
Mise en place d'une filière de recyclage de polystyrène issu de déchets à l'IUT

Création d'un objet promotionnel pour l'IUT Bordeaux 1

Olivier Mantaux* & Elizabeth Gardère**

** Laboratoire de Génie Mécanique et Matériaux de Bordeaux - IUT Bordeaux 1
Département Science et Génie des Matériaux, 15 rue Naudet 33175 Gradignan cedex*

olivier.mantaux@u-bordeaux1.fr

Section de rattachement : 60

Secteur : Secondaire

*** CEMIC – GREC/O (EA 4200) Université Bordeaux 3 - Maison des Sciences de l'Homme
d'Aquitaine, 10 Esplanade des Antilles, 33607 Pessac cedex*

IUT Bordeaux 4, Département Gestion Logistique et Transport, Av. d'Aquitaine 33175 Gradignan

elizabeth.gardere@u-bordeaux4.fr

Section de rattachement : 71

Secteur : Tertiaire

RÉSUMÉ. Le LGM²B et les départements SGM, GMP, GLT, HSE, GEII et GACO de l'IUT Bordeaux 1 ont mis en commun leurs compétences pour mettre en place une nouvelle filière de recyclage de matières plastiques à l'échelle de l'IUT. Depuis 2007, la vaisselle jetable en plastique des différents espaces de restauration est collectée. Une installation de nettoyage autonome est réalisée et un objet promotionnel en plastique recyclé sera injecté dans un moule réalisé par des groupes de projet licence professionnalisée usinage. Cette opération résulte d'une collaboration entre enseignants, chercheurs, personnels et étudiants. Elle est à l'interface des activités de recherche et d'enseignement face à la prise de conscience environnementale.

MOTS-CLÉS : recyclage, polymères, filière, gisement de déchets, projet, valorisation, coopération multi disciplinaire

1. Introduction

Le Laboratoire de Génie Mécanique et Matériaux de Bordeaux (LGM²B) mène depuis 2003 des études concernant le recyclage de polymères industriels pour lesquels les filières de recyclage sont à créer. De nombreux verrous scientifiques ont été levés concernant le recyclage de l'ABS pur ou en mélange avec du Polycarbonate, les paramètres d'extrusion ont été optimisés afin de limiter la dégradation de la matière et de garantir une qualité optimale de la matière recyclée. Aujourd'hui nous travaillons sur la recherche de la pureté nécessaire après tri pour que le polystyrène issu de déchets (DEEE ou ménagers) soit recyclable à moindre coût. Ces résultats scientifiques sont utilisés par les étudiants de 2^o année de DUT SGM lors de TP de recyclage et par des étudiants de licence professionnelle « Gestion de projets innovants » pour bâtir une nouvelle filière de recyclage de matière plastique.

Pour qu'une nouvelle filière de recyclage puisse voir le jour, il convient de démontrer que les résistances organisationnelles peuvent être levées. C'est pourquoi nous avons créé une filière de recyclage à l'échelle de l'IUT de Bordeaux. Ainsi, les déchets sont collectés, nettoyés, triés, broyés et la matière est recyclée à l'IUT. Le PS recyclé est utilisé pour réaliser un objet promotionnel (par injection) qui rappellera aux visiteurs que la recherche et l'enseignement à l'IUT de Bordeaux œuvrent pour l'environnement et créent de nouvelles filières de recyclage en ce sens.

2. Filières existantes et aspect innovant du projet

Il existe plusieurs filières de recyclage de matières plastiques en France. Les premières matières à faire l'objet de recyclage ont été les polyoléfinés : polyéthylène et polypropylène du fait de leur facilité de tri et de leur bon comportement lors du recyclage. Aujourd'hui, le PE issu de déchets ménagers (emballages) est recyclé, notamment par Plastic Omnium pour réaliser des containers poubelle. Le PP issu de la démolition d'automobiles (VHU) est recyclé pour réaliser des pièces secondaires dans l'automobile ou des produits de jardin. Depuis une dizaine d'années, le polyester des bouteilles d'eau minérale est également recyclé pour réaliser de la fibre textile ; le succès de cette filière et la recherche ont permis d'obtenir une excellente qualité de la matière recyclée à tel point qu'il est envisagé aujourd'hui de l'utiliser pour réaliser de nouvelles bouteilles. Les polymères plus techniques (ABS, polycarbonate, polystyrène, polyamide) font également l'objet d'opération de recyclage mais à une échelle plus réduite à cause d'une part du manque de retour d'expérience sur des produits contenant ces matières recyclées et d'autre part du fait de l'absence de collecte de ces matières usagées. Nous ciblons une matière aujourd'hui très peu recyclée et pour laquelle la filière doit être construite : le polystyrène (PS). Ce matériau thermoplastique (peut être fondu) est présent dans de nombreux ménagers, est tout à fait recyclable et est polluant (dioxine) lorsqu'il est incinéré. Il nous a paru intéressant de démontrer qu'une

