

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**LA COLLECTE ET LE TRANSPORT DES PRODUITS USAGES ET
DES DECHETS DANS UNE OPTIQUE DE LOGISTIQUE INVERSE
ÉTAT DES CONNAISSANCES ET PROPOSITIONS
METHODOLOGIQUES**

**THE COLLECTION AND TRANSPORT OF END-OF-LIFE
PRODUCTS AND WASTES FROM THE STANDPOINT OF
REVERSE LOGISTICS
THE STATE OF KNOWLEDGE AND METHODOLOGICAL
PROPOSALS**

avril 2014

F. MASSARI, V. MONIER – Bio Intelligence Service
M. SEROUGE, J. GONZALES-FELIU – LET - Lyon 2



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :
RECORD, La collecte et le transport des produits usagés et des déchets dans une optique de logistique inverse. État des connaissances et propositions méthodologiques, 2014, 121 p, n°12-0144/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

© RECORD, 2014

RESUME

Le transport des déchets constitue une activité non négligeable en raison des moyens techniques mis en place, des coûts générés, de la masse et des volumes concernés, ou encore de la consommation d'énergie et des émissions de polluants engendrées. Et malgré les efforts de limitation à la source, de nombreux indices incitent à penser que la croissance des flux de déchets transportés va se poursuivre. Cette croissance des flux s'accompagne d'une complexification des chaînes logistiques, d'un allongement des distances parcourues par les déchets, mais également d'une multiplication des segments de transport.

Or la logistique inverse, qui consiste à utiliser la logistique de livraison des produits neufs pour enlever les produits en fin d'usage, pourrait permettre de réduire les incidences du transport des déchets en profitant de moyens existants et de trajets aujourd'hui réalisés à vide.

Afin d'identifier les opportunités offertes par ce schéma logistique, l'étude intitulée « La collecte et le transport des produits usagés et des déchets dans une optique de logistique inverse : état des connaissances et propositions méthodologiques » a visé à compiler et à analyser les recherches, réflexions et expérimentations menées dans le domaine de la logistique inverse en matière de déchets (flux concernés, mode de regroupement, densification, mode de transport, traçabilité, identification, etc.). Elle a permis d'évaluer dix expérimentations concrètes et de définir les conditions de développement de la logistique inverse des déchets et les opportunités et contraintes liées. Elle aboutit à la description des besoins de recherche nécessaires sur la thématique.

MOTS CLES

Déchets, produits usagés, logistique inverse, logistique retour, transport, recyclage, réutilisation, prévention.

SUMMARY

Transporting waste constitutes an important activity due to the technical resources implemented, the costs generated, the mass and volumes involved, and the energy consumption and pollutant emissions generated. In spite of the efforts made to reduce waste at source, many factors lead to the assumption that the flow of waste transported will continue to grow. This growth goes hand in hand with the increased complexity of supply chains, the extension of distances travelled by the waste, and a rise in the number of transport segments.

However, reverse logistics, which consists in using the logistics for delivering new products to remove those at the end of their lifecycles, could reduce the impact of waste transport by taking advantage of existing resources and trips currently made by empty vehicles.

In order to identify the opportunities provided by this logistic scheme, the study named "The collection and transport of end-of-life products and waste from the standpoint of reverse logistics; state of knowledge and methodological proposals", is aimed at compiling and analysing research, reflections and experiments carried out in the domain of reverse logistics applied to waste (the flows involved, mode of grouping, bulking, mode of transport, traceability, identification, etc.). It permits evaluating ten concrete experiments and defining the conditions for developing reverse logistics for waste and the opportunities and constraints along with the associated opportunities and limitations. It results in the description of the needs for research on the subject.

KEY WORDS

Waste, end-of-life products, reverse logistics, transport, recycling, reuse, prevention.

Introduction

Depuis la mise en place d'une gestion multi-filières débutée dans les années 1990, les déchets sont resitués au sein des questions posées par l'épuisement des réserves terrestres d'énergies, de matières premières et des risques liés à la pollution de notre environnement. Ainsi, les déchets sont dorénavant considérés comme un gisement d'énergie et de matières premières "secondaires" potentielles.

Le transport des déchets constitue une activité non négligeable en raison des moyens techniques mis en place, des coûts générés (le coût logistique moyen d'une tonne de déchets représente jusqu'à 50 % de son coût d'élimination global), de la masse et des volumes concernés, ou encore de la consommation d'énergie et des émissions de polluants engendrées. L'activité de transport des déchets représente, selon les sources, environ 1/3 des tonnages transportés en trafic intérieur de marchandises. La route assure la quasi-totalité du trafic des déchets tout en ayant une faible efficacité énergétique (2 à 3 fois inférieure à celle du transport ferroviaire par exemple) et en émettant fortement divers polluants et gaz à effet de serre.

Malgré les efforts de limitation à la source, de nombreux indices incitent à penser que la croissance des flux de déchets transportés va se poursuivre. Cette croissance des flux s'accompagne d'une complexification des chaînes logistiques, d'un allongement des distances parcourues par les déchets, mais également d'une multiplication des segments de transport. Aujourd'hui, la majeure partie du gisement des déchets donne lieu à une activité de transport dans le cadre de leur traitement, à l'exception des bio-déchets compostés directement par les ménages ou des déchets agricoles essentiellement valorisés au sein des exploitations (seuls 12 % des déchets de l'agriculture et de la sylviculture donnent lieu à un transport).

