

AMÉLIORATION DES PROPRIÉTÉS THERMOMÉCANIQUES DE L'ACIDE POLYLACTIQUE POUR DES APPLICATIONS À HAUTES TEMPÉRATURES

EDITION 2013-2014
Prix étudiants de l'ARC

ÉTUDIANT EN SCIENCES DE LA NATURE ET STAGIAIRE, CENTRE DE TECHNOLOGIE MINÉRALE ET DE PLASTURGIE INC.

WILLIAM GAGNÉ-MONFETTE

Sous la supervision de KEVEN PÉPIN et PASCAL Y. VUILLAUME
Centre de technologie minérale et de plasturgie inc.
et ANDRO VACHON
Cégep de Thetford

1 Contexte et objectif

L'utilisation de l'acide polylactique (PLA) pour remplacer les matières plastiques pétrochimiques est une solution intéressante parce qu'il est **biorenewable**, **biodégradable** et **compostable**. Ses avantages sont les suivants :

- Réduction de la dépendance au pétrole
- Diminution du volume de déchets enfouis

Sa rigidité diminue au-delà de sa température de transition vitreuse ($T_g \sim 60^\circ\text{C}$) en raison de sa **faible cristallinité**.

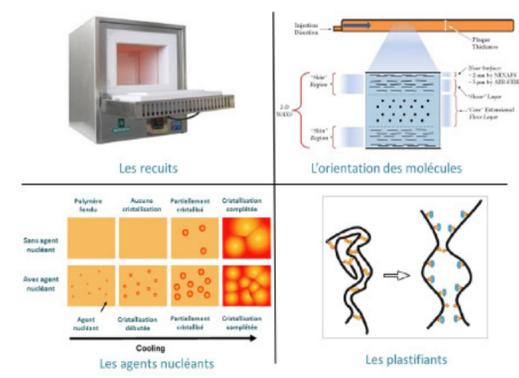


L'objectif principal du projet consiste à augmenter la cristallinité du PLA afin d'améliorer ses propriétés thermomécaniques.

Exemple d'un verre en PLA qui perd sa rigidité au contact de l'eau chaude.

2 Méthodologie

Trois méthodes ont été utilisées : le **recuit**, le recours à un **agent nucléant** (talc) et l'ajout d'un **plastifiant** (polyéthylène glycol 400 g/mol [PEG400]).

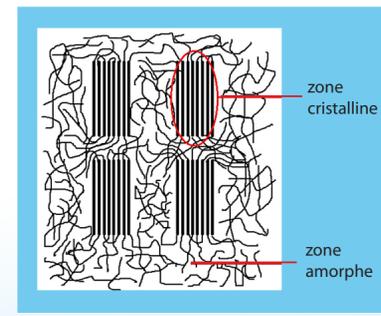


La recherche a été effectuée avec deux PLA de potentiel cristallin différent :

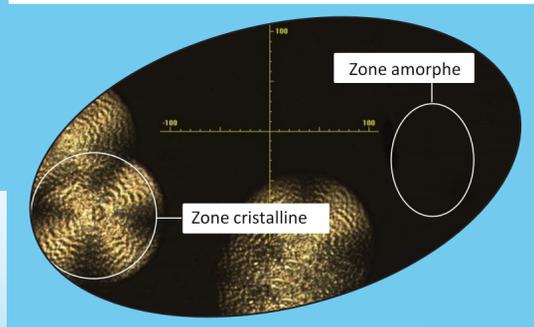
- PLA2003D (4,1 % d'isomères D)
- PLA3100HP (0-0,3 % d'isomères D)

Techniques favorisant la cristallisation

- Les mélanges ont été préparés et caractérisés de la façon suivante :
- Extrusion double vis (180 à 200 °C)
 - Injection (25 °C/30 s et à 120 °C/4 min)
 - Recuit (80 à 110 °C, durée: 5-90 min)
 - Température de fléchissement sous charge (TFC) (ASTM D648)
 - Analyse calorimétrique différentielle à balayage (DSC) (10 °C/min, -30 à 21 °C)



Représentation schématique d'une morphologie semi-cristalline.