filière de recyclage du PS peut fonctionner avec un bilan environnemental favorable. La création en 2006 d'une nouvelle classe de déchets (Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques - DEEE) demande la collecte d'appareils contenant des polymères techniques et soulève la question du recyclage des matières qu'ils contiennent.

Pour qu'une nouvelle filière puisse voir le jour, plusieurs conditions sont à réunir :

- 1) Le gisement doit être stable et pérenne,
- 2) Les matières doivent être collectées, identifiables et triables,
- 3) Le recyclage doit être techniquement possible,
- 4) Le recyclage ne doit pas avoir un impact environnemental plus important que le déchet qu'il fait disparaître,
- 5) La matière recyclée doit être proposée à un prix compétitif par rapport à la matière équivalente neuve,
- 6) Il doit exister des applications industrielles pour la matière neuve (avec un volume comparable à celui du gisement collecté).

Un des aspects innovants de ce projet est de ne pas traiter que la partie technique ou technologique du recyclage mais de lever les freins au projet au niveau des divers maillons de la chaîne de la filière de recyclage :

- 1) Organisation de la collecte,
- 2) Transport et nettoyage,
- 3) Tri des différentes matières,
- 4) Production d'une matière recyclée de qualité,
- 5) Utilisation de la matière recyclée pour réaliser un produit fini,
- 6) Communication sur les enjeux et les résultats de cette opération promotionnelle.

Chaque aspect a été traité en partenariat avec différents départements de l'IUT Bordeaux 1. Cette opération est innovante puisqu'elle associe des compétences dans les domaines de la fabrication mécanique (GMP) pour la réalisation du moule d'injection, des matériaux (SGM) pour le nettoyage et le recyclage et l'injection de la matière, de l'électronique (GEII) pour le pilotage de l'installation de nettoyage autonome, de l'environnement (SGM et HSE) pour la maîtrise des impacts environnementaux et les aspects réglementaires, et enfin dans le domaine de la logistique et communication (GLT et GACO) pour la mise en place de la filière.

3. Organisation de la collecte et communication

La conduite de ce projet suppose la mobilisation du personnel technique, administratif, enseignant et des étudiants. Il s'agit d'un projet coopératif qui, par définition, est basé sur un système de régulation où les membres du projet s'impliquent de plus en plus en fonction de l'image qu'ils en ont. Cette approche s'organise selon un découpage en phases, elle suppose un cahier des charges et des actions transversales.

L'année 2008 est ici considérée comme étant l'origine du projet. Après une *phase préliminaire* de quelques mois qui consiste à définir l'intérêt du projet pour les parties prenantes (divers départements de l'IUT), le *jalon de lancement* stipule au niveau de la politique générale de l'IUT des résultats attendus conformément à une démarche en réseau de l'ensemble de l'offre de formation. Les *phases d'expression du besoin* et de *validité* font remonter de l'ensemble des départements les constats de dysfonctionnements ou l'absence de solutions en termes de recyclage, leurs attentes et suggestions. Il s'agit d'identifier ce qui est techniquement réalisable dans le cadre pédagogique. Le but est de parvenir à une vision commune qui aboutit à un projet commun. Ici, l'ambition est de mettre à contribution les compétences et connaissances de chaque formation (SGM, GACO...) pour mener un projet allant de la collecte de matériaux à l'objet promotionnel. Cette concrétisation correspond aux *phases de développement* et de *réalisation* qui s'entendent sur 2009. Trois phases jalonnent l'année 2010 : *vérification, qualification et livraison* (ex : journées portes ouvertes).