Traditionnellement organisée dans une logique linéaire, la logistique des transports des déchets s'est complexifiée et correspond actuellement à une organisation systémique. Ce type d'organisation engendre une diminution des quantités de déchets mises en décharge mais implique plus de ruptures de charge et un recours aux transports et à la manutention plus important.

En effet, la succession des opérations conduit à de multiples transports et manutentions, qui interviennent à chaque phase du traitement, et donc paradoxalement à l'aggravation des nuisances associées à ces transports (par exemple la mise en œuvre d'opérations de valorisation intéressantes du point de vue environnemental peut s'accompagner de contraintes générant des impacts significatifs à l'étape de transport – augmentation du nombre de kilomètres parcourus par tonne de déchets - pouvant annuler l'avantage environnemental obtenu par la valorisation) alors que le législateur a instauré le tri ou le traitement des résidus afin d'en réduire le potentiel polluant.

Le présent document est une synthèse du rapport final de l'étude intitulée « La collecte et le transport des produits usagés et des déchets dans une optique de logistique inverse : état des connaissances et propositions méthodologiques ». Cette étude a visé à compiler et à analyser les recherches, réflexions et expérimentations menées dans le domaine de la logistique inverse en matière de déchets (flux concernés, mode de regroupement, densification, mode de transport, traçabilité, identification, etc.). Elle aboutit à la description de moyens et de développements nécessaires à la mise en place d'une gestion optimisée des flux.

Introduction

Since the organisation of selective waste management in the 1990s, wastes have become a central issue raised by the depletion of terrestrial energy reserves, raw materials and the risks linked to the pollution of our environment. Consequently, wastes are henceforth considered as potential sources of "secondary" energy and raw materials. Waste transport is an important activity due to the technical resources implemented, the costs generated (the average logistic cost of a ton of waste represents about 50% of its global elimination cost), the mass and volumes concerned, and energy consumption and the pollutant emissions generated. According to certain sources, transporting waste represents about a third of the tonnage of internal goods transported. Almost all traffic linked to waste travels by road with low energy efficiency (two to three times lower than rail transport, for example) and considerable emissions of different greenhouse gases.

In spite of the efforts made to reduce waste at source, a large number of factors lead to the assumption that the growth in flows of waste transport will continue. This growth of flows is occurring along with increasingly complex supply chains, the extension of distances travelled by waste, and increased segmentation of the transport sector.

Currently, the majority of the wastes collected gives rise to transport in the framework of their treatment, with the exception of organic waste composted directly by households and agricultural waste mainly recycled by farms (only 12% of agricultural and forestry waste results in transport).

Traditionally organised according to linear logic, waste transport logistics has become more complex and is now subject to systemic organisation. This type of organisation leads to reduced quantities of wastes taken to dumps, but involves more breaking-up of loads and greater transport and handling needs.

Indeed, the succession of operations leads to multiple transport and handling operations that occur at every phase of treatment and which, paradoxically, aggravate the nuisances caused by the transport (for example, carrying out recycling operations useful from the environmental standpoint can be accompanied by constraints that generate significant impacts due to steps involving transport – increased mileage per ton of waste – likely to cancel the environmental advantage obtained by recycling), whereas legislation has introduced selective sorting and treatment to reduce potential pollution.

This document is a summary of the final report of the study titled "The collection and transport of end-of-life products and waste from the standpoint of reverse logistics; state of knowledge and methodological proposals". The aim of this study was to compile and analyse research, reflections and experiments in the domain of reverse logistics applied to waste (the flows involved, grouping mode, densification, mode of transport, traceability, identification, etc.). The result is a description of the resources and developments required to organise the optimised management of flows.

Objectives of the project and the methodology implemented

The main objectives of this study were to:

- Define the perimeter of the study in terms of the wastes considered, and the practices of reverse logistics;*
- Identify the practices, research and experiments in the reverse logistics of wastes and carry out an initial*

Objectifs du projet et méthodologie mise en œuvre

Cette étude avait comme objectifs principaux de :

- Définir le périmètre de l'étude en termes de déchets considérés, ainsi que de pratiques de logistique inverse ;
- Recenser les pratiques, recherches et expérimentations en matière de logistique inverse des déchets et effectuer une première sélection d'une dizaine d'expérimentations pour lesquelles une évaluation de la performance serait réalisée ;
- Réaliser l'évaluation complète des dix expérimentations sélectionnées.
- En conclure les opportunités que peut offrir la logistique inverse pour optimiser la gestion des déchets et les besoins en Recherche & Développement nécessaires à son développement.

Dans un premier temps, un état des lieux des expérimentations en termes de collecte de déchets dans une logique de logistique inverse a été réalisé. L'identification des expérimentations s'est basée, d'une part, sur l'exploitation des fonds documentaires des auteurs et, d'autre part, sur la mise en place d'une campagne de collecte sur Internet plus large, bâtie autour de mots-clés et sur différentes revues de littérature scientifique.

Ensuite, 10 expérimentations ont été choisies comme représentatives. Afin de mieux les comprendre, elles ont été étudiées en détail et évaluées. La méthode d'évaluation des performances de ces expérimentations a été développée par le LET en s'appuyant sur les acquis du laboratoire, principalement les travaux d'évaluation de la durabilité et les catégories définies par la méthodologie d'évaluation de la logistique urbaine. Cette méthode a été largement remaniée dans le cadre de la présente étude de façon à être adaptée aux besoins de l'étude et aux produits concernés qui sont ici des produits en fin de vie. La méthode d'évaluation proposée décline 3 catégories d'analyse (économique, environnemental et social/sociétal), comprenant chacune plusieurs indicateurs. Elle a été appliquée à l'exemple de l'offre Recy'go de La Poste comme premier test, puis déployée à l'ensemble des expérimentations sélectionnées pour analyse. Pour chacune, une recherche bibliographique détaillée a été effectuée, puis complétée par des entretiens semi-directifs, principalement par téléphone. Une analyse transversale de ces différentes expérimentations a ensuite permis de définir les éléments à retenir de ces expériences et les besoins en R&D.

