



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie Macromoléculaire

Par :

M^{elle}
ARRAS Yousra

Sur le thème

De nouveaux Photopolymères bio-sourcés thermoréactifs à des acrylates : synthèse et caractérisation

Soutenu publiquement le 24 juin 2025 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mr ZIANI CHERIF Chewki	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mme BEDJAOUI Lamia	Professeure	Université de Tlemcen	Encadrante
Mr BENYKHLEF Samir	MCA	ESSAT	Examinateur
Mme MERAH Dounya	MCB	Université de Tlemcen	Co-encadrante

Année Universitaire : 2024 ~ 2025

Remerciements

Nous Remercions Allah Notre Créateur, Grand et Miséricordieux, le Tout Puissant Pour le Courage, la Patience et la Foi qui Nous a Donnés Pour Mener à Bien ce Travail.

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Recherche sur les Macromolécules LRM à l'Université ABOU BEKR BELKAID Tlemcen sous la direction de Madame Khadidja ARABECHE, Professeur à l'Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen

Ce travail n'aurait pu voir le jour sans mes directrices de mémoire :

- Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mme Lamia BEDJAOUI, Professeure à l'Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail, ainsi que pour son soutien précieux et son suivi attentif de l'avancement de mes recherches. J'admire profondément sa rigueur scientifique et sa capacité à pousser les expériences au-delà de la simple recherche, pour en extraire le meilleur. Son exigence et son engagement ont grandement contribué à la qualité et à la profondeur de ce travail.
- Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mlle Dounya Merah, Docteur à l'Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, pour la confiance qu'elle m'a accordée tout au long de ce travail. Sa disponibilité quotidienne et son écoute attentive ont toujours été un soutien précieux. Sa bienveillance et sa grande ouverture d'esprit m'ont permis d'explorer librement mes idées et réflexions scientifiques. Elle m'a toujours encouragée, ce qui a renforcé ma motivation et ma confiance en moi. Ses conseils avisés, son expertise remarquable et son accompagnement constant ont été pour moi une source d'inspiration et un véritable guide. Grâce à elle, j'ai pu non seulement progresser dans mes recherches, mais aussi apprendre comment être une chercheuse rigoureuse et passionnée. Je lui suis infiniment reconnaissante pour son soutien précieux et son engagement sans faille.

Mes sincères remerciements et ma gratitude vont aussi à Mr ZIANI CHERIF Chewki, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire et de présider le jury. Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Mr BENYKHLEF Samir de me faire l'honneur pour être intéressé à ce travail et avoir bien voulu l'examiner. Je remercie également Mr BENABDELLAH Sid Ahmed et Mme BELDJILALI Samira Ingénieurs de laboratoire de recherche sur les macromolécules (LRM), pour leurs disponibilités et leurs aide précieuse. Aussi je remercie tous les membres du laboratoire pour leurs aides et leurs orientations, plus particulièrement à Madame BOUCHIKHI Nouria, Melle HAKEM Ghizlene, Melle BENDEDDOUCHE Djazia, Melle MAHI Wafae et Melle BENAISA Sarra.

Un grand merci à tous les professeurs qui nous ont enseigné plus particulièrement à Monsieur BOURAS, Monsieur BENABADJI et Monsieur OTMANI.

Enfin, je remercie mes parents et ma famille et tous ceux qui de près ou loin qui ont aidé et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

À la mémoire de mon très cher grand-père ARRAS Lakhder, j'aurais aimé que tu sois présent à mes côtés ce jour. Tu as toujours rêvé de me voir terminer mes études, et aujourd'hui, je suis fière d'être ta première petite-fille à accomplir ce rêve. Aucune dédicace ne peut exprimer mon amour éternel et mon chagrin en exposant ce travail en ton absence. Je ne t'oublierai jamais, ton image reste gravée dans ma mémoire. Personne ne peut combler ton absence dans ma vie et spécialement aujourd'hui. Que Dieu tout-puissant te procure Al Firdaws Al Aâla.