La définition des tâches et rôles assignés à chacun permettra de réduire les zones d'interférence, les doublons, donc la perte de temps et les conflits dans le respect d'une planification. Sans parler d'organigramme formel, cette conduite de projet s'inscrit dans des logiques d'autonomie et de responsabilité collective [Boutinet JP., 2004].

La définition de bonnes pratiques relatives à la collecte des déchets est l'une des conditions du civisme requis de telle sorte que les bornes de collecte ne soient pas souillées. D'un point de vue pratique, deux bornes de collecte sont mises à disposition de chaque département. Afin d'optimiser le transport des déchets et de limiter l'impact écologique, la collecte (0.5 à 1 kg de déchets par semaine, par département) sera effectuée concurremment avec celle du courrier, et un jour sera assigné aux points de collecte. L'ambition pédagogique est de sensibiliser et responsabiliser aux gestes écocitoyens les douze départements de l'IUT, les usagers du RU, de l'administration et de la cafétéria et de co-construire une communication sur cette action.

L'objet promotionnel véhicule tant l'image de l'IUT Bordeaux 1 qu'un message en termes de savoir-faire et savoir-être. La communication par l'objet porte des valeurs comme celles d'une politique environnementale défendue par l'IUT et d'une pédagogie en ce sens. Au-delà de l'action, c'est un état d'esprit collectif qui tend vers un engagement écologique pour réduire l'impact environnemental.

La communication environnementale indispensable au projet s'inscrit dans un contexte de politique environnementale ; ce type de politique se traduirait à l'échelle d'une entreprise par l'obtention d'un label ou d'une certification ISO 14001, d'un enregistrement EMAS dit Eco-audit, mais parfois, engagement et conviction suffisent pour la faire adopter [Gardère E., 2008]. Les modes de communication ont pour but de valoriser l'existant par des actions participatives et interactives. L'implication à tous les niveaux en est la condition de validité. Les stratégies ont été définies en fonction d'objectifs attendus et de moyens prévus à destination d'un public ciblé (étudiants, futurs étudiants et personnels). Le choix des relais d'opinion pour transmettre le

message fait de chaque cible un relais qui complète le volet pédagogique d'actions (réunions, projets...) [Libaert T., 2000]

Quatre étapes préalables ont été nécessaires : 1) identification des objectifs et impacts ; 2) identification des cibles, moyens et messages ; 3) perception des impacts par les cibles ; 4) perception des actions environnementales. Le message peut porter sur trois points : 1) le projet : politique, démarche et engagement ; 2) les actions et résultats ; 3) la gestion des ressources, des moyens. Le message peut-être : 1) informatif, moral ou éthique ; 2) préventif ; 3) curatif ou réactif. Il s'agit d'une dynamique inductive qui s'inscrit dans un processus continu. Le système doit être pensé, mis en œuvre, analysé et évalué pour ne pas provoquer de résultats contraires aux effets escomptés.

4. Nettoyage, stockage et recyclage de la matière

4.1. *Gisement utilisé*

Le gisement est composé de couverts, gobelets et pots de yaourt en polystyrène (PS) dense (non expansé). Ce matériau peut être collecté dans les cafétérias et auprès des ménages. Il peut donner lieu à des partenariats avec de nombreux opérateurs de restauration rapide et faire l'objet de manifestations grand public. Le PS est en outre présent dans les DEEE [Cooper T ; 2000] ce qui laisse envisager un gisement important. Toutefois nous ne recyclons pas les pots de yaourt avec étiquette, car cela nécessiterait trop de main d'œuvre et d'eau pour éliminer les traces de colle et de papier. Nous ne recyclons pas non plus les assiettes jetables car les salissures et notamment les huiles sont nocives pour le recyclage de certaines matières plastiques comme le PET (alors que bénéfiques pour d'autres comme le PP). Une étude menée au LGM2B est en cours pour définir l'impact de la présence d'huile lors du recyclage du polystyrène issu de déchets. Les résultats permettront éventuellement d'étendre le gisement aux déchets gras.

4.2. *Nettoyage et stockage*

La mise en place d'une opération de recyclage doit lever l'objection d'une consommation élevée de ressources (énergie, eau) pour traiter une faible quantité de déchets. Aussi, nous avons conçu une installation de nettoyage autonome en eau et énergie (figure 1).

