



**ETUDE N° 04-0906/2A**

**SYNTHESE DE L'ETUDE**

**FRANÇAIS / ANGLAIS**

**AVIS D'EXPERTS SUR LA MISE EN PLACE  
D'UNE APPROCHE MULTICRITERES  
POUR LE CHOIX D'UNE FILIERE DE VALORISATION  
MATIERE/ENERGIE DES DECHETS PLASTIQUES**

**février 2006**

**S. BIOCCHI, A. MALTOT – CADET International**

## **SOMMAIRE**

Avant propos .....	2
A – Contexte et déroulement de l'étude .....	3
B – Objectif et plan de l'étude .....	4
C – Exposé des principaux résultats obtenus .....	6
D – Analyse et commentaire des résultats .....	9
Remerciements .....	9

## Avant propos



Ce document constitue la note de synthèse accompagnant le rapport final de l'étude :

**« Avis d'experts pour la mise en place d'une approche multicritères pour le choix d'une filière de valorisation matière/énergie des déchets plastiques »**

Cette étude a été mandatée par l'association R.E.C.O.R.D (Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets) afin de fournir à ses membres une méthodologie permettant d'appréhender la valorisation des déchets plastiques.

Pour suivre et orienter ce travail, un Comité de Pilotage a été mis en place. Il est composé des tuteurs suivants :

- Mlle Bénédicte COUFFIGNAL – RECORD (Direction Scientifique)
- Mr Gérard ANTONINI – UT COMPIEGNE (Direction Scientifique)
- Mme Anne GOBBEY – ADEME
- Mlle Maryline COUDERT – LAFARGE CEMENTS
- Mr Lauro CIMOLINO – SOCOTEC
- Mr Robert LASSARTESSSES – RENAULT
- Mr Jean Jacques CAMPILLO – CREED
- Mr Christian PHAM VAN CANG – EDF
- Mr Jean SOUCHET – SOLVAY
- Mr Hugues LEVASSEUR – TREDI SECHE

## **A – Contexte et déroulement de l'étude**

Devant la diversité des types de déchets plastiques rencontrés et des procédés techniques permettant leur valorisation ; l'association RECORD a décidé de procéder à un travail prospectif concernant à la fois les déchets plastiques et les filières de valorisation existantes ou en devenir afin de constituer une méthodologie multicritères pour le choix d'une filière de valorisation de ces déchets.

L'étude s'est déroulée en 6 grandes étapes :

- 1<sup>e</sup> étape : Réalisation d'une étude préliminaire définissant le contexte de l'étude et son champ d'action. Elle s'est axée particulièrement sur les points suivants : les polymères plastiques, les déchets plastiques, les secteurs détenteurs et producteurs de déchets plastiques, la réglementation en vigueur, les filières de valorisation existantes et en devenir et les outils d'aide à la décision actuellement en place.
- 2<sup>e</sup> étape : Détermination et choix de 3 familles de polymères plastiques puis élaboration de 3 fiches synthétisant leurs propriétés, leurs applications ou encore leur mode de valorisation. Ces fiches constituent des outils et des supports servant de base de référence à l'utilisateur afin qu'il appréhende au mieux son type de déchet plastique.
- 3<sup>e</sup> étape : Recensement et définition des diverses filières de valorisation des déchets plastiques : la valorisation matière ; la valorisation énergétique ainsi que les procédés alliant les 2 « modes » de valorisation. Ces filières de valorisation ont également fait l'objet de fiches de synthèse.
- 4<sup>e</sup> étape : Détermination de critères et de sous critères constituant la base de la méthodologie à élaborer. Ces critères tant qualitatifs que quantitatifs seront évalués et agrégés au sein de l'outil d'aide à la décision.
- 5<sup>e</sup> étape : Consultations d'experts ayant des compétences dans les domaines de la valorisation matière, de la valorisation énergétique ou le domaine institutionnel afin d'affiner, de critiquer et d'approfondir la mise en place de l'outil grâce à leurs connaissances et à leur retour d'expérience.
- 6<sup>e</sup> étape : Elaboration de l'outil d'aide à la décision en réponse, en adéquation avec les divers avis d'experts et pré-test de cet outil.