Synthèse des études de cas

L'évaluation des différentes expérimentations permet de dresser un panorama des enjeux rencontrés et des opportunités offertes par la logistique inverse des déchets.

Une grande diversité des expérimentations

Comme la recherche d'expérimentations l'a montré, la logistique inverse des déchets recoupe de très nombreux types d'organisations. Cette diversité rend compte de nombreuses possibilités d'application et donc a priori d'importantes opportunités de développement.

Les types d'expérimentations identifiés sont les suivants :

- La reprise des produits en fin de vie imposée par la réglementation aux distributeurs.
- La reprise volontaire mise en place par un producteur sur les produits en fin de vie de sa (ou ses) marque(s).
- L'utilisation d'emballages réutilisables engendrant des flux inverses entre clients et fournisseurs.

selection of ten experiments whose performances will be evaluated;

- *Carry out a complete evaluation of the ten experiments selected.*
- *Conclude on the opportunities capable of providing reverse logistics to optimise waste management and define research and development needs to ensure its progression.*

Firstly, an inventory of the waste collection experiments performed in the spirit of reverse logistics was performed. The experiments were identified on the one hand by examining the literature produced by the authors and, on the other, by organising a wider data collection campaign on the Internet, structured around keywords and different reviews of the scientific literature.

Then 10 experiments were chosen as representative. In order to better understand them, they were studied in detail and evaluated. The method used to evaluate the performance of these experiments was developed by the LET on the basis of laboratory's knowledge mainly acquired from works conducted to evaluate the sustainability and categories defined by the evaluation methodology applied to urban logistics. This method was considerably overhauled in the framework of the present study in order to adapt it to the needs of the study and the products concerned, in this case products at the end of their life cycles. The evaluation method proposed includes three categories of analysis (economic, environmental and social/societal), each comprising several indicators. It was applied to the example of the Recy'go offer made by La Poste for the first test, then applied to all the experiments selected for the analysis. Detailed bibliographical research was carried out for each of them then completed by semi-directive interviews, mainly by telephone. A cross-sectional analysis of these different experiments was then performed to determine and select the elements of these experiments and R&D needs.

Synthesis of case studies

The evaluation of the different experiments provides a panorama of the stakes identified and the opportunities offered by reverse logistics applied to wastes.

Highly diverse experiments

As demonstrated by the research on experiments, reverse logistics for waste management covers many different types of organisation. This diversity highlights its many possible applications and thus major opportunities for development.

The types of experiments identified are as follows:

- *The regulatory collection of products at the end of their life-cycle by distributors.*
- *The voluntary collection by producers of products of their brand(s) at their end of their life cycle.*
- *The use of re-utilisable packaging generating reverse flows between clients and suppliers.*
- *The search for industrial synergy involving the recovery of waste to re-integrate it in the production process.*
- *The collection of waste with financial incentives by certain distributors.*
- *The provision, by distributors, of their sales spaces as consignment stores for products at their end-of-life.*
- *The dematerialisation of offers of products and an offer of services involving waste collection.*
- *The management of waste in insular situations requiring reverse logistics for specific wastes.*

- La recherche de synergie industrielle impliquant la récupération de déchets pour les réinjecter dans des processus de production.
- La reprise de déchets avec incitation financière par certains distributeurs.
- La mise à disposition, par des distributeurs, de leurs espaces de vente comme dépôts de produits en fin de vie.
- La dématérialisation d'une offre de produits en une offre de services impliquant la reprise des déchets.
- La gestion des déchets en situation insulaire nécessitant des logistiques de retours des déchets spécifiques.
- La récupération de déchets par les réseaux de points relais.
- La création d'offres de reprise de déchets par les logisticiens.

Cette diversité laisse présager de **bonnes perspectives de développement de la logistique inverse et montre que de nombreux schémas sont possibles.**

Toutefois, le manque d'unicité rend difficile la comparaison entre les solutions. Les cas étudiés sont extrêmement variés et il s'avère délicat d'en déduire des conclusions homogènes sur les atouts de la logistique inversée des déchets et les conditions nécessaires à son développement.

La logistique inverse au service de l'optimisation de la gestion des déchets

Globalement, les expérimentations étudiées permettent d'optimiser la gestion des déchets à travers deux leviers :

- Certaines d'entre elles permettent le **recours à un meilleur mode de gestion** (cf. hiérarchie des déchets) en créant des opportunités de prévention des déchets ;
- Les autres offrent de **meilleures performances de tri ou de collecte.**

Plusieurs expérimentations permettent la réduction des quantités de déchets produits ou jetés. Liée ou non à une offre de Service Après Vente (SAV), la logistique inverse permet de remonter le produit au lieu de vente, voire au fabricant. Les opportunités d'optimisation de la durée de vie du produit, de revente (s'il est encore en état de fonctionnement) ou de récupération de pièces détachées sont alors importantes et permettent de prévenir une part de la production de déchets. Il est toutefois important de distinguer ces différentes expérimentations en fonction des résultats obtenus par rapport aux situations initiales. Trois types d'expérimentations ayant un effet sur la quantité de déchets ont été définis :

- Services permettant de prévenir la production de déchets à la source (location de pneumatiques, emballages réutilisables).
- Systèmes favorisant la réutilisation des produits usés mais encore aptes à l'usage.
- Systèmes de récupération de pièces détachées à partir de produits en fin de vie.

