COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE | ED SCIENCES DE L'INGENIERIE ET DES SYSTEMES

Nantes Université

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602
Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes
Spécialité : « *Génie de procédés et bioprocédés* »

Par
Henda MRABTI

Contrôle et amélioration des propriétés des matières plastiques recyclées durant leur transformation en vue de leur réutilisation

Thèse qui sera présentée et soutenue à l'IUT de Nantes, le 20 novembre 2026: UMR CNRS 6144 GEPEA (Génie des Procédés–Environnement–Agro-alimentaire)

Rapporteurs avant soutenance :

Jean-Yves CHARMEAU Professeur des Universités, INSA Lyon – site d'Oyonnax
Matthieu GERVAIS Maître de Conférences HDR, Arts et Métiers (ENSAM), Paris

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom Fonction et établissement d'exercice (8)*(à préciser après la soutenance)*
Examinateurs :

	Jean-Yves CHARMEAU	Professeur des Universités, INSA Lyon
	Matthieu GERVAIS	Maître de Conférences HDR, Arts et Métiers (ENSAM), Paris
	Bernard HUMBERT	Professeur des Universités, IMN, Nantes Université
	Yvan CHALAMET	Professeur des Universités, IMP, Université Jean Monnet
	Sophie DUQUESNE	Professeure des Universités, Centrale Lille Institut
Directeur de thèse :	Yves BEREAUX	Maître de Conférences HDR, GEPEA, Nantes Université
Co-encadrant :	Gaël COLOMINES	Maître de Conférences, GEPEA, Nantes Université
Co-encadrante :	Sophie QUILLARD	Maître de Conférences, IMN, Nantes Université

COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE | ED SCIENCES DE L'INGENIERIE ET DES SYSTEMES

Nantes Université

Titre : Contrôle et amélioration des propriétés des matières plastiques recyclées durant leur transformation en vue de leur réutilisation

Mots clés : recyclage mécanique, polyoléfines, contrôle en ligne, spectroscopie proche infrarouge, rhéométrie capillaire, extrusion bi-vis.

Le recyclage mécanique des polyoléfines se heurte à deux obstacles : la dégradation thermomécanique à chaque cycle de transformation et la contamination du polypropylène par du polyéthylène. Cette thèse explore le suivi de ces deux phénomènes durant la transformation. Un polypropylène copolymère à impact (IPC) est soumis à des cycles de recyclage par injection : deux voies de dégradation sont identifiées et reliées aux paramètres du procédé. Leurs signatures moléculaires sont établies par spectroscopies UV-visible, Raman, infrarouge et proche infrarouge, puis condensées en indices robustes. Enfin, une extrudeuse bi-vis instrumentée (rhéométrie capillaire et sonde NIR en ligne) suit en continu l'IPC recyclé et des mélanges IPC/PEHD (0–30 %). La rhéométrie discrimine le vierge du recyclé, le NIR détecte le PEHD dès 10 %. Ces résultats fondent une stratégie de contrôle en ligne du recyclage des polyoléfines.

Le recyclage mécanique des polyoléfines se heurte à deux obstacles : la dégradation thermomécanique à chaque cycle de transformation et la contamination du polypropylène par du polyéthylène. Cette thèse explore le suivi de ces deux phénomènes durant la transformation. Un polypropylène copolymère à impact (IPC) est soumis à des cycles de recyclage par injection : deux voies de dégradation sont identifiées et reliées aux paramètres du procédé. Leurs signatures moléculaires sont établies par spectroscopies UV-visible, Raman, infrarouge et proche infrarouge, puis condensées en indices robustes. Enfin, une extrudeuse bi-vis instrumentée (rhéométrie capillaire et sonde NIR en ligne) suit en continu l'IPC recyclé et des mélanges IPC/PEHD (0–30 %). La rhéométrie discrimine le vierge du recyclé, le NIR détecte le PEHD dès 10 %. Ces résultats fondent une stratégie de contrôle en ligne du recyclage des polyoléfines.

Title: Control and improvement of the properties of recycled plastics during processing for their reuse

Keywords: mechanical recycling, polyolefins, in-line monitoring, near-infrared spectroscopy, capillary rheometry, twin-screw extrusion.

Mechanical recycling of polyolefins faces two obstacles : thermomechanical degradation at each processing cycle, and contamination of polypropylene by polyethylene. This thesis explores the monitoring of both phenomena during processing. An impact polypropylene copolymer (IPC) is subjected to successive injection-moulding recycling cycles : two degradation pathways are identified and related to process parameters. Their molecular signatures are established by UV-visible, Raman, infrared and near-infrared spectroscopy, then condensed into robust indices. Finally, an instrumented twin-screw extruder (in-line capillary rheometry and NIR probe) continuously monitors recycled IPC and IPC/HDPE blends (0–30 %). Rheometry discriminates virgin from recycled material, NIR detects HDPE from 10 % upwards. These results lay the foundations of an in-line monitoring strategy for polyolefin recycling.

Mechanical recycling of polyolefins faces two obstacles: thermomechanical degradation at each processing cycle, and contamination of polypropylene by polyethylene. This thesis explores the monitoring of both phenomena during processing. An impact polypropylene copolymer (IPC) is subjected to successive injection-moulding recycling cycles : two degradation pathways are identified and related to process parameters. Their molecular signatures are established by UV-visible, Raman, infrared and near-infrared spectroscopy, then condensed into robust indices. Finally, an instrumented twin-screw extruder (in-line capillary rheometry and NIR probe) continuously monitors recycled IPC and IPC/HDPE blends (0–30 %). Rheometry discriminates virgin from recycled material, NIR detects HDPE from 10 % upwards. These results lay the foundations of an in-line monitoring strategy for polyolefin recycling.