## **B – Objectif et plan de l'étude**

### **Objet de l'étude**

L'approche consiste, à l'aide de fiches descriptives (polymères plastiques et déchets plastiques, filières de valorisation) et de critères prédéfinis, à définir un outil d'aide à la décision permettant à un utilisateur industriel, producteur ou détenteur de déchets plastiques, de sélectionner de façon motivée et justifiée une filière de valorisation pour son type de déchet plastique.

Cet outil d'aide à la décision représente donc un document support permettant à l'utilisateur de se poser les bonnes questions afin d'évaluer à la fois son type de déchet plastique et une filière de valorisation sous toutes ses facettes.

L'étude, comme son intitulé l'indique, repose sur des avis d'experts. Suite à l'élaboration d'une base de réflexion concernant les déchets plastiques, les filières de valorisation, la liste des critères et des sous critères et les étapes de la démarche méthodologique ; les experts interviennent afin d'affiner, de critiquer et d'approfondir la mise en place de l'outil.

Des rencontres avec les experts ont eu lieu tout au long de l'avancement de l'étude et en fonction des besoins. Les experts consultés ont été nommés lors des réunions de travail. Un soin particulier fut porté dans le choix de ces experts pour que l'ensemble des compétences tant dans le domaine de la valorisation que dans l'approche méthodologique soit réunie.

### **Plan de l'étude**

Le dossier est constitué de 4 chapitres.

- Chapitre 1 : Le contexte de l'étude

Ce chapitre pose les bases de l'étude et définit son contexte : la réglementation, les polymères plastiques étudiés, les secteurs producteur ou détenteur de déchets plastiques et enfin les modes de traitement des déchets plastiques.

- Chapitre 2 : Les polymères plastiques

Le chapitre 2 indique, à l'aide de trois familles de polymères plastiques (le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP) et le polystyrène (PS)), les caractéristiques, les propriétés, les applications, les producteurs ou encore les secteurs d'utilisation se référant à ces 3 familles.

Ces indications, mentionnées par famille de polymères plastiques, sont présentées sous forme de fiches synthétiques. Ces fiches sont des documents types permettant à l'utilisateur d'identifier les renseignements reflétant les propriétés et les particularités d'un polymère plastique. Ces renseignements sont utiles afin d'appréhender au mieux la 1<sup>e</sup> étape de la démarche méthodologique multicritères développée au chapitre 4.

- Chapitre 3 : Les filières de valorisation

Au sein de ce chapitre est recensé l'ensemble des filières de valorisation. Ce chapitre est divisée en 3 parties : la valorisation matière, la valorisation énergétique ainsi que la valorisation dite « mixte » alliant valorisation matière et énergie. Pour chacune de ces parties, les divers procédés de valorisation s'y référant sont développés sous forme de fiches de synthèse détaillant le procédé technique, ses avantages et inconvénients et son potentiel.

Ces fiches références viennent renseigner l'utilisateur quant aux divers procédés de valorisation dénombrés à l'heure actuelle et permettent ainsi d'appréhender au mieux les informations recensées au sein de la méthodologie multicritères développée au chapitre 4.

- Chapitre 4 : La méthodologie multicritères

Le dernier chapitre développe la méthodologie multicritères. Cette méthodologie se décompose en 3 étapes :

- Etape 1 : la fiche de spécification du déchet plastique ;
- Etape 2 : l'évaluation de la compatibilité du déchet plastique vis-à-vis des filières de valorisation ;
- Etape 3 : l'évaluation des filières de valorisation compatibles selon une approche multicritères brassant tant des critères qualitatifs que quantitatifs ;
- Etape 4 : l'interprétation des résultats.