Quand elles ne permettent pas la réutilisation, les expérimentations étudiées s'attachent à récupérer le déchet pour une valorisation matières (recyclage principalement). Bien que cette solution de gestion de déchets soit dans la majorité des cas également proposée dans le cas des situations initiales, l'apport de la logistique inverse tient au fait qu'elle augmente le taux de récupération des déchets.

Au-delà des conditions de reprise qui facilitent le tri par les particuliers ou les usagers, on constate également des performances plus importantes de collecte grâce à la mise en place d'incitations financières. En renforçant la relation entre les chaînes amont (production, distribution) et les consommateurs, la logistique inverse est source de valeur : réduction des coûts de transport, limitation des intermédiaires, création d'occasion d'achat, etc.

- *The recovery of wastes by networks of pick-up points.*
- *The formulation of offers of waste collection by logistics providers.*

*This diversity augurs **good perspectives for the development of reverse logistics and shows that a large number of modes are possible.***

However, the lack of unity makes it difficult to compare the solutions. Case studies are very varied and it is difficult to deduce homogenous conclusions regarding the reverse logistics of wastes and the conditions necessary for its development.

Reverse logistics at the service of optimising waste management

Globally, the experiments studied permit optimising the management of waste via two levers:

- *Some of them permit **recourse to better modes of management** (cf. ranking wastes) by generating opportunities to prevent waste;*
- *The others offer **more efficient sorting and collection.***

Several experiments permit reducing the quantities of wastes produced or discarded. Whether linked or not to an After-Sales-Service (ASS), reverse logistics sends products back to the sales point or to the manufacturer. The opportunities for optimising the lifetime of a product, resale (it is still working) or the recovery of spare parts are considerable and to some extent permit preventing the production of waste. It is nonetheless important to distinguish these different experiments as a function of the results obtained in comparison to the initial situations. Three types of experiment with an effect on the quantity of waste have been defined:

- *Services that prevent the production of waste at source (rental of tyres, reusable packages).*
- *Systems favouring the reuse of used products still in working condition.*
- *Systems for recovering spare parts from products at the end of their life cycles.*

When they do not permit re-utilisation, the experiments studied focused on recovering waste to make use of materials (mainly recycling). Although this waste management solution was in most cases already offered in the case of initial situations, the contribution made by reverse logistics is that it increases the rate of waste recovery.

Apart from the conditions of collection facilitating sorting by private individuals and users, it was also observed that collection was more efficient when organised with financial incentives. Reverse logistics generates value by strengthening the relation between upstream chains (production, distribution) and the consumers: reduced transport costs, reduction of middlemen, the creation of an opportunity to purchase, etc.

Lastly, in some cases, reverse logistics is a regulatory requirement. Increasing performance is therefore the result of different evolutions occurring in the sector: setting up a collection system, setting up financing, obligatory recovery, etc. Nonetheless, we can consider that when reverse logistics is imposed by regulations, it ensures simplified organisation for the actors and leads to greater involvement by producers (principle of extended producer responsibility, EPR).

Enfin, dans certains cas, la logistique inverse est imposée par la réglementation. L'augmentation de la performance est alors le fruit de diverses évolutions de la filière : mise en place d'un système de collecte, mise en place de financements, obligations de reprise, etc. Toutefois, on peut estimer que quand elle est imposée par la réglementation, la logistique inverse garantit une organisation simplifiée pour les acteurs et permet d'impliquer fortement les producteurs (principe de la REP).

L'intérêt de la logistique inverse des déchets tient au fait qu'elle s'appuie sur des moyens logistiques existants, ce qui permet de limiter les moyens nécessaires à la gestion des déchets et aussi d'optimiser l'efficacité des moyens utilisés pour les approvisionnements en réduisant les retours à vide. Plusieurs expérimentations témoignent de cet intérêt fort puisque ce sont les logisticiens eux-mêmes qui s'investissent dans la gestion des déchets en profitant des moyens qu'ils ont à disposition. A noter toutefois que la logistique inverse ne peut se faire que dans certaines conditions : les capacités de stockage doivent être importantes pour pouvoir stocker les déchets sans limite afin de garantir une massification suffisante pour être rentable, mais également de ne pas avoir à créer d'étapes de transport supplémentaires. De plus, le déchet doit pouvoir attendre une opportunité de transport en retour à vide, notamment en termes de compatibilité avec d'autres marchandises susceptibles d'être transportées dans le même véhicule. Ces contraintes limitent alors le recours à la logistique inverse pour des déchets dégradables (biodéchets, etc.) ou dangereux du fait de l'impossibilité de les mutualiser avec d'autres marchandises mais aussi de leurs contraintes de stockage et de traitement.

Enfin, bien qu'il s'agisse d'une opportunité, le recours aux moyens existants limite le développement de la logistique retour. En effet, en s'appuyant sur les moyens de la logistique traditionnelle, elle en devient dépendante et est gérée comme une activité de second plan. La priorité étant donnée à la chaîne amont, la livraison des produits ou pièces de réemploi et des matières secondaires est moins souple (attente de massification, trajets indirects, etc.).