À la mémoire de ma chère grand-mère BOUZI Rabha, ton amour, ta sagesse et ta douceur continuent de vivre en moi chaque jour, ton souvenir m'accompagne dans chaque étape de mon parcours. Ce travail est dédié à toi, avec toute ma tendresse, ma gratitude et mon respect éternel. Que Dieu tout-puissant te procure Al Firdaws Al Aâla.

À mes très chers parents ARRAS ABDELKADER et KACIMI KHADIDJA qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs. A qui je dois tout, et pour qui aucune dédicace ne saurait exprimer mon profond amour, ma gratitude et mon infinie reconnaissance pour l'ampleur des sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions, mon avenir et mon bien-être. À qui, baisser les bras n'était pas une option. J'espère être toujours digne de votre estime. Je vous remercie d'être toujours à mes côtés. À vous, mes parents, que j'aime plus qu'hier et moins que demain.

À mes frères Abdelfattah et Mohamed Anas et ma petite sœur Malak, vous avez toujours été une source de force, de joie dans ma vie. Que cette réussite soit aussi la vôtre, car sans vous, rien n'aurait été possible. Je vous dédie ce travail avec tout mon amour.

À la mémoire de mon très cher oncle Mohamed, j'aurais aimé que tu sois présent à mes côtés ce jour. Que Dieu tout-puissant te procure Al Firdaws Al Aâla.

À ma chère grand-mère BOUZIANE Amara à toute ma famille : cousins, cousines, oncles et tantes en particulier mes deux oncles KACIMI Mohamed et ARRAS khadir et ma tante la plus gentille Atika.

À mes chers amis et collègues en particulier : RAKA Yousra, HASNAOUI Islam, ABOU Riyad, MANBER Zouhanez, GUERMOUCHE Djazia, MELLOUK Hamid, MOKHTARI Nihel

Table des Matières

Remerciements	
Dédicace	
Table des Matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre I : Etude Bibliographique	Erreur ! Signet non défini.
I. Les polymères bio-sourcés.....	Erreur ! Signet non défini.
I.1. Définition	Erreur ! Signet non défini.
I.2. Sources et modes de production.....	Erreur ! Signet non défini.
I.3. Types et Applications des Polymères Bio-sourcés	Erreur ! Signet non défini.
I.4. Défis et limites des polymères bio-sourcés	Erreur ! Signet non défini.
I.5. Innovations et perspectives	Erreur ! Signet non défini.
II. La photo-polymérisation.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1. Généralités sur la photo-polymérisation	Erreur ! Signet non défini.
II.2. Les avantages de la photo-polymérisation.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3. Les inconvénients de la photo-polymérisation	Erreur ! Signet non défini.
III. Les acrylates	Erreur ! Signet non défini.
III.1. Origine	Erreur ! Signet non défini.
III.2. Réactivité.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3. Homopolymérisation et copolymérisation :	Erreur ! Signet non défini.
III.4. Propriété physico-chimique.....	Erreur ! Signet non défini.
III.5.Applications.....	Erreur ! Signet non défini.
IV. Les polymères de mémoire de forme SMPs	Erreur ! Signet non défini.
IV.1. Introduction et Historique	Erreur ! Signet non défini.
IV.2 Définition et Principe de Fonctionnement.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3 Classification des SMPs	Erreur ! Signet non défini.
IV.4. Les SMP à mémoire de forme simple et multiple (SMP 1W, 2W, 3W...)	Erreur !
Signet non défini.	
IV.5. Mécanismes et Propriétés.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.6. Conception et Optimisation.....	Erreur ! Signet non défini.