## C – Exposé des principaux résultats obtenus

Dans cette partie, ne seront mentionnés que les résultats obtenus au sein du chapitre 4 ; relatif à la méthodologie multicritères. Elle se décompose en 4 étapes :

### Etape 1 : Fiche de spécification du déchet plastique

La première étape de la méthodologie consiste à définir précisément les caractéristiques du déchet que détient l'utilisateur. Cette fiche de spécification permet à l'utilisateur de recenser les renseignements utiles aux exploitants des filières de valorisation pour l'acceptation du déchet au sein de leur installation.

Cette fiche regroupe plusieurs thématiques : l'identification du déchet ; les caractéristiques du déchet ; la sécurité relative au déchet ainsi que le flux et le mode de conditionnement.

### Etape 2 : Evaluation de la compatibilité du déchet par filière de valorisation

Le but de la seconde étape est d'évaluer la compatibilité du déchet plastique, que détient l'utilisateur, avec une filière de valorisation donnée. Cette étape permet notamment d'identifier la localisation des centres de valorisation. Elle est basée sur des échanges entre le détenteur de déchets plastiques et les exploitants des filières de valorisation recensées.

### Etape 3 : Evaluation des filières de valorisation compatibles

L'étape 3 est l'étape clé de la méthodologie. Elle permet d'évaluer les filières de valorisation, identifiées comme compatibles lors de l'étape précédente, à l'aide des divers critères retenus. Ces critères tant quantitatifs que qualitatifs permettent d'évaluer les performances d'une filière selon divers domaines : la réglementation, l'environnement, les débouchés, l'économie, la technologie ou encore le sociétal et sanitaire.

Ces critères sont décomposés en sous critères, eux même décomposés en thèmes. L'évaluation des thèmes pour chaque filière permet d'identifier les performances et les caractéristiques des installations de valorisation des déchets plastiques.

Le tableau qui suit synthétise l'ensemble de ces données :

CRITERE	SOUS CRITERE	THEMES
REGLEMENTATION	Rôle de la réglementation	Rôle et influence dans le développement de filières
		Rôle et influence vis-à-vis des produits valorisés et des déchets secondaires
		Rôle et influence vis-à-vis du devenir de l'énergie valorisée
		Objectifs fixés par la réglementation et capacité de la filière de valorisation

CRITERE	SOUS CRITERES	THEMES	
ENVIRONNEMENT	Ressources naturelles	Consommation de ressources naturelles	
		Consommation d'électricité	
		Energie valorisée	
		Quantité de résines vierges économisées	
		Consommation d'eau	
		Devenir de l'eau de process	
		Economie de ressources naturelles	
	Rejets atmosphériques	Effet de serre : émissions de gaz à effet de serre	
		Emissions de rejets gazeux autres	
	Transport des déchets	Mode de transport	
		Distance parcourue	
Rejets aqueux	Rejet d'effluents dans le milieu naturel		
	Mode de traitement des rejets aqueux		
Déchets secondaires	Quantité de déchets secondaires formés		
	Toxicité des déchets formés		
Certification des installations	ISO 14 000 ; 9 000		

CRITERES	SOUS CRITERES	THEMES	
DEBOUCHE	Débouché des plastiques recyclés	Recensement des plastiques recyclés formés	
		Evaluation des filières de reprise	
		Facteur risque de la filière de débouchés	
		Pérennité des débouchés	
		Concurrence vis-à-vis d'autres produits	
		Fiabilité du débouché	
	Devenir des déchets secondaires	Prise en charge du déchet secondaire formé	
		Concurrence vis-à-vis d'autres produits	
		Fiabilité du débouché	
ECONOMIE	Coûts induits	Coûts de la prestation de valorisation	
		Fluctuation du cours des matières premières	
		Coûts de transport	
	Recettes	Recettes provenant de la valorisation	