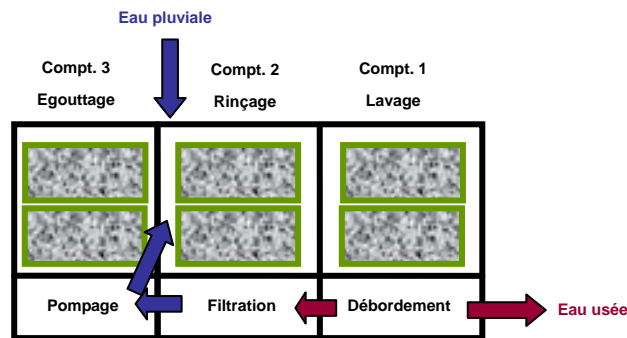


Figure 1 . Bac de nettoyage – schéma de principe

Cette installation est constituée d'un bac compartimenté pouvant accueillir six caisses de matière plastique avant recyclage. L'alimentation en eau est réalisée grâce à l'eau de pluie captée sur le toit du département SGM. Aucun apport d'eau courante n'est nécessaire puisque la surface du toit utilisée de 400 m² est largement suffisante pour compenser les pertes par évaporation et assurer un renouvellement permanent de l'eau du bac. Le surplus d'eau est évacué par débordement et permet d'éliminer les matières principales par flottation (particules de papier et graisses). L'eau circule dans une série de filtres de type aquarium composés de charbon actif et de paille. Aucun solvant ni détergent n'est utilisé, ainsi l'eau rejetée (à l'égout pour des questions réglementaires) à l'issue du nettoyage est parfaitement propre. La circulation est assurée par une pompe de faible puissance alimentée par des panneaux solaires fixés sur le dessus du bac de nettoyage. Le système de régulation électronique est conçu par des enseignants du département GEII pour charger une batterie et ne délivrer du courant dans le moteur de filtration que lorsque la charge est suffisante. Le bac est muni de trois compartiments contenant de deux caisses de matière plastique et est rempli de façon hebdomadaire par un personnel technique de l'IUT qui effectue en même temps un contrôle du bon fonctionnement de l'installation. Les déchets souillés sont chargés dans deux caisses qui sont plongées dans le compartiment n°1 « lavage ». Les caisses passent une semaine dans le compartiment n°1 puis sont déplacées dans le compartiment n°2 « rinçage » ; après une semaine dans le compartiment n°2, elles sont plongées dans le compartiment sec n°3 « égouttage ». A l'issue de ce cycle, la matière est broyée, stockée en bac fermé, et prête pour l'extrusion.

4.3. *Recyclage*

De nombreux travaux de recherche ont montré l'aptitude du PS au recyclage [Brennan L.B. et al. 2002] ; [Cui J ; 2003]. De plus les études menées au LGM²B sur le recyclage de polymères styréniques (ABS, ABS-PC, HIPS), [Mantoux O. et al. 2007] ; [Mantoux O. et al. 2008] ont permis de définir les paramètres optimaux de recyclage par extrusion qui permettent à la fois de minimiser la dégradation de la matière et de

produire de la matière en grande quantité. Le procédé de recyclage utilisé est un procédé mécanique. La matière issue du broyeur sous forme de paillettes de dimensions centimétriques est tout d'abord étuvée sous vide à 85°C pendant 20 minutes puis extrudée sur une extrudeuse monovis L70 D30 avec les paramètres définis lors de travaux de recherche précédents [Mantoux O. et al. 2004]. La matière est transformée en granules par l'extrudeuse. Cette étape est mise à profit pour colorer la matière par addition de 10% de mélange maître de PS neuf, ce qui a pour effet de régénérer les propriétés mécaniques de la matière. Les granules produits sont à nouveau étuvés sous vide et peuvent être injectés. A la création du département SGM à Bordeaux en 2003, il a été décidé que « l'adaptation locale du programme » serve à donner aux étudiants de SGM une spécialisation dans le domaine de l'environnement. Deux modules spécifiques ont été créés : *Ecobilan et recyclage* et *Interaction procédés / environnement*. Dans ce cadre, le moule de l'objet promotionnel est en cours de fabrication.