IV.7. Défis et Limitations	Erreur ! Signet non défini.
IV.8. Applications.....	Erreur ! Signet non défini.
V. Gonflement d'un élastomère en solvant isotrope	Erreur ! Signet non défini.
V.1. Définition de la mesure gravimétrique	Erreur ! Signet non défini.
V.2 Degré de gonflement.....	Erreur ! Signet non défini.
VI. Absorption des colorants.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre II: Matériels et Méthodes de Caractérisation.....	Erreur ! Signet non défini.
I. Matériaux utilisés.....	Erreur ! Signet non défini.
I.1. Les monomères	Erreur ! Signet non défini.
I.2. Les photo-amorceurs	Erreur ! Signet non défini.
I.3. L'agent réticulant	Erreur ! Signet non défini.
I.4. Les solvants utilisés.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5. Le colorant utilisé.....	Erreur ! Signet non défini.
II. Elaboration des matériaux utilisés	Erreur ! Signet non défini.
III. Techniques de caractérisation physico-chimique des réactifs...	Erreur ! Signet non défini.
III.1 Caractérisation par Analyse Spectroscopie UV-visible.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2. Caractérisation par la spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier (FTIR)	Erreur ! Signet non défini.
III.3. Caractérisation par Analyse Enthalpique Différentielle (DSC).....	Erreur ! Signet non défini.
défini.	
III.4. Caractérisation par Analyse Rheométrique	Erreur ! Signet non défini.
III.4.1. Principe	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2. Préparation des essais :	Erreur ! Signet non défini.
III.4.3 Echantillons étudiés :	Erreur ! Signet non défini.
III.4.4. Protocole de mesures rhéologiques :.....	Erreur ! Signet non défini.
III.5. Caractérisation par Analyse mécanique dynamique (DMA).....	Erreur ! Signet non défini.
défini.	
III.5.1. Principe :	Erreur ! Signet non défini.
III.6. Etude de comportement du gonflement par gravimétrie	Erreur ! Signet non défini.
□ III.6.1. L'effet du solvant :.....	Erreur ! Signet non défini.
□ III.6.2. Analyse théorique des résultats expérimentaux du gonflement	Erreur ! Signet non défini.
Signet non défini.	
□ III.6.3. Gonflement dans un mélange de colorant rouge neutre et un solvant organique.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre III : Résultats et Discussion	Erreur ! Signet non défini.

I. Caractérisation par analyse UV-V :	Erreur ! Signet non défini.
I.1. Etude de transparence :	Erreur ! Signet non défini.
I.2. Etude de colorant :	Erreur ! Signet non défini.
II. Caractérisation par l'analyse spectroscopique FTIR :	Erreur ! Signet non défini.
II.1. Caractérisation des monomères	Erreur ! Signet non défini.
II.2. L'effet de l'amorceur	Erreur ! Signet non défini.
II.3. L'effet de l'agent réticulant :	Erreur ! Signet non défini.
II.4. Caractérisation des homopolymères et copolymères	Erreur ! Signet non défini.
III-Caractérisation thermique par l'analyse calorimétrie différentielle à balayage (DSC):	Erreur ! Signet non défini.
IV. Caractérisation par analyse Rhéologique :	Erreur ! Signet non défini.
IV.1. Balayage en déformation :	Erreur ! Signet non défini.
IV.2. Balayage en temps :	Erreur ! Signet non défini.
IV.3. Balayage en fréquence :	Erreur ! Signet non défini.
IV.4. Fluage et récupération	Erreur ! Signet non défini.
V. Caractérisation par analyse mécanique dynamique (DMA).....	Erreur ! Signet non défini.
VI. Etude de gonflement par gravimétrie :	Erreur ! Signet non défini.
VI.1. L'effet du solvant :	Erreur ! Signet non défini.
VI.2. Analyse théorique des résultats expérimentaux du gonflement : ...	Erreur ! Signet non défini.
VI.2.1. La diffusion de Fick :	Erreur ! Signet non défini.
VI.2.2. Cinétique de gonflement :	Erreur ! Signet non défini.
VI.3. Gonflement dans une solution colorée	Erreur ! Signet non défini.
VI.3.1. Effet de la composition et de la concentration.....	Erreur ! Signet non défini.
VI.3.2. Effet de choix de solvant :	Erreur ! Signet non défini.
Après Immersion dans le heptan-1-ol pur pendant 24h	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion générale	Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

