte, le type de récipients ;
- de comparer des changements d'organisation de la filière sur tout ou partie de l'EPCI ;
- de tester les scénarios possibles et des scénarios prospectifs basés sur des systèmes innovants (collecte et/ou centre de tri automatique).

La modélisation fournit l'impact économique (par rapport à une base 100) des changements d'organisation par rapport à la situation existante considérée comme référence (base 100) dans les conditions réelles ou de comparer des changements entre eux (figure 4). En effet, les facteurs de production sont rarement en condition de plein emploi et les effets de seuils des collectivités sur les coûts sont d'autant plus importants qu'elles sont de petites tailles.

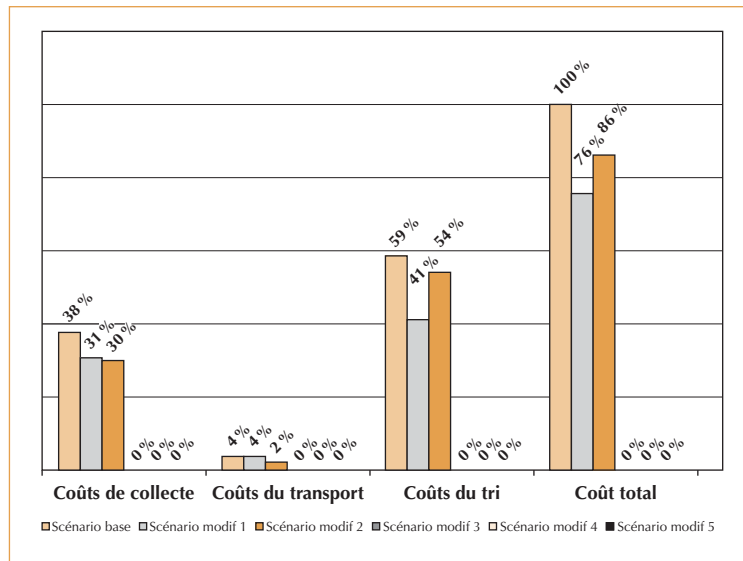
L'intérêt de l'outil est donc de donner un résultat rapide individualisé là où une étude serait à chaque fois nécessaire. Les résultats des études nationales sont le plus souvent trop généraux, nécessitent un recueil important de données, et ne peuvent être transposés qu'avec prudence sur les territoires d'EPCI. Les simulations réalisées sur différentes configurations nous ont montré que les coûts de transport ne dépassent pas 5 % du coût total de production de la filière alors que les coûts de collecte se situent entre 30 à 50 % de ce coût total. Les coûts de collecte peuvent décroître de 20 à 30 % par un développement de l'apport volontaire, par l'abaissement de la fréquence de collecte et en limitant la composition de l'équipage. Mais les réductions de coûts les plus importantes passent par la recherche d'économies d'échelle dans les centres de tri en développant des centres de plus grande capacité dédiés à plusieurs collectivités, ce qui n'est guère le cas actuellement.

Conclusions

La valorisation de l'outil de simulation

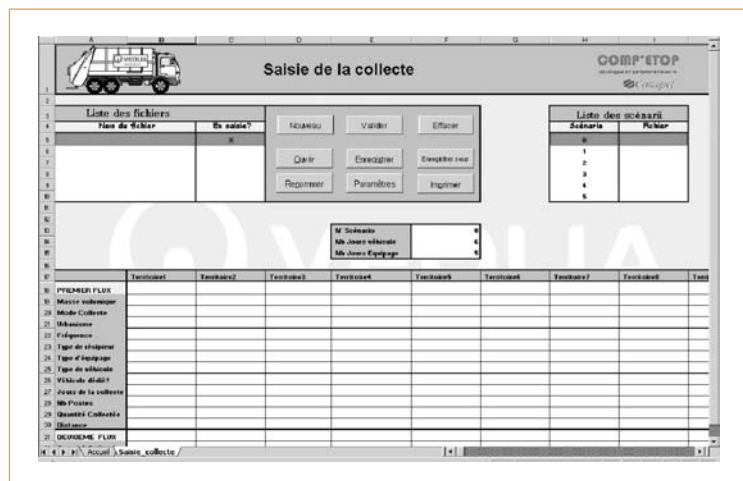
L'originalité et la force de l'outil résident :

- dans l'approche centrée sur la production d'un service public local,
- dans la souplesse d'actualisation des données retenues (techniques, coûts),
- dans la possibilité de mise à jour selon l'évolution des techniques ou des connaissances,
- dans l'emploi de ratios de performances facilement saisissables sur le terrain,
- dans sa démarche économique qui le rend utilisable quel que soit le mode de gestion (régie, prestation de service),
- dans sa capacité de comparaison économique de scénarios d'organisation.



▲ Figure 4 – Exemple de présentation des évolutions des coûts de collecte, transport et tri selon les scénarios d'organisation testés.

▼ Figure 5 – Vue de l'écran de « saisie de la collecte » de l'outil logiciel.