Bien que la logistique inverse s'appuie sur des moyens existants, il est important de considérer les quantités qu'elle permet de détourner hors des circuits de collecte de déchets traditionnelles pour estimer les apports en termes de transport. Pour garantir que la logistique inverse réduise les transports de ces déchets, il est donc nécessaire qu'elle accueille une quantité de déchets suffisante pour permettre à la collectivité ou aux prestataires de réduire leurs moyens de collecte et de transport. **A ce jour, les cas étudiés semblent détourner des quantités plutôt limitées**, d'autant plus qu'ils se concentrent le plus souvent sur un seul flux de déchets (les papiers, les emballages, les DEEE, etc.). Les quantités reprises sont alors très faibles à l'échelle locale et laissent penser que l'incidence sur les moyens de collecte est nulle, mais certaines expériences montrent le potentiel de ces pratiques. Pour ces raisons, une étude spécifique serait nécessaire pour comprendre en fonction des flux repris, si les moyens des collectivités notamment peuvent être impactés et dans quelle mesure.

Enfin, pour optimiser les transports, **la logistique inverse nécessite le développement de moyens techniques spécifiques**. La mise en place de tels moyens laissent présager un suivi précis des flux de logistique inverse et une optimisation future des schémas en place, mais aussi la mise à disposition de moyens techniques spécifiques : des bennes ou des barges adaptées au transport des produits mais également des déchets ou encore des boîtes réutilisables permettant de

The advantage of reverse logistics applied to waste is that it relies on existing logistics resources, thereby reducing the resources required for waste management and optimising the efficiency of the resources used for supplies, by reducing the number of empty trips. Several experiments underline this strong advantage since it is the logistics providers themselves that invest in waste management by profiting from the resources available to them. It is nonetheless noteworthy that reverse logistics can only be carried out under certain conditions: considerable storage capacities are necessary to store waste without limit in order to ensure sufficient bulk to be profitable, and also to avoid multiplying the number of additional transport stages. Furthermore, the waste must wait for an opportunity for vehicles returning empty, in particular it must be compatible with other goods liable to be transported in the same vehicle. These constraints therefore limit recourse to reverse logistics for degradable wastes (bio-wastes, etc.) and dangerous wastes, due to the impossibility of pooling them with other goods, not to mention the constraints linked to their storage and treatment.

Lastly, although existing resources represent an opportunity, their utilisation limits the development of reverse logistics. Indeed, reliance on traditional logistics resources makes reverse logistics dependent on them and so it is managed as a secondary activity. Since priority is given to the upstream supply chain, the delivery of products and parts for re-use and secondary materials is less flexible (due to the wait for sufficient bulk, indirect trips, etc.).

Although reverse logistics rely on existing resources, it is important to consider the quantities it permits diverting outside traditional waste collection circuits in order to estimate the contribution in terms of transport. To guarantee that reverse logistics reduces the transport of these wastes, it is therefore necessary that it can accommodate a sufficient quantity of waste for the local authority or service providers to reduce their collection and transport resources. **At present, the cases studied appear to divert rather limited quantities**, in particular because they are usually concentrated on a single flow of waste (paper, packaging, waste electrical and electronic equipment, etc.). The quantities recovered are therefore very low at local level and lead to the assumption that the impact on collection resources is null, though certain experiments have demonstrated the potential of these practices. These reasons make it necessary to conduct a specific study to understand, in terms of the flows recovered, whether reverse logistics can, and to what extent, have an impact on the resources of local authorities in particular.

Lastly, **reverse logistics require the development of specific technical resources** to optimise transport. Implementing such resources presages precise monitoring of the flows dealt with by reverse logistics and the future optimisation of the frameworks in place. It also requires the availability of specific technical resources: skips and barges adapted for the transport of products as well as wastes and reusable containers permitting the transport of hazardous wastes. These initial innovations lead to the assumption that the packaging constraints mentioned above could be reduced in the future with the development of other solutions of this type.

From the economic standpoint, **most of the experiments studied are profitable and are still in progress**. However, the costs vary greatly from one case to another as the technical resources employed range from simple (a

transporter les déchets dangereux. Ces premières innovations laissent penser que les contraintes de conditionnement citées ci-dessus pourraient être réduites dans le futur avec le développement d'autres solutions de ce type.

D'un point de vue économique, **la plupart des expérimentations étudiées sont rentables et toujours en cours**. Les coûts semblent toutefois très variables d'un cas à l'autre car les moyens techniques peuvent être relativement légers (une application informatique et les moyens existants de la logistique traditionnelle) ou plus lourds (développement de solutions techniques spécifiques). Mais globalement, la poursuite des offres et leur développement démontrent un intérêt économique réel.

D'un point de vue environnemental, l'ensemble des solutions de logistique inverse étudiées semblent intéressantes dans leur globalité. Toutefois, il est important de remarquer que ce ne sont pas nécessairement les impacts environnementaux de la logistique qui semblent réduits (puisque la diminution des étapes de collecte et de transport est discutable comme expliqué précédemment et dépend de la capacité de détourner suffisamment de flux) mais plutôt ceux de la gestion des déchets.

A noter toutefois que **dans les cas où la logistique inverse se couple avec le recours à des solutions de report modal, les bénéfices environnementaux liés aux étapes de transport sont évidents**.

Enfin, **l'intérêt social des solutions étudiées est variable**. Certaines solutions semblent permettre de maintenir des emplois et même de créer des emplois d'insertion alors que d'autres semblent au contraire supprimer des emplois.