- Figure I.1 : La production de monomères acryliques à partir de précurseurs aromatiques.....12
- Figure I. 2: Représentation schématique d'un SMP. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 1: Structure chimique des monomères acryliques,.....
Erreur ! Signet non défini.
- Figure II. 2: Structure chimique de photo-amorceur a) Darocur 1173, b) TPO Lucirin.... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 3: Structure chimique d'agent réticulant HDDA. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 4: Structure chimique de colorant rouge neutre. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 5: Illustration de l'aspect finale d'un réseau avec 0,1% HDDA. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 6. Le spectre de l'absorbance (0.1% HDDA). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II.7 : spectre Infrarouge de (0.1%HDDA)35
- Figure II. 8: Rampes de température appliquées aux échantillons à (0.1%HDDA).....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 9: Thermogramme lors de trois cycles de chauffage et de refroidissement. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 10: Schéma représentatif de la géométrie plan-plan. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 11: Mors de tension d'appareil de DMA TA Instruments Q800.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II. 12: Le dispositif utilisé pour l'essai de mémoire de forme. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 1: Spectre d'absorption de colorant rouge neutre dans l'éthanol à une concentration de :a) $c=0.02\text{mg/ml}$, b) $c=0.006\text{mg/ml}$, et c) $c= 0.0008\text{mg/ml}$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 2: Spectre Infrarouge des monomères acryliques. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 3: Spectre FTIR illustre le grandissement au niveau de la bande $C=C$ à 808 cm^{-1} réticulé (0,1 % HDDA) avant et après polymérisation. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 4: Variation de la température de transition vitreuse (T_g) du à différents systèmes. .. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 5: Tous les courbes d'analyse DSC.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 6: Évolution des températures de transition vitreuse (T_g) des copolymères ... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 7: Evolution du module de stockage en fonction de la déformation pour les différents échantillons à $T=25^\circ\text{C}$ avec $\omega=10\text{rad/s}$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 8: Evolution du module de perte en fonction de la déformation pour les différents échantillons à $T=25^\circ\text{C}$ avec $\omega=10\text{rad/s}$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III. 9: Evolution de la viscosité complexe (Pa.s) en fonction du temps(s). **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 10: l'évolution des modules dynamiques G' et G'' (Pa) en fonction de la fréquence angulaire (rad/s) pour tous les systèmes homopolymères et copolymères. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 11: Variations de la déformation en fonction du temps lors des processus de fluage en cisaillement et de récupération après fluage. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 12: Variations de la déformation en fonction du temps lors des processus de fluage en cisaillement et de récupération après fluage. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 13: la variation de module de stockage E' module de perte E'' en (MPa) et $\tan(\delta)$ en fonction de Température (°C). **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 14: Représentation schématique de l'absorption du Toluène pendant le gonflement. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 15: Photos de polyTHFA gonflé dans toluène à différents temps à $T=25^\circ\text{C}$ **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 16: Evolution de taux de gonflement en fonction de temps dans tous les solvants isotropes à $T=25^\circ\text{C}$ **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 17: Relation entre le paramètre d'interaction et le taux de gonflement dans divers solvants. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 18: Tracés de $\ln(SM_t / SM_{\text{éq}})$ en fonction de $\ln(t)$ selon l'équation de diffusion de Fick dans les solvants isotropes, à 25°C **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 19: Tracés de cinétique du second ordre pour les dans les solvants isotropes, à 25°C . . **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III. 20: Le taux de gonflement maximal pour les deux compositions à différentes concentrations. **Erreur ! Signet non défini.**