CRITERES	SOUS CRITERES	THEMES	
TECHNOLOGIE	Performance du procédé	Adaptabilité du procédé	
		Niveau de préparation du déchet	
		Quantité de déchets pouvant être intégrée	
		Niveau de technicité du procédé	
		Fiabilité et robustesse du procédé	
		Formation de déchets secondaires	
		Formation de produits recyclés	
		Taux de pureté souhaité	
		Poids de la concurrence étrangère	
	Développement et maturité	Stade de développement technologique	
		Etat de la filière ; degré de diffusion	
SOCIETAL & SANITAIRE	Analyse sociétale	Impact de l'activité sur l'emploi	
		Consultation de la population sur l'emploi (CLIS)	
		Acceptation de l'installation par la population	
	Conditions de travail	Politique HSE ; évaluation des risques et dangers	
		Moyens de protection individuel et collectif	
		Communication, information : formation	
		Respect de la qualification requise par poste	
		Quantité d'installation selon la charge de travail	
		Taux de fréquence des accidents de travail	
		Taux de gravité des accidents de travail	
		Recensement des accidents mineurs	
	Evaluation des impacts	Emission d'odeur, de poussières, de bruit	
Impact visuel			
Impact du trafic			
Toxicité humaine			

#### Etape 4 : L'interprétation des résultats

Une fois la méthodologie multicritère renseignée pour chacune des filières de valorisation compatibles recensées, l'étape ultime est l'interprétation des performances et des résultats. Cette interprétation est possible par le biais de pondération, de hiérarchisation des critères et des thèmes et d'un mode d'agrégation des résultats. Ce mode d'agrégation n'est pas figé et permet à l'utilisateur d'ajuster l'importance des critères et/ou des thèmes en fonction du contexte dans lequel il évolue et la politique d'entreprise qu'il mène.

## **D – Analyse et commentaire des résultats**

L'étude menée a permis d'appréhender la complexité et la diversité du domaine de la valorisation des déchets plastiques.

En fin d'étude, une réunion de travail, rassemblant les tuteurs et les experts, a permis le « pré-test » de la méthodologie. Ce « pré- test », réalisé à l'aide d'un cas concret, fut l'occasion de faire évoluer la méthode vers un outil complet et accessible à utiliser.

Néanmoins, afin de continuer ce travail et valider la pertinence opérationnelle de la méthodologie, il serait judicieux qu'un industriel utilise et s'approprie l'outil pour le tester à l'aide d'un cas concret et réel. La mise en pratique de l'outil permettrait de disposer ainsi d'un retour d'expérience sur la fonctionnalité et la pertinence de la méthodologie : ses avantages, ses limites ou encore ses défaillances afin de l'optimiser et la rendre aussi complète et pratique qu'il soit.

## **Remerciements**

CADET International souhaite remercier l'ensemble des tuteurs industriels, l'association RECORD ainsi que les experts pour leur participation et leur intervention.

## **Table of Contents**

<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>Condition and Course of Study.....</b>	<b>3</b>
<b>Objectives and Plan of Study .....</b>	<b>4</b>
<b>Exposition of Principal Results .....</b>	<b>6</b>
<b>Analysis and Comments.....</b>	<b>9</b>
<b>Special Thanks .....</b>	<b>9</b>

## **Introduction**

This document contains notes of synthesis accompanying the final report of the study:

“Experts advise upon the setting of a multi-criteria method for choosing how to recover (material/energy) plastic waste”.

This study was commended by the RECORD Association in order to propose such a method to its members.

A steering committee has been formed to follow and guide this project. The members of the committee are as follow:

- Mlle Bénédicte COUFFIGNAL – RECORD (Direction Scientifique)
- Mr Gérard ANTONINI – UT COMPIEGNE (Direction Scientifique)
- Mme Anne GOBBEY – ADEME
- Mlle Maryline COUDERT – LAFARGE CEMENTS
- Mr Lauro CIMOLINO – SOCOTEC
- Mr Robert LASSARTESES – RENAULT
- Mr Jean Jacques CAMPILLO – CREED
- Mr Christian PHAM VAN CANG – EDF
- Mr Jean SOUCHET – SOLVAY
- Mr Hugues LEVASSEUR – TREDI SECHE

## **Condition and Course of Study**

The large diversity types of plastic waste and different technical procedures encountered allow for validation; the RECORD Association has decided to define and finance a prospective study upon encountering plastic waste and their way of recovery. The final goal is to develop a multi-criteria method for its members to choose appropriate ways of recovery for their waste.