Identification des besoins de recherche

Avant de définir les besoins en R&D identifiés, les principaux enseignements ont été identifiés. Pour se faire une synthèse des principales directions de recherche a été réalisée à partir d'une analyse d'ensemble des expériences.

D'après les recherches bibliographiques, les **principaux axes d'action de la recherche en logistique inverse** identifiés sont les suivants :

- **Méthodes et algorithmes pour l'optimisation des tournées** dans le ramassage des déchets. Ces méthodes sont principalement liées à la collecte d'ordures ménagères ou aux déchets dangereux, mais des méthodes d'optimisation existent aussi (et plus nombreuses) dans la logistique aller.
- **Design de la chaîne logistique inverse**. De nombreux travaux parlent de la conception de chaînes logistiques inverses, mais l'intégration des chaînes de distribution et de logistique inverse reste un sujet moins exploré mais qui demeure intéressant et à fort potentiel.
- **Gestion du recyclage et gestion de la filière DEEE**. Dans les deux cas, les idées présentées ainsi que les méthodes, sont similaires et portent sur l'optimisation du transport et du stockage. Néanmoins, peu d'auteurs ont étudié en détail l'intégration avec la logistique de distribution.

A ces trois axes de développement des travaux de recherche ont été associées les principales conclusions des expériences observées. Tout d'abord, on observe que **la plupart des expériences sont fortement liées au respect d'une réglementation**, nouvelle ou existante. De ceci on constate que ces réglementations ne sont pas toujours faciles à appliquer, et que certains systèmes se justifient seulement s'il y a une réglementation derrière. Les principales questions liées à la recherche qui se dégagent de cette conclusion sont celles

software application and the existing resources of traditional logistics) to complex (the development of specific technical solutions). Globally, however, the pursuit of offers and their development present genuine economic advantages.

From the environmental standpoint, all the reverse logistics solutions studied appear interesting when viewed globally. Nonetheless, it is noteworthy that it is not necessarily the environmental impacts of the logistics that seem reduced (since the reduction of collection and transport steps is debatable, as explained previously, and depends on the capacity to sufficiently divert flows), but rather those of waste management.

*It should be noted, however, that **in the case of reverse logistics linked with recourse to modal transfer solutions, the environmental advantages related to transport steps are obvious.***

*Finally, **the social advantage of the solutions studied is variable.** Some solutions appear to maintain and even create jobs for low-skilled workers, whereas others appear to reduce the number of jobs.*

Identification of research needs

The main lessons were identified before defining the R&D needs identified. To do this a synthesis of the main paths of research was performed on the basis of an analysis of all the experiments.

*According to literature research, the **main paths of action identified in reverse logistics research** are the following:*

- **Methods and algorithms for optimising waste collection rounds**. These methods are mainly linked to the collection of household waste and hazardous wastes, though (more numerous) optimisation methods also exist for outbound logistics.
- **Design of the reverse logistics chain**. Many works have focused on the design of reverse logistics chains, but the integration of distribution and reverse logistics chains remain less explored despite the fact that they remain interesting and have strong potential.
- **Recycling management and waste electric and electronic equipment management**. In both cases, the ideas and methods presented are similar and focus on optimising transport and storage. However, few authors have studied their integration in distribution logistics in detail.

*The main conclusions of the experiments observed have been associated with the three paths of developing research works. Firstly, it is seen that **most of the experiments are strongly linked with conformity with regulations**, either new or already in force. This leads to the observation that these regulations are not always easy to apply, and that certain systems are justified solely by a regulation. The main questions linked to the research stemming from this conclusion are those concerning the transferability of legal frameworks and those linked to the acceptability of, and conformity with, these regulatory frameworks.*

*Secondly, organisational aspects play a fundamental role in the smooth operation of the experiments. Although regulatory constraints lead to changes, **the success (or failure) of these experiments depends wholly on organisational issues and those of managing organisational changes.** Technical and infrastructural aspects play a secondary role though they can in certain*

de la transférabilité des cadres juridiques et des questions liées à l'acceptabilité et au respect de ces cadres réglementaires.

En deuxième lieu, les aspects organisationnels sont fondamentaux pour le bon déroulement des expériences. Si les contraintes réglementaires induisent des changements, **ce sont les questions d'organisation ou de gestion du changement organisationnel qui font le succès (ou l'échec) de l'expérimentation.** Les aspects techniques et infrastructurels prennent une place secondaire mais peuvent, dans certains cas, être l'objet ou le motif de l'expérimentation.

De l'évaluation un certain nombre de conclusions ont été formulées. Les aspects environnementaux sont, certes, importants, mais **ce sont les contraintes économiques qui priment.** Dans les cas d'acteurs publics avec une volonté d'« utilité collective », ces contraintes peuvent être réduites, mais dans les expérimentations commerciales ou de service sans appui public, les nouvelles organisations doivent être rentables. Ceci explique, entre autres, l'aspect commercial de certains services ou la volonté de certains acteurs privés d'externaliser la gestion des contenants vides. Néanmoins, on observe que certaines expériences n'ont pas une retombée économique évidente mais le fait de mettre en place des systèmes de collecte des déchets pour profiter des retours de véhicules de la distribution classique peut aider à rentabiliser le transport dans certaines situations ou à proposer des services complémentaires pour fidéliser une clientèle.

