

# Incorporation de matière première recyclée dans l'injection polymère : Application aux flaconnages à haute valeur ajoutée

---

**Mots-clés : Recyclage, Polypropylène, Relation microstructure/propriétés mécaniques**

---

**Supervision : Jean-Luc Bouvard et Christelle Combeaud, CEMEF Mines Paris**

---

**Partenaires du projet : Tournaire et IPC (Centre technique Industriel Plasturgie et Composites)**

---

## Contexte général du projet de recherche :

Dans un contexte environnemental marqué par la nécessité de réduire l'empreinte carbone et de se conformer aux exigences réglementaires européennes, ce projet s'inscrit pleinement dans une démarche responsable et circulaire. Il vise à répondre aux enjeux identifiés par le bilan carbone et l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), tout en intégrant les principes de la stratégie 3R (Réduction, Réemploi, Recyclage). Ainsi, le projet consiste à développer un bouchon polymère à base de 30 jusqu'à 100 % de Matière Plastique Recyclée (MPR). Le bouchon doit être capable de maintenir des performances équivalentes aux standards actuels, malgré l'utilisation d'une matière potentiellement différente. Cette démarche s'accompagne de plusieurs objectifs clés : réduire la quantité de plastique utilisée par emballage (à volume ISO constant ou inférieur), proposer une solution intégrant des matières recyclées en conformité avec la réglementation européenne, et contribuer activement à la transition vers des emballages plus durables.

## Objectifs de la thèse

L'objectif premier du projet consiste à comprendre et optimiser l'incorporation de matière première recyclée (MPR) au cours d'un procédé de mise en forme par injection. En effet, les propriétés des MPR peuvent être différentes ou moins performantes que celles des matériaux vierges, impliquant ainsi de nouveaux défis en termes de stabilité de la mise en œuvre et propriétés finales attendues. L'utilisation de matière recyclée peut également accentuer les effets du vieillissement, impactant ainsi leurs propriétés mécaniques telles que la résistance et la durabilité. Il s'agira d'analyser en profondeur le comportement mécanique ainsi que les caractéristiques physico-chimiques d'un polymère semi-cristallin (copolymère polypropylène/polyéthylène). Ce grade matériau est actuellement utilisé pour la fabrication par injection de bouchons d'étanchéité destinés à des flaconnages à haute valeur ajoutée en aluminium recyclé (ex. parfumerie).

L'objectif de la thèse est de comprendre les mécanismes qui confèrent au matériau vierge de référence ses performances et sa capacité à répondre aux exigences du cahier des charges industriel, afin d'anticiper et de compenser les écarts liés à l'utilisation de matières recyclées. Une attention particulière est portée à l'optimisation du procédé de mise en forme par injection, fortement impacté par la variabilité des comportements des polymères recyclés (rhéologie, stabilité thermique, dispersion des propriétés et durabilité). Cette approche permettra d'identifier les leviers d'adaptation du procédé

et du design produit pour garantir des performances équivalentes avec des matériaux recyclés disponibles sur le marché.

### Profil recherché

Le (la) candidat(e) recruté (e) devra présenter de bonnes compétences dans le domaine de la physico-chimie et mécanique des polymères pris à l'état solide. L'étude de recherche orientée vers un domaine applicatif nécessitera de posséder des appétences pour les approches expérimentales. Une rigueur expérimentale ainsi qu'une bonne aptitude à la synthèse et à la communication seront nécessaires.


### Le petit + du sujet / Point fort du sujet :

Le projet de thèse s'insère dans un programme de chaire industrielle plus vaste, la chaire CYCLADES, portée par le CEMEF Mines Paris et l'IPC (Centre technique Industriel Plasturgie et Composites). Les objectifs de la chaire visent à la compréhension de l'effet de l'incorporation de MPR dans des plastiques vierges. L'ambition de la chaire est de faire le lien entre mise en œuvre, microstructures et propriétés finales, en maîtrisant la variabilité des MPR au cours des procédés de mise en forme. Entre 2025 et 2030, quatre thèses dédiées seront portées dans ce programme sur des matériaux polymères et domaines d'application variés (aéronautique, automobile, emballage...).

### Présentation du CEMEF et de votre future équipe de recherche :

Vous intégrerez le **CEMEF**, l'un des principaux centres de recherche de **Mines Paris – PSL** associé au **CNRS**. Depuis plus de cinquante ans, le CEMEF conduit des recherches de pointe en **mécanique, matériaux, simulation numérique et intelligence artificielle**, en lien étroit avec l'industrie et les partenaires académiques. Le centre rassemble environ **170 personnes**, dont **75 doctorantes et doctorants**, au sein d'un environnement international et multidisciplinaire.

La thèse proposée sera encadrée par des enseignants-chercheurs de l'équipe de recherche Surfaces et Polymères (S&P). Les recherches de l'équipe S&P portent sur l'étude des polymères et des surfaces, de leur formulation à leurs propriétés d'usage, en combinant expérimentation et modélisation. Elles visent à comprendre les relations entre procédés, microstructure et propriétés mécaniques, concevoir des matériaux innovants pour la santé et l'environnement, et maîtriser les interactions et la durabilité des surfaces (interfaces, revêtements, lubrification).