Commenced in February 2005, the study was divided in 6 stages:

- First Stage

A preliminary study was conducted to define the condition and sphere of activity. The principal components were: plastic polymers, plastic waste, plastic owners and producers, legislation, actual ways of recovery and ways in progress, besides existing decision tools on the market.

- Second Stage

The committee has made the choice of three plastic polymer families based on their current utilization in the industry. Physical properties, industrial applications and characteristics of these three families were gathered and synthesized in index.

These documents became information support for users of the method to characterize their plastic waste with accuracy.

- Third Stage

In this part of the study, the purpose was to clearly identify and depict the different ways of recovery for plastic waste in progress: mechanical recovery, energy recovery, and mixed ways of recovery. The result was compiled in a synthesis index.

- Fourth Stage

To elaborate this methodology, the main criteria and sub criteria was conducted with direction of field experts. These criteria were as much qualitative as quantitative. Finally, an aggregation of criteria was proposed to serve as a decision tool.

- Fifth Stage

In order to validate the method approach, several different internal experts were consulted. Their expertise allowed the final tool to be refined.

- Sixth Stage

At the final stage, a decision tool was developed and tested on actual cases. Results were consulted with experts and presented to the committee in a final meeting. Some openings were identified as a potential extension of the study.

## **Objectives and Plan of Study**

### Object of study

Thanks to detail indexing about polymer plastic, plastic waste and way of recovery, and predefined criteria, the goal lies on creating an aiding tool which allows an industrial user, a producer or an owner of plastic waste to purposely select the appropriate recovery.

The tool itself gives the users the opportunity to ask the appropriate questions, in a way of assessing their type of plastic waste and how to recover it.

The study is based also on feedback and expert opinions. Their intervention was solicited after having developed the basics of the approach. They refined the setting of the decision tool.

Various meetings with experts were organized as the study continued. The experts have been selected during regular work meetings. These choices allowed the necessary knowledge on recovery and methodological field to be gathered.

### Plan of study

The final report is divided into four parts:

- Part one : context of the study

This chapter develops the basics of the study and general rules of application: legislation, plastic polymer characterization, application fields (producers, owners) of plastic waste and process treatment.

- Part two : plastic polymers

A special and accurate development of three main plastic families is conducted: Polyethylene (PE), Polystyrene (PS) and Polypropylene (PP).

These indications, mentioned by the polymer plastic family, are presented in index form. These indexes have been used to gather all characteristics of each selected family. One typical format of presentation was defined to collect properties and specification of a plastic family, in order to be properly used in the first step of the methodology (see chapter 4).

- Chapter three : Ways of recovery

Ways of recovery are presented in this chapter which is divided in three parts: material recovery (mechanical and feedstock recycling), energy recovery and mixed recovery process. These different kinds of recovery are detailed by indexes that describe the technical process, advantages and drawbacks, and its potential in terms of capacity.

These indexes give updated information of various ways of recovery. Indeed, the users will be able to comprehend the multi-criteria methodology.

- Chapter four : Multi-criteria methodology

This last chapter describes the methodology. The approach is organized in four steps:

- Step one: establishing the specification index of plastic waste;
- Step two: compatibility assessment of plastic waste versus ways of recovery;
- Step three: assessments of the whole criteria (quantitative and qualitative) for the different ways of recovery;
- Step four: interpretation of results.

## Exposition of Principal Results

In this section, only the results obtained in chapter 4 will be mentioned; relating to multi-criteria methodology.

### **Stage 1:** Specification index of plastic waste

The first stage of methodology consists of defining precisely the characteristics of waste, which the user holds.

This index of specification makes it possible for users to count the information useful for recovery, for the acceptance of waste within their installation.

This index gathers several sets of themes: identification of waste; characteristics of waste; safety relating to waste as well as flow and mode of conditioning.

### **Stage 2:** Compatibility assessment of plastic waste versus ways of recovery

The goal of the second stage is to evaluate the compatibility of plastic waste, which the user holds, with a particular way of recovery. This stage in particular makes it possible to identify the installation localization of treatment and recovery. It is based on exchanges between the plastic waste holder and the installation of recovery owners.