Les perspectives

À l'avenir, l'outil développé pourra être amélioré en fonction de nouvelles connaissances, notamment sur le fonctionnement des centres de tri automatiques, sur les impacts environnementaux

du modèle « transport » (gaz à effet de serre, impact énergétique). Les travaux développés sur la filière de recyclage des déchets d'emballages constituent un premier maillon dans la construction d'un outil intégrateur appréhendant la gestion globale des déchets ménagers. □

Remerciements

L'auteur remercie toutes les personnes qui ont contribué à ce travail, et plus particulièrement Jean Benoist, Jérôme Blancon, Éric Zenden de Véolia Propreté et Jacques Meheut du CREED (Centre de recherches pour l'environnement, l'énergie et le déchet).

Résumé

La collecte sélective des emballages s'est développée en France au cours de la décennie passée. Les nombreux schémas organisationnels mis en œuvre accentuent l'amplitude et l'augmentation des coûts. Les collectivités locales s'interrogent sur l'organisation et le niveau du service fourni aux citoyens et cherchent à maîtriser leurs niveaux de coûts. Aussi, un besoin d'outil d'aide à la décision se fait-il sentir pour connaître l'impact économique de toute décision de modification dans l'organisation de la filière de gestion des déchets d'emballages ménagers.

La prise en compte de la multiplicité des variables nous a conduits vers la modélisation technico-économique de la filière. La modélisation technique préalable traduit l'intensité d'emploi des facteurs de production (personnel, équipements). La modélisation économique s'appuie sur la théorie économique et le savoir-faire d'organisation d'un opérateur et en utilisant les données concrètes de terrain.

Les modèles sont traduits dans un outil informatique de simulation. Avec cet outil, les décideurs disposent d'un comparateur pour évaluer les conséquences économiques de leurs choix, soit par rapport à leur situation actuelle, soit pour se projeter dans le moyen terme afin de faire évoluer leur organisation de collecte et de tri des emballages.

Abstract

The selective collection of packaging waste was developed in France during the last decade. The various organisational scenarios implemented accentuate the amplitude and the increase of costs. The local authorities wonder about the organization and the level of the service provided to the citizens and seek to control their costs. So, the need is felt for a decision-making aid tool to find out the economic impact of each modification on the packaging waste management stream organization.

The recognition of the multiplicity of variables has led us towards the techno-economic modelling of the stream. A preliminary technical modelling translates the intensity use of production factors (personnel, equipment). Economic modelling is based on the economic theory and the know-how of a major operator in solid waste management by using case-study data.

The models are translated in a data-processing simulation tool. So, with this tool, the decision makers have a comparator to evaluate the economic consequences of their choices, either compared to their current situation, or to project itself in the medium term in order to modify their collection and sorting organization of packaging waste.

Bibliographie

- ADEME, AMF, SOFRES, 1998, *Analyse des coûts de gestion des déchets municipaux*.
- ADEME, *Étude des coûts 2001 de la collecte sélective et du tri des ordures ménagères recyclables*, 2002.
- CREFF, E., 2003, *Coût, efficacité et performance technique de la fourniture d'un service public local – Evaluation économique comparée des organisations de la collecte sélective des déchets d'emballages ménagers et journaux-magazines en France*, thèse de l'université de Rennes 1.
- EVERETT, J.-W., MARATHA, S., DORAIRAJ, R., RILEY, P., 1998a, Curbside collection of recyclables I: route time estimation model, *Resources, Conservation & Recycling*, 22, p. 177-192.
- EVERETT, J.-W., DORAIRAJ, R., MARATHA, S., RILEY, P., 1998b, Curbside collection of recyclables II : simulation and economics analysis, *Resources, Conservation & Recycling*, 22, p. 217-240.
- IFEN, 2003, *L'économie de l'environnement en 2003*, Rapport général de la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement.
- LE BOZEC, A., 1994, *Le service d'élimination des ordures ménagères, organisation-coûts-gestion*, Paris, L'Harmattan éditions, 459 p.
- LE BOZEC, A., 2003, *Methodology of determination for production costs process and for municipal solid waste full cost*, Report to Research European Commission, Cemagref.
- PETERS, M.-S., TIMMERHAUS, K.-D., 2002, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, McGraw-Hill Book Co, International Editions, USA.
- POTARD, S., 1999, *Contribution à l'étude des performances techniques des collectes sélectives*, rapport de stage, IGE, Cemagref.
- QUIGLEY, J.-M., KEMPER, P., 1976, *The economics of refuse collection*, Ballinger Publishing Company.
- STEVENS, B.-J., 1977, Scale, Market structure, and the cost of refuse collection, *Review of economics and statistics*, p. 438-448.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S., 1993, *Integrated Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, New York.
- TURTON, R., BAILIE, R., WHITING, W.-B., SHAEIWITZ, J.-A., 1998, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Prentice Hall, USA.
- WANG, F.-S., 2001a, Deterministic and stochastic simulations for solid waste collection systems – a SWIM approach, *Environmental Modelling and Assessment*, vol. 6, p. 249-60.
- WILSON, D.-C., 1981, *Waste management*, Clarendon Press Oxford.