De cette analyse, les besoins de recherche ont été dégagés. Avant tout, il faut distinguer la recherche et les études approfondies. En effet, la plupart des expériences relèvent du domaine des études, et la composante recherche semble parfois difficile à identifier. **Il est important d'expérimenter sur le terrain mais il est tout aussi important de développer des idées,** même si leur applicabilité immédiate est difficile, tout du moins si l'on observe un intérêt collectif à les développer. Bien entendu, tous les résultats ne sont pas nécessairement positifs, mais les connaître peut aider à mieux agir dans le futur. Si l'on examine les points critiques des expériences, on peut d'ores et déjà identifier des besoins principaux en recherche.

- Le premier, non évident mais nécessaire, concerne les sciences de l'homme et de la société, et touche aux **questions d'acceptabilité et d'habitude.** Les principaux freins à l'application de ces systèmes concernent la bonne application des réglementations mais l'on observe toujours des réticences. En regardant la littérature existante, peu de travaux s'intéressent à ce sujet. On voit donc les deux conditions remplies : une réelle nécessité et un verrou scientifique à lever.
- Le deuxième point critique est celui de l'évaluation. L'étude montre que le principal frein à l'évaluation comparative d'expériences est le manque de données et la confidentialité de l'information. On observe que, dans la littérature, les travaux d'évaluation portent sur la logistique industrielle ou de distribution mais peu sur la composante « reverse logistics », même si certains travaux commencent à s'y intéresser. Mais pour pouvoir juger de l'intérêt d'une pratique ou un projet, il est important de pouvoir l'évaluer et même de comparer la pertinence de plusieurs solutions envisagées. Pour ceci, le deuxième besoin de recherche porte sur la **standardisation de la collecte de données et l'évaluation de la pertinence des systèmes de logistique inverse** pour la collecte des déchets.
- Lié à l'évaluation reste la question de la performance, non de son évaluation mais des méthodes et organisations pour améliorer voir pérenniser des systèmes. Le grand écart entre la recherche opérationnelle et la pratique (peu de travaux sur l'optimisation des processus sont finalement appliqués à la logistique inverse) fait penser que la mise en pratique de ces

cases be the subject or the reason underlying an experiment.

*A certain number of conclusions have been formulated on the basis of the evaluation. Environmental aspects are undoubtedly important, but it is the **economic constraints that take precedence.** In the case of public actors motivated by "community utility", these constraints can be reduced, but new organisations must be profitable in the case of commercial experiments or services without public support. This explains, among other things, the commercial dimension of some services and the desire of certain private actors to outsource the management of empty containers. Nonetheless, we observed that some experiments have no obvious economic repercussions, but the implementation of waste collection systems designed to take advantage from the returns of vehicles used for traditional distribution may help to make transport profitable in certain situations or to offer additional services to foster customer loyalty.*

The needs of research were identified from the analysis. Above all, research must be distinguished from in-depth studies. Most of the experiments belong more to the realm of studies, while research as such sometimes appears difficult to identify. **It is equally important to conduct experiments in the field and develop ideas,** even if they are not immediately applicable due to difficulties, at least if it can be seen that their development can serve the interests of the community. Naturally, not all the results are necessarily positive, but knowledge of them can lead to more efficient actions in the future. Examining the critical points of the experiments already makes it possible to identify the main needs of research.

- *The first, which is not obvious but nonetheless necessary, concerns the human sciences and society, and involves **questions of acceptability and habit.** The main brakes on the application of these systems concern the correct application of regulations, though these always appear to be subject to reticence. On examining the existing literature, this subject has been given little attention. Thus the two conditions are fulfilled: (1) there is a real need, and (2) a scientific barrier must be raised.*
- *The second critical point is that of the evaluation. The study shows that the main brake on conducting a comparative evaluation of the experiments is the lack of data and the confidentiality of the information. We observed that the evaluations mentioned in the literature focus on industrial logistics and distribution but not on the aspect of reverse logistics, despite that fact that certain works are beginning to take it into account. However, to judge the interest of a practice or project, it is important to be able to evaluate and even compare the pertinence of several solutions considered. To do this, the second need of research concerns the **standardisation of data collection and the evaluation of the pertinence of reverse logistics systems** for waste collection.*
- *Also related to the evaluation is the question of performance, not of its evaluation but of the methods and organisations deployed to improve and perpetuate the systems. The considerable gap between operational research and practice (finally, few works on the optimisation of processes are applied to reverse logistics) shows that the implementation of these methods is a major need. Firstly, because these systems have to be efficient, and also because interesting methods exist but are rarely applied. **The logic of "solution probleming"** (Ackoff, 1979) **is important in this respect,** i.e. for an algorithm to be applicable, one must first question the real*

méthodes est un besoin important. Tout d'abord car ces systèmes ont besoin d'être performants, mais aussi par le fait que des méthodes intéressantes existent mais sont peu appliquées. La **logique de « solution probleming »** (Ackoff, 1979) **est importante ici**, i.e., pour qu'un algorithme soit applicable, il faut s'interroger sur la faisabilité réelle de la solution, en termes d'acceptabilité, et de changement comportemental chez le potentiel utilisateur. Ces questions semblent importantes pour casser le mur qui existe entre la recherche opérationnelle (pourtant une discipline qui se dit « appliquée ») et les pratiques en logistique inverse.

- Finalement, nous pouvons aussi mettre en avant les questions liées à la **transférabilité des pratiques d'un contexte à un autre**. Ce sujet, très populaire en logistique urbaine, reste aussi peu exploré dans la logistique inverse car en général la plupart de travaux concernent des logiques d'entreprise. Mais, dans un contexte de collecte des déchets où des collectivités ont une vision voir un instrument de régulation sur l'ensemble des acteurs, il est important de s'interroger sur comment transférer des pratiques ou des réglementations à d'autres contextes, que ce soit géographiquement ou en changeant de type de produit ou de filière.