1. Heeres, A., Vanbroekhoven, K. & Van Hecke, W. Solvent-free lipase-catalyzed production of (meth)acrylate monomers: Experimental results and kinetic modeling. *Biochem. Eng. J.* **142**, 162–169 (2019).
2. Yan, R. *et al.* Improved performance of dual-cured organosolv lignin-based epoxy acrylate coatings. *Compos. Commun.* **10**, 52–56 (2018).
3. Shi, S., Croutxé-Barghorn, C. & Allonas, X. Photoinitiating systems for cationic photopolymerization: Ongoing push toward long wavelengths and low light intensities. *Prog. Polym. Sci.* **65**, 1–41 (2017).
4. Jaras, J., Navaruckiene, A. & Ostrauskaite, J. Thermoresponsive Shape-Memory Biobased Photopolymers of Tetrahydrofurfuryl Acrylate and Tridecyl Methacrylate. *Materials (Basel)*. **16**, (2023).
5. Xia, Y., He, Y., Zhang, F., Liu, Y. & Leng, J. A Review of Shape Memory Polymers and Composites: Mechanisms, Materials, and Applications. *Adv. Mater.* **33**, 1–33 (2021).
6. Mochizuki, A., Hatakeyama, T., Tomono, Y. & Tanaka, M. Water structure and blood compatibility of poly(tetrahydrofurfuryl acrylate). *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.* **20**, 591–603 (2009).
7. Alva, S., Ardiyansyah, D., Khaerudini, D. S. & Suherman, R. Solid-State Reference Electrode Based on Thin-Films of Tetrahydrofurfuryl Acrylate (pTHFA) Photopolymer. *J. Electrochem. Soc.* **166**, B598–B603 (2019).
8. Khasraghi, S. S., Shojaei, A. & Sundararaj, U. Bio-based UV curable polyurethane acrylate: Morphology and shape memory behaviors. *Eur. Polym. J.* **118**, 514–527 (2019).
9. Wang, F., Zhang, C. & Wan, X. Carbon Nanotubes-Coated Conductive Elastomer: Electrical and near Infrared Light Dual-Stimulated Shape Memory, Self-Healing, and Wearable Sensing. *Ind. Eng. Chem. Res.* **60**, 2954–2961 (2021).
10. Wiggins, K. M., Brantley, J. N. & Bielawski, C. W. Methods for activating and characterizing mechanically responsive polymers. *Chem. Soc. Rev.* **42**, 7130–7147 (2013).
11. Composition, C., Spectrum, A. & Properties, P. Ciba DAROCUR 1173 Ciba DAROCUR 1173. 3–5 (2001).
12. Babu, R. P., O'Connor, K. & Seeram, R. Current progress on bio-based polymers and their future trends. *Prog. Biomater.* **2**, 8 (2013).
13. Jha, S. *et al.* Biodegradable Biobased Polymers : A Review of the State of the. *Polymers (Basel)*. **16**, 2262 (2024).
14. Mülhaupt, R. 1级-2013-综述Macromol. Chem. Phys. 214, 159–174.pdf. 159–174.
15. Kumar, A., Thakur, V. K., Nezhad, H. Y. & Lee, K. S. Prospects of sustainable polymers. *Sci. Rep.* **14**, 2–4 (2024).
16. Xie, W. *et al.* Toward the Next Generation of Sustainable Membranes from Green

- Chemistry Principles. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **9**, 50–75 (2021).
17. Maraveas, C. Production of sustainable and biodegradable polymers from agricultural waste. *Polymers (Basel)*. **12**, (2020).
 18. Morales, A., Labidi, J., Gullón, P. & Astray, G. Synthesis of advanced biobased green materials from renewable biopolymers. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* **29**, 100436 (2021).
 19. Wellenreuther, C. & Wolf, A. Innovative feedstocks in biodegradable bio-based plastics: A literature review. *Hambg. Inst. Int. Econ.* 1–40 (2020).
 20. Figueirêdo, M. B. *et al.* Efficient Depolymerization of Lignin to Biobased Chemicals Using a Two-Step Approach Involving Ozonation in a Continuous Flow Microreactor Followed by Catalytic Hydrotreatment. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **7**, 18384–18394 (2019).
 21. Gao, C., Chen, C., Chen, X. & Liu, L. Progress and challenges of engineering microorganisms to produce biobased monomers. *Huagong Jinzhan/Chemical Ind. Eng. Prog.* **42**, 4123–4135 (2023).
 22. Imao, K. *et al.* 1,5-Diaminopentane production from xylooligosaccharides using metabolically engineered *Corynebacterium glutamicum* displaying beta-xylosidase on the cell surface. *Bioresour. Technol.* **245**, 1684–1691 (2017).
 23. Yu, Y., Zhu, X., Xu, H. & Zhang, X. Construction of an energy-conserving glycerol utilization pathways for improving anaerobic succinate production in *Escherichia coli*. *Metab. Eng.* **56**, 181–189 (2019).
 24. Avella, M., Buzarovska, A., Errico, M. E., Gentile, G. & Grozdanov, A. Eco-challenges of bio-based polymer composites. *Materials (Basel)*. **2**, 911–925 (2009).
 25. RameshKumar, S., Shaiju, P., O'Connor, K. E. & P, R. B. Bio-based and biodegradable polymers - State-of-the-art, challenges and emerging trends. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* **21**, 75–81 (2020).
 26. Garrison, T. F., Murawski, A. & Quirino, R. L. Bio-based polymers with potential for biodegradability. *Polymers (Basel)*. **8**, 1–22 (2016).
 27. Berezina, N. & Martelli, S. M. Bio-based polymers and materials. *RSC Green Chem.* **2014-Janua**, 1–28 (2014).
 28. Heinrich, L. A. Future opportunities for bio-based adhesives-advantages beyond renewability. *Green Chem.* **21**, 1866–1888 (2019).
 29. Wang, H. *et al.* Bio-based polycarbonates: progress and prospects. *RSC Sustain.* **1**, 2162–2179 (2023).
 30. Zhang, Q. *et al.* Bio-based polyesters: Recent progress and future prospects. *Prog. Polym. Sci.* **120**, 101430 (2021).
 31. Nayak, P. L. Natural oil-based polymers: Opportunities and challenges. *J. Macromol. Sci. - Polym. Rev.* **40**, 1–21 (2000).
 32. Bulgakov, B. A. & Schubert, U. S. Recent Advances and Prospects in High-