Type de contrat	CDD	 <a href="#">candidature en ligne</a> sur la plateforme dédiée <b>Date limite de candidature :</b> 30/05/2026
Quotité de travail	Temps complet	
Durée du contrat	3 ans	
Rémunération	27 000 € bruts/an	
Localisation	CEMEF Mines Paris 1 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis, France	
Date d'embauche	1 <sup>er</sup> octobre 2026	

## Incorporation of recycled raw material in polymer injection molding: Application to high value-added packaging bottles

---

**Keywords: Recycling, Polypropylene, Microstructure–Mechanical Property Relationships**

---

**Supervision: Jean-Luc Bouvard et Christelle Combeaud, CEMEF Mines Paris**

---

**Partners of project: Tournaire et IPC (Centre technique Industriel Plasturgie et Composites)**

---

### **General context of the project:**

In an environmental context marked by the need to reduce carbon footprint and comply with European regulatory requirements, this project fully aligns with a responsible and circular approach. It aims to address the challenges identified through carbon footprint assessments and Life Cycle Analysis (LCA), while integrating the principles of the 3R strategy (Reduce, Reuse, Recycle). The project therefore focuses on developing a polymer cap made from 30 up to 100% Recycled Plastic Material (RPM). The cap must be able to maintain performance equivalent to current standards, despite the use of potentially different material. This approach is supported by several key objectives: reducing the amount of plastic used per package (at constant or lower ISO volume), proposing a solution incorporating recycled materials in compliance with European regulations, and actively contributing to the transition toward more sustainable packaging.

### **PhD objectives:**

The primary objective of the project is to understand and optimize the incorporation of recycled raw materials (RRM) during an injection moulding process. Indeed, the properties of recycled materials may be different or exhibit lower performance compared to virgin materials, creating new challenges in terms of processing stability and achieving the expected final properties. Moreover, the use of recycled materials can amplify aging effects, thereby impacting mechanical properties such as strength and durability. The work will involve an in-depth analysis of the mechanical behavior as well as the physico-chemical characteristics of a semi-crystalline polymer (polypropylene/polyethylene copolymer). This material grade is currently used for injection molding of sealing caps intended for high value-added packaging made of recycled aluminum (e.g., perfumery applications).

The objective of the PhD is to understand the mechanisms that give reference virgin material its performance and its ability to meet industrial specifications, to anticipate and compensate for deviations associated with the use of recycled materials. Attention will be paid to the optimization of the injection moulding process, which is strongly affected by the variability of recycled polymers (rheology, thermal stability, property dispersion, and durability). This approach will make it possible to identify key levers for adapting both the process and product design to ensure equivalent performance with recycled materials available on the market.

### Profile sought:

The selected candidate should have strong skills in the physico-chemistry and solid-state mechanics of polymers. As the research is application-oriented, an interest in experimental approaches is required. Strong experimental rigor, as well as good abilities in analysis, synthesis, and communication, will be essential.


### The plus of the subject / Key point of the subject:

The PhD project is part of a broader industrial chair program, the CYCLADES Chair, led by CEMEF Mines Paris and IPC (Industrial Technical Centre for Plastics and Composites). The objectives of the chair focus on understanding the effects of incorporating recycled raw materials (RRM) into virgin plastics. Its ambition is to establish the link between processing, microstructure, and final properties, while controlling the variability of recycled materials during forming processes. Between 2025 and 2030, four dedicated PhD projects will be carried out within this program, covering various polymer materials and application fields (aeronautics, automotive, packaging, etc.).

### Overview of CEMEF and of your future research team:

You will join **CEMEF**, the largest research center of **Mines Paris – PSL** associated with the **CNRS**. For more than fifty years, CEMEF has been conducting cutting-edge research in **mechanics, materials, numerical simulation, and artificial intelligence**, in close collaboration with industry and academic partners. The center hosts around **170 people**, including approximately **75 PhD candidates**, within a highly international and multidisciplinary environment.

The proposed PhD will be supervised by faculty members from the Surfaces and Polymers (S&P) research team. The S&P team focuses on the study of polymers and surfaces, from formulation to end-use properties, combining experimental and modelling approaches. Their research aims to understand the relationships between processing, microstructure, and mechanical properties, to design innovative materials for health and environmental applications, and to control surface interactions and durability (interfaces, coatings, lubrication).

<b>Type de contrat</b>	CDD	 <a href="#">Online application</a> on the dedicated platform <b>Application deadline :</b> 30/05/2026
<b>Working time</b>	Full time	
<b>Duration</b>	3 years	
<b>Salary</b>	€27,000 gross per year	
<b>Location</b>	CEMEF Mines Paris 1 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis, France	
<b>Starting date</b>	Oct. 1 <sup>st</sup> , 26	