Une fois les principaux besoins (généraux) identifiés, ils ont été approfondis dans des pistes de recherche plus concrètes. Ces pistes, qui peuvent orienter les prochains appels à projet de recherche dans le sujet, sont les suivantes :

- Proposer une méthodologie pour constituer un socle de connaissance robuste, en s'inspirant tout d'abord sur l'existant en « reverse logistics » et ensuite dans d'autres domaines (logistique traditionnelle, logistique urbaine). Cette connaissance doit néanmoins rester publique, d'où l'intérêt de réaliser des plates-formes ou des observatoires, afin d'aider les différents acteurs à mieux connaître le sujet.
- Revisiter les méthodes d'évaluation pour produire un cadre unifié de comparaison, en lien avec le socle de connaissances. Pour ceci, il est important de commencer par recenser les méthodes existantes (notamment en termes d'établissement de tableaux de bord) et proposer des indicateurs (quantitatifs et qualitatifs) qui soient parlants pour les professionnels du transport et de la logistique et à la fois intégrables dans une démarche de gestion logistique globale et durable.
- Réaliser une étude sur les acteurs et la prise de décision, tout comme a été le cas dans la logistique urbaine ou la logistique de distribution. Comprendre les besoins, les enjeux, les leviers et les freins de la mise en place de nouveaux schémas logistiques pour la collecte de déchets est fondamental pour en assurer leur succès.
- Explorer d'autres domaines peu traités mais prometteurs (prévention-nouveaux usages des produits alimentaires), qui commencent à faire l'objet de la littérature scientifique. Des travaux préliminaires voient le jour dans la recherche et compte tenu des statistiques nationales en termes de gaspillage alimentaire, ce sujet nous paraît porteur et à fort potentiel.
- Faire le lien entre les conclusions de la revue de la littérature et l'impact réel de ces secteurs dans la réalité. En d'autres mots, il serait important d'appliquer, via des projets portant sur des expérimentations et/ou démonstrations, les méthodes préconisées dans la littérature à des cas réels. Dans d'autres domaines comme par exemple dans la logistique urbaine, des « cas isolés » avec « peu de volume »

feasibility of the solution in terms of acceptability and the behavioural change of the potential user. These questions seem important in order to break through the barrier between operational research (albeit a discipline considered "applied") and reverse logistics practices.

- *Finally, we can also emphasise questions relating to the **transferability of practices from one context to another**. This subject is very popular in the field of urban logistics, but remains little explored in reverse logistics since most works generally focus on corporate rationales. However, in the context of waste collection in which local authorities take a regulatory view, or impose regulations on all the actors, it is important to ask how these practices and regulations can be transferred to other contexts, whether geographically or by changing the type of product or sector.*

Once the main (general) needs had been identified, they were deepened by taking more concrete paths of research. These paths, which may orient forthcoming calls for research projects on the subject, are the following:

- *Propose a methodology to constitute a robust knowledge base, by first taking into account existing reverse logistics practices and then other domains (traditional logistics, urban logistics). This knowledge must however remain public, hence the interest of setting up platforms or observatories to help the different actors to obtain better knowledge of the subject.*
- *Revisit evaluation methods to produce a unified framework of comparison, in relation with the knowledge base. To do this it is important to start by identifying existing methods (especially by establishing dashboards) and proposing (quantitative and qualitative) indicators understandable by transport and logistics professionals, and that can be integrated in a global and sustainable logistics management approach.*
- *Perform a study on the actors and decision-making involved, as was done for urban logistics and distribution logistics. Understanding the needs, stakes, levers and brakes involved in setting up new logistics frameworks for waste collection is fundamental for ensuring their success.*
- *Explore other little studied but promising domains (prevention-new uses of food products), which are starting to become the subjects of scientific literature. Preliminary works are emerging in research and, given national statistics on food waste, we think that this subject is promising and has strong potential.*
- *Make the link between the conclusions of the literature review and the real impact of these sectors. In other words, it will be important to apply, through projects focusing on experiments and/or demonstrations, the methods recommended in the literature to real cases. In other domains, for example, urban logistics, "isolated cases" with "little" volume ten years ago have become examples of systems now capable of functioning and ensuring sufficient volumes. It therefore seems reasonable to think that this is also possible in the framework of reverse logistics*
- *Develop simulation tools to define reference scenarios and simulate the impact of public policies and private initiatives.*

d'il y a 10 ans sont devenus des exemples de systèmes fonctionnant et assurant un volume suffisant aujourd'hui. Il est donc logique de penser que ceci soit aussi possible dans le cadre de la logistique inverse.

- Développer des outils de simulation pour définir des scénarios de référence et simuler l'impact de politiques publiques ou d'initiatives privées.
- Etudier les facteurs de succès et donc de rentabilité économique pour la gestion conjointe de la logistique aller et retour, principalement pour définir les cas de développement de la logistique inverse pour la collecte des déchets. Ceci devrait commencer par un état des lieux puis une analyse approfondie des leviers et freins à la mise en place d'une gestion intégrée des flux tout au long du cycle de vie d'un produit y compris dans les phases de fin de vie.

- *Study the factors of success and thus economic profitability for combined outbound and inbound logistics, essentially to define cases for developing reverse logistics for waste collection. This should start by drawing up an inventory then conducting an in-depth analysis of the levers and brakes involved in implementing integrated management of flows throughout the lifecycle of a product, including its end-of-life phase.*