- Performance Bio-Based Phthalonitrile Resins. *Adv. Funct. Mater.* **2410071**, (2024).
33. Ribrant, A. O. Bio-based resins for digital light processing Mechanical and degradable properties. (2023).
 34. Algerienne, R. & Et, D. Thèse lmd. (2018).
 35. Telitel, S. & Fleury, G. Photopolymérisation radicalaire contrôlée pour la micro- nanostructuration de polymères fonctionnels Siham Telitel To cite this version : HAL Id : tel-01424184 Présentée par. (2017).
 36. Gou, L. & Scranton, A. A Photochemical Method to Eliminate Oxygen Inhibition in Photocured Systems. *RadTech* (2004).
 37. Chen, Z., Wu, J. F., Fernando, S. & Jagodzinski, K. Progress in Organic Coatings Soy-based , high biorenewable content UV curable coatings. *Prog. Org. Coatings* **71**, 98–109 (2011).
 38. Claiborn, H. W. UNITED STATES PATENT OFFICE. 1–2 (1941).
 39. Boukaftane, C. & Van Herk, A. M. PLP and MALDI-ToF determination of propagation rate coefficients of fast-polymerizing acrylates with heterocyclic side-chains: Tetrahydrofurfuryl acrylate and (R)- α -Acryloyloxy- β,β -dimethyl- γ -butyrolactone. *Macromol. Chem. Phys.* **212**, 96–101 (2011).
 40. Jansen, J. F. G. A., Dias, A. A., Dorschu, M. & Coussens, B. Fast monomers: Factors affecting the inherent reactivity of acrylate monomers in photoinitiated acrylate polymerization. *Macromolecules* **36**, 3861–3873 (2003).
 41. Mochizuki, A., Oda, Y. & Miwa, Y. Comparative study on water structures of poly(tetrahydrofurfuryl acrylate) and poly(2-hydroxyethyl methacrylate) by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.* **32**, 1754–1769 (2021).
 42. Patel, M. P. & Braden, M. Cross-linking and ring opening during polymerization of heterocyclic methacrylates and acrylates. *Biomaterials* **10**, 277–280 (1989).
 43. Zioga, A., Ekizoglou, N., Siakali-Kioulafa, E. & Hadjichristidis, N. Characteristic ratio of poly(tetrahydrofurfuryl acrylate) and poly(2-ethylbutyl acrylate). *J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys.* **35**, 1589–1592 (1997).
 44. Miwa, Y., Ishida, H., Saitô, H., Tanaka, M. & Mochizuki, A. Network structures and dynamics of dry and swollen poly(acrylate)s. Characterization of high- and low-frequency motions as revealed by suppressed or recovered intensities (SRI) analysis of ^{13}C NMR. *Polymer (Guildf)*. **50**, 6091–6099 (2009).
 45. Kaya, N. U., Onen, A. & Guvenilir, Y. Photopolymerization of acrylates by enzymatically synthesized PCL based macrophotoinitiator. *Express Polym. Lett.* **11**, 493–503 (2017).
 46. Azzahari, A. D., Yahya, R., Hassan, A. & Sheikh, M. R. K. Synthesis and characterization of new copolymers from glycidyl methacrylate and tetrahydrofurfuryl acrylate: Determination of reactivity ratios. *Fibers Polym.* **13**, 555–563 (2012).
 47. Saeed, M. H. *et al.* Effects of rigid structures containing (meth)acrylate monomers and

