



HAL
open science

Evolution du comportement viscoélastique de copolymères triblocs PLA-PEG-PLA au cours de la dégradation par hydrolyse

Quentin Breche, Edouard Girard, Benjamin Nottelet, Xavier Garric, Guilherme Machado, Grégory Chagnon, Denis Favier

► **To cite this version:**

Quentin Breche, Edouard Girard, Benjamin Nottelet, Xavier Garric, Guilherme Machado, et al.. Evolution du comportement viscoélastique de copolymères triblocs PLA-PEG-PLA au cours de la dégradation par hydrolyse. 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-01872452

HAL Id: hal-01872452

<https://hal.science/hal-01872452>

Submitted on 12 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evolution du comportement viscoélastique de copolymères triblocs PLA-PEG-PLA au cours de la dégradation par hydrolyse

Q. BRECHE^a, E. GIRARD, B. NOTTELET^b, X.GARRIC G.MACHADO, G.CHAGNON, D.FAVIER

- a. Université Grenoble-Alpes, TIMC-IMAG, F-38000 Grenoble, France, CNRS, TIMC-IMAG, F-38000 Grenoble, France
quentin.breche@imag.fr
- b. Université de Montpellier, Faculté de pharmacie/Institut des biomolécules Max Mousseron (IBMM)/CNRS/UMR5247, 34093 Montpellier, France,
benjamin.nottelet@univ-montp1.fr

Résumé:

Une des principales applications des polymères biodégradables est la fabrication d'implants médicaux. Ceux-ci doivent fournir un maintien mécanique temporaire adéquat et, dans le cadre de l'ingénierie tissulaire, servir de support de régénération pour des tissus lésés avant de se résorber totalement. Le mécanisme de dégradation de ces polymères est l'hydrolyse des liaisons esters. La rupture des chaînes implique alors une évolution des propriétés mécaniques. Nous nous intéressons ici, à l'évolution des propriétés viscoélastiques de copolymères triblocs PLA-PEG-PLA au cours de la dégradation.

Abstract:

One of the main application of biodegradable polymers is the production of implantable medical devices. They must provide a temporary mechanical bearing or, serve as a regeneration support for damaged tissues in tissue engineering before totally resorb. The degradation's mechanism of these polymers is the hydrolysis of ester links. The bond's cleavage involves an evolution of mechanical properties. In this work, we will study the viscoelastic properties evolution of a PLA-PEG-PLA block copolymers during degradation.

Mots clefs : PLA-PEG-PLA, hydrolyse, dégradation, propriétés viscoélastiques, biodégradable

1 Introduction

A l'origine développés pour des applications environnementales, les polymères dégradables ont connu un fort regain d'intérêt depuis le début des années 1990 avec leur utilisation dans le domaine médical. Ils permettent en effet de créer des dispositifs de maintien mécanique temporaire le temps d'un processus cicatriciel. Ils sont également utilisés en tant que matériaux constitutifs pour les « scaffolds » qui sont des supports et des guides de régénération des tissus dans le cadre de l'ingénierie tissulaire. Ceux-ci doivent être capables d'établir un environnement tridimensionnel pour la propagation des cellules et au fur et à mesure de la dégradation, laisser place aux néo-tissus formés. L'utilisation de matériaux biodégradables permet d'éviter les éventuelles complications à long terme liées à la présence d'un corps artificiel au sein de l'organisme comme par exemple l'érosion et la libération de particules sur de longues périodes [1].

Le principal mode de dégradation de ces polymères est d'origine chimique, l'hydrolyse des liaisons ester. En introduisant un groupe fonctionnel hydrolysable au sein de la structure du polymère, celui-ci devient sensible à un environnement aqueux. La dégradation débute avec la diffusion de l'eau au sein du polymère. Au fur et à mesure que les chaînes sont hydratées, les groupes fonctionnels sont hydrolysés et les chaînes polymériques brisées. Le polymère finit ainsi par être décomposé en oligomères puis en monomères. La libération des produits de la dégradation s'accompagne d'une perte de masse caractéristique [2]. Ce processus implique également un changement dans les propriétés mécaniques. Plusieurs études ont déjà mis en lumière cette évolution des propriétés mécaniques [3] [4] et différents modèles mécaniques ont été mis au point [5] [6]. Cependant, il n'existe pas, à notre connaissance, de caractérisation expérimentale fine des propriétés viscoélastiques de polymères biodégradables au cours de la dégradation hydrolytique in vitro. Ceci est l'objectif de notre étude.