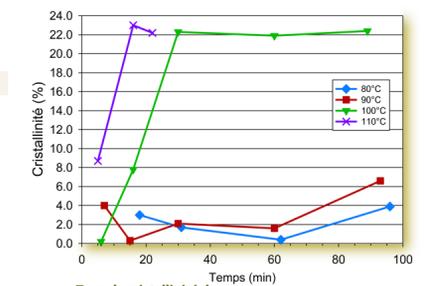


Sphérolites (cristaux) observés par microscopie optique en lumière polarisée (objectif 10x, T=110 °C, 100 µm x 100 µm).

3 Résultats

PLA2003D

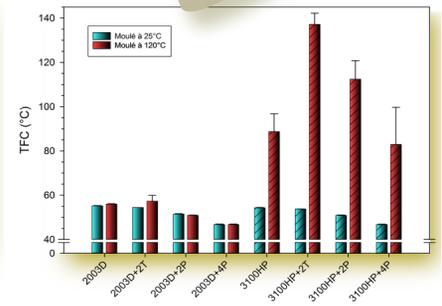
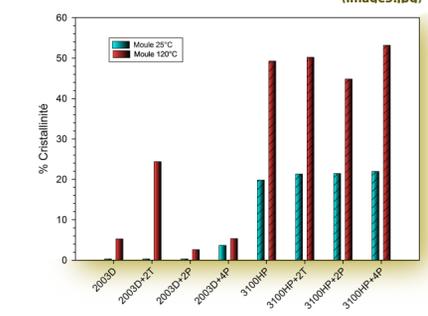
- Augmentation de la vitesse de cristallisation et du taux de cristallinité lors des recuits à $T > 90^\circ\text{C}$
- Augmentation de la cristallinité avec les additifs :
 - à 25 °C, 4% (4% PEG400) vs 0% (vierge)
 - à 120 °C, 24% (2% talc) vs 5% (vierge)
- Aucune amélioration de la TFC



Taux de cristallinité en fonction de la température de moulage et de la formulation. (image5.ipa)

PLA3100HP

- Cristallinité 3100HP > 2003D
- Augmentation de la cristallinité avec l'élévation de la température du moule :
 - 20% à 25 °C vs 49% à 120 °C
- Aucun effet des additifs sur la cristallinité
- TFC maximale atteinte : 137 °C avec 2% de talc moulé à 120 °C



4 Conclusions et perspectives

PLA2003D

- Augmentation de la cristallinité avec le talc, le PEG400 ou une température élevée, et synergie entre ces trois éléments
- Cristallinité de 25% vraisemblablement trop faible pour augmenter les propriétés thermomécaniques

PLA3100HP

- Augmentation de la cristallinité avec l'élévation de la température du moule
- Cristallinité optimisée par un additif commercialement ajouté à ce PLA
- Augmentation de la TFC : talc > PEG400
- Synergie possible entre le talc ou le PEG400 et l'additif commercial sur la structure cristalline plutôt que sur le taux de cristallinité

Globalement, l'augmentation du taux de cristallinité influence à la hausse la TFC. Par contre, pour que l'effet soit visible, la cristallinité doit être >25%. L'élévation de la température du moule a un effet certain sur l'augmentation de la cristallinité. Le talc et le PEG400 donnent de bons résultats lorsque employés seuls, mais l'addition des deux influence davantage le taux de cristallinité. La plus grande pureté isomérique du PLA3100HP et le fait qu'il soit commercialement formulé en font un meilleur candidat pour des applications à hautes températures.

Perspectives

- Étude de la cristallisation des mélanges PLA3100HP et de la possible synergie entre l'additif commercial et le talc ou le PEG400
- Augmentation de la vitesse de cristallisation afin de rendre le procédé viable (moulage rapide à 25 °C)