- crosslinking agents with different chain length on the morphology and electro-optical properties of polymer-dispersed liquid crystal films. *J. Mod. Opt.* **67**, 682–691 (2020).
48. Alva, S. *et al.* New Acrylate Co-Polymer Membrane Synthesized by Photo Polymerization Technique for Lead (II) Ion-Selective Electrode. *Port. Electrochim. Acta* **42**, 337–354 (2024).
 49. Lu, W. *et al.* All acrylic-based thermoplastic elastomers with high upper service temperature and superior mechanical properties. *Polym. Chem.* **8**, 5741–5748 (2017).
 50. El-Molla, M. M., El-Halwagy, A. A. & El-Sayad, H. S. Transfer printing of cellulosic and proteinic fabrics. *Adv. Polym. Technol.* **20**, 296–304 (2001).
 51. Kuribayashi, M., Narita, Y. & Shibata, M. Metallization of UV-cured acrylate resins by reduction of polymer-incorporated cobalt ion. *J. Appl. Polym. Sci.* **99**, 1627–1632 (2006).
 52. Printing, L. C. D., Colucci, G., Sacchi, F., Bondioli, F. & Messori, M. Fully Bio-Based Polymer Composites : Preparation ,. 1–16 (2024).
 53. Bellat, D. Solid State. *Phys. Today* **10**, 56 (1957).
 54. Alva, S. *et al.* Preliminary study of poly(Tetrahydrofurfuryl acrylate) thin film as a potential material of ion selective electrodes: The case of nitrate ion-selective electrode. *Indones. J. Chem.* **20**, 645–654 (2020).
 55. Grigale-Sorocina, Z., Vindedze, E. & Birks, I. Correlation of mechanical properties of polymer composite coatings with viscosity of unpolymerized system. *Key Eng. Mater.* **850 KEM**, 94–99 (2020).
 56. Grauzeliene, S., Schuller, A. S., Delaite, C. & Ostrauskaite, J. Development and Digital Light Processing 3D Printing of a Vitrimer Composed of Glycerol 1,3-Diglycerolate Diacrylate and Tetrahydrofurfuryl Methacrylate. *ACS Appl. Polym. Mater.* **5**, 6958–6965 (2023).
 57. Basit, A. Development and characterization of a shape memory polymer composite actuator for morphing structures Submitted by : Abdul Basit composite actuator for morphing structures adaptative et à propriété de mémoires de formes. 1–201 (2016).
 58. Ratna, D. & Karger-Kocsis, J. Recent advances in shape memory polymers and composites: A review. *J. Mater. Sci.* **43**, 254–269 (2008).
 59. Bouaziz, R. *et al.* Modélisation du comportement thermomécanique du polyuréthane à mémoire de forme en grandes déformations. (2021).
 60. Wang, K. Design and Characterization of Thermally-Induced Shape Memory Polymer. (2018).
 61. Leng, J., Lan, X., Liu, Y. & Du, S. Shape-memory polymers and their composites: Stimulus methods and applications. *Prog. Mater. Sci.* **56**, 1077–1135 (2011).
 62. Lendlein, A. & Behl, M. Shape-memory polymers for biomedical applications. *CIMTEC 2008 - Proc. 3rd Int. Conf. Smart Mater. Struct. Syst. - Smart Mater. Micro/Nanosystems* **54**, 96–102 (2008).