2 Expérimentation et caractérisation

2.1 Protocole expérimental et méthode

Le polymère initial PLA₅₀-PEG-PLA₅₀ a été développé et synthétisé à l'IBMM (Université Montpellier 1) selon un protocole décrit dans de précédentes études [7] [8]. Il s'agit d'un polymère synthétique biodégradable semi-cristallin. Les plaques de polymères ont été mises en forme par évaporation de solvant. Des éprouvettes de traction normalisées de type H4 ont été taillées dans ces plaques grâce à un emporte-pièce. Les éprouvettes ont alors été mises en dégradation dans un tampon phosphate salin, à 37°C, au sein d'un agitateur-incubateur. Les échantillons ont été prélevés et testés toutes les deux semaines aux temps de dégradation correspondant à 0, 1, 3, 5 et 7 semaines. Les essais ont été réalisés en bain immergé maintenu à une température de 37°C (figure 1). Ce sont des essais de relaxation à 2, 4, 6 et 8% de déformation après une charge à vitesse constante d'environ 1%/s.

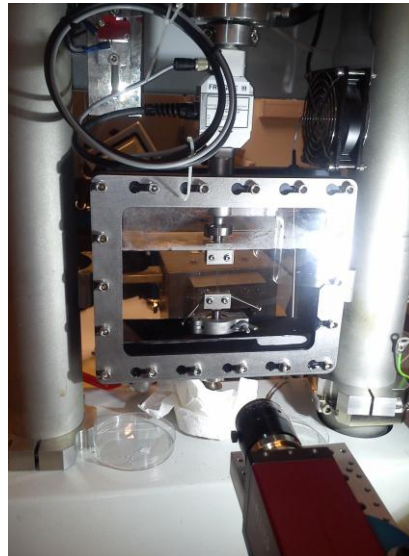


Figure 1 : Machine de traction avec bain thermostaté

2.2 Résultats et discussions

Les résultats de cette étude ont permis, dans un premier temps, de mettre en lumière les caractères viscoélastiques et non-linéaires en déformation de notre matériau non dégradé.

Les résultats des essais au cours de la dégradation nous montrent deux phases. La première, durant les trois premières semaines, correspond à un raidissement du matériau. Ce phénomène s'explique par la présence de solvant résiduel au sein du polymère faisant office de plastifiant. En effet, les analyses par spectroscopie RMN, ont permis de mettre en évidence la présence d'acétone au sein du polymère initial. La concentration en acétone diminue ensuite fortement jusqu'à la semaine 3. On observe alors, pour les temps de dégradation au-delà de la semaine 3, une importante diminution des propriétés mécaniques. Celle-ci peut être imputée à la rupture des chaînes polymériques par la dégradation d'origine hydrolytique. Cet effet devient alors prépondérant, les variations de la concentration en solvant devenant alors négligeable.

3 Conclusion

Au cours de cette étude, l'évolution du comportement d'un polymère biodégradable PLA-PEG-PLA par effet de la dégradation hydrolytique a été mise en évidence. Ce polymère possède un comportement viscoélastique non-linéaire et suit une évolution selon deux phases distinctes. L'une liée à la diminution de la concentration en solvant au cours de la dégradation l'autre liée à la rupture hydrolytique des chaînes.

Références

- [1] Q. Chen, S. Liang, G. Thouas, Elastomeric biomaterials for tissue engineering, Progress in polymer science, (2013), 584-671
- [2] A.Göpferich, Mechanisms of polymer degradation and erosion, Biomaterials, (1996), 103-114
- [3] J. Soãres, Constitutive modeling for biodegradable polymers for application in endovascular stents, Thèse, Texas A&M University, 2008.

-
- [4] A.C. Vieira, J. C. Vieira, J. M. Ferra, F. D. Magalhães, R. M. Guedes, A.T. Marques, Mechanical study of PLA-PCL fibers during in vitro degradation, *Journal of the biomechanical behavior of biomedical materials*, (2011), 451-460
- [5] A.C. Vieira, R.M. Guedes, V. Tita, Constitutive modeling of biodegradable polymers: Hydrolytic degradation and time dependent behavior, *International Journal of Solids and Structures*, (2013), 1164-1174
- [6] A. Muliana, K.R. Rajagopal, Modeling the response of nonlinear viscoelastic biodegradable polymeric stents, *International Journal of Solids and Structures*, (2012), 989-1000
- [7] H. Nouailhas, F. Li, A. El Ghzaoui, S. Li, J. Coudane, Influence of racemization on stereocomplex-induced gelation of water-soluble polylactide–poly (ethylene glycol) block copolymers, *Polym. Int.* 59 (2010) 1077–1083
- [8] A. Harrane, A. Leroy, H. Nouailhas, X. Garric, J. Coudane, B. Nottelet PLA-based biodegradable and tunable elastomers for biomedical applications, *Biomedical Materials* 6, (2011)