5. De la matière recyclée à l'objet promotionnel

L'un des objectifs est de produire dès la rentrée 2009 un objet promotionnel pour l'IUT Bordeaux 1. Il sera offert lors des journées portes ouvertes et salons en 2010. La communication véhiculée par cet objet associe les notions d'innovation (nouvelle filière), de respect de l'environnement et d'utilité. Aussi, le choix s'est porté sur la réalisation d'un porte crayons en forme de borne de collecte (échelle 1/18) où sont gravées les mentions « Réalisé en PS recyclé - IUT Bordeaux 1 » (figure 2).

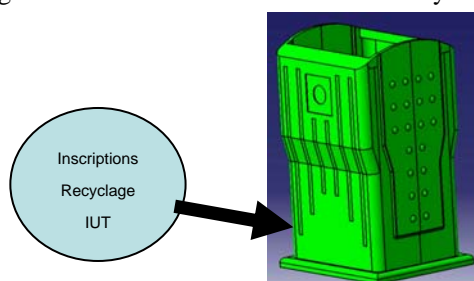


Figure 2. *Objet promotionnel réalisé en polystyrène recyclé*

La création du département SGM à Bordeaux en 2003 a permis une adaptation locale du programme concernant un approfondissement dans le domaine de l'environnement. Ainsi, plusieurs enseignements spécifiques ont été créés. Lors des TP de recyclage, les étudiants effectuent un tri par flottation des matières plastiques, réalisent le traitement présenté au § 4.3 et injectent une série d'objets en PS recyclé. Cette activité permet ainsi de mettre en avant les enjeux de la mise en place d'une filière, de réaliser les opérations techniques de recyclage et d'offrir une seconde vie à des matières qui finissaient dans la poubelle après quelques secondes d'utilisation.

6. Conclusions et perspectives

La mise en place d'une filière de recyclage interne à l'IUT montre l'intérêt d'associer diverses compétences pour mener à bien un projet qui ouvre de nombreuses opportunités de collaboration entre l'IUT et des partenaires potentiels souhaitant améliorer le traitement de leurs déchets (Universités, collectivités territoriales, entreprises de restauration à bord des avions, trains...). Les enjeux de ce projet sont de pointer et dépasser les freins au changement dans les pratiques pour sensibiliser et participer à une démarche collective de protection de l'environnement. L'objet promotionnel étant la signature de ce projet. Dans la perspective d'une démarche d'amélioration continue du procédé avec une réévaluation récurrente de l'impact environnemental, les pistes sont nombreuses : équipement d'une régulation thermique des machines en circuit fermé, extension du gisement, etc. Ce projet en faveur d'une politique environnementale pourrait être les prémices d'une certification environnementale de l'IUT Bordeaux 1.

Bibliographie

- Brennan L.B., Isaac D.H., Arnold J.C., « Recycling of ABS and HIPS from Waste Computer Equipment », *Journal of Applied Polymer Science*, 86, p. 572-578, 2002.
- Boutinet JP., *Psychologie des conduites à projet*, Poche, Paris, 2004.
- Cooper T., « WEEE, WEEE, WEEE, all the way home ? », *European Environment*, 10, p. 121-130, 2000.
- Cui J., Forssberg A., « Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment : a review » *Journal of Hazardous Materials*, B99 ; 243-263 ; 2003.
- Gardère E., Gardère J-P., « Réseau et multimodalité à Bordeaux. Stratégie durable et choix technologiques », in : *Actes CAENTI Conférence Internationale d'Intelligence Territoriale*, Besançon, 2008. <http://www.intelligence-territoriale.eu/besancon2008/>
- Libaert T., *Le plan de communication*, Dunod, Paris, 2000.
- Mantoux O., Barthès ML., Dumon M., Lacoste E., « Recyclage d'ABS issu de DEEE en mélange avec du PC », *Actes du 14^e Congrès pour la recherche dans les IUT CNRIUT 2008*, Lyon, 2008.
- Mantoux O., Barthès ML., Dumon M., Verney V., Lacoste L., « Régénération d'ABS et ABS-PC issus de DEEE », *Matériaux & Techniques Special Issue*, 95 (2), p. 111-120, 2007.
- Mantoux O., Lorriot T., Chibalon L., Aurrekoetxea J., Puerto A., Arostegi A., « Recycling study of end of life products made of ABS resin », *Journal of material science and technology*, 20 (1), p. 125-128, 2004.