### **Stage 3:** Assessments of criteria for the different ways of recovery

This stage is the key stage of methodology. It makes it possible to evaluate the ways of recovery, identify as compatible, by using the various criteria selected. These criteria as well as quantitative and qualitative allow evaluation of performances of a treatment according to various field: legislation, environment, outlet, economy, technology or sanitation.

These criteria are divided into sub criteria, and then divided into themes. The evaluation of each treatment makes it possible to identify the performances and characteristics of treatment installations and plastic waste recovery.

The table which follows synthesizes the whole of these data:

CRITERIA	SUB CRITERIA	THEME
LEGISLATION	Role of the legislation	Role and influence in development of treatment
		Role and influence with secondary waste and recovery products
		Role and influence with energy recovery
		Objectives fixed by the legislation



CRITERIA	SUB CRITERIA	PART	
ENVIRONMENT	Natural resources	Natural resources consumption	
		Electricity consumption	
		Electricity recovered	
		Quantity of pure resins saved	
		Water consumption	
		What becomes of processed water	
		Natural resources saved	
	Atmospheric emissions	Green house effect : gas emissions	
		Other gas emissions	
	Transport of waste	Types of transport	
		Distance covered	
	Liquid emissions	Liquide emissions in natural environment	
Types of treatment			
Secondary waste	Quantity of secondary waste		
	Toxicity		
Certifications	ISO 14 000 ; 9 000		
OUTLET	Outlet of plastic recycling	Quantity of plastic recycling	
		Evaluation of treatment	
		Risk of treatment	
		Durability of outlet	
		Competition with other products	
		Reliability of outlet	
	What becomes of secondary waste	Take charge of secondary waste	
		Competition with other products	
		Reliability of outlet	
ECONOMY	Costs	Costs of recovery	
		Fluctuation of raw material exchange	
		Costs of transport	
	Profits	Profits of recovery	

CRITERIA	SUB CRITERIA	PART	
TECHNOLOGY	Process performance	Adaptability of the process	
		Level of waste preparation	
		Quantity accepted	
		Level of technicality process	
		Reliability of the process	
		Production of secondary waste	
		Purity rate	
		Production of recycling product	
		Weight of foreign competition	
		Development and maturity	Level of technology development
		State of treatment	
SOCIETY	Society analysis	Impact of employment activity	
		Consultation of the population	
		Acceptance of installation by the population	
	Working conditions	Evaluation of risk and danger	
		Means of individual and group protection	
		Communication, information	
		Respect of qualification required by function	
		Quantity of installation according to work load	
		Frequency rate of industrial accidents	
		Severity rate of industrial accidents	
		Quantity of minor accident	
	Evaluation of impacts	Odor, dust, noise	
		Visual impact	
Traffic impact			
Human toxicity			

**Stage 4:** Interpretation of results

Once, the well-informed multi-criteria methodology for each listed compatible way of recovery was recorded; the ultimate stage is the interpretation of performances and results. This interpretation is possible by indirect moderation, grading the criteria and mode of aggregated results. This mode of aggregation is not set, which allow users to adjust the criteria importance and/or themes, according to the context in which the user develops and the policy of company.

## **Analysis and Comments**

The study, conducted for nearly 10 months, made it possible to understand the complexity and diversity of plastic waste recovery. At the end of the study, a meeting of tutors and experts allowed for the pre-testing of the methodology.

This pre-testing, conducted by using a concrete case, gave the opportunity to evolve the method to a complete and accessible tool.

Nevertheless, in order to continue this work and to validate the operational relevance of this methodology, it would be judicial that the industry use and adapt the tool, using a real and concrete case.

The practical application of the tool would make it possible to have an actual feedback on the functionality and the relevance of this methodology: its advantages, limits or failures in order to optimise it.

## **Special Thanks**

CADET International wishes to thank the unit for the industrial tutors, association RECORD as well as the experts for their participation and their intervention.