63. Sillion, B. Les polymères à mémoire de forme. *Actual. Chim.* 182–188 (2002).
64. Quintana, J. R., Valderruten, N. E. & Katime, I. Synthesis and swelling kinetics of poly(dimethylaminoethyl acrylate methyl chloride quaternary-co-itaconic acid) hydrogels. *Langmuir* **15**, 4728–4730 (1999).
65. Lee, J. N., Park, C. & Whitesides, G. M. Solvent Compatibility of Poly(dimethylsiloxane)-Based Microfluidic Devices. *Anal. Chem.* **75**, 6544–6554 (2003).
66. Boudraa, K., Bouchaour, T. & Maschke, U. Swelling of acrylic interpenetrating polymer networks in liquid crystals. *Macromol. Symp.* **273**, 33–37 (2008).
67. Cocchi, G., De Angelis, M. G. & Doghieri, F. Solubility and diffusivity of liquids for food and pharmaceutical applications in crosslinked polydimethylsiloxane (PDMS) films: I. Experimental data on pure organic components and vegetable oil. *J. Memb. Sci.* **492**, 600–611 (2015).
68. Bedjaoui, S. *et al.* Unusual swelling of acrylate based crosslinked polymer networks in linear primary alcohols: Experimental and modeling aspects. *J. Mol. Liq.* **320**, (2020).
69. Bye, K. P. *et al.* Pure and mixed fluid sorption and transport in Celazole® polybenzimidazole: Effect of plasticization. *J. Memb. Sci.* **580**, 235–247 (2019).
70. Liu, J., Zheng, X. J. & Tang, K. Y. Study on the gravimetric measurement of the swelling behaviors of polymer films. *Rev. Adv. Mater. Sci.* **33**, 452–458 (2013).
71. Mahon, R., Balogun, Y., Oluyemi, G. & Njuguna, J. Swelling performance of sodium polyacrylate and poly(acrylamide-co-acrylic acid) potassium salt. *SN Appl. Sci.* **2**, (2020).
72. Jastram, A. Charakterisierung und Anwendung von polyelektrolytbasierten Hydrogelen. *Univ. Rostock* (2021).
73. Nastasescu, O. S., Popa, M. I., Lisa, G. & Verestiuc, L. Chitosan and collagen composite films: chitosan molecular weight influence upon the biopolymer compatibility | Films à base de chitosan et collagène: influence de la masse moléculaire du chitosan sur la compatibilité du biopolymère. *Rev. Roum. Chim.* **54**, 549–555 (2009).
74. Behnke, T., Würth, C., Laux, E. M., Hoffmann, K. & Resch-Genger, U. Simple strategies towards bright polymer particles via one-step staining procedures. *Dye. Pigment.* **94**, 247–257 (2012).
75. Rauf, M. A., Soliman, A. A. & Khattab, M. Solvent effect on the spectral properties of Neutral Red. *Chem. Cent. J.* **2**, 1–8 (2008).
76. Singh, M. K., Pal, H., Bhasikuttan, A. C. & Sapre, A. V. Photophysical properties of the cationic form of neutral red. *Photochem. Photobiol.* **69**, 529–535 (1999).
77. Activity, B. Molecular Formula : Molecular Weight : Target : Pathway : Storage : 4–5 (1995).
78. Masson, F., Decker, C., Andre, S. & Andrieu, X. UV-curable formulations for UV-

- transparent optical fiber coatings: I. Acrylic resins. *Prog. Org. Coatings* **49**, 1–12 (2004).
79. Park, J. M. *et al.* Synthesis and properties of UV-curable polyurethane acrylates containing fluorinated acrylic monomer/vinyltrimethoxysilane. *Polym. Bull.* **72**, 1921–1936 (2015).
 80. S S, C. K., Ilango, K. B., Maria Thomas, A. S. & Devi, K. M. Uv-Visible Spectroscopy: a Comprehensive Review on Instrumentation. *Certif. J. | Chakravarthi al. World J. Pharm. Res.* **12**, 1342 (2023).
 81. Xu, J. *et al.* Synthesis of UV-curing waterborne polyurethane-acrylate coating and its photopolymerization kinetics using FT-IR and photo-DSC methods. *Prog. Org. Coatings* **122**, 10–18 (2018).
 82. Hwang, H. D., Park, C. H., Moon, J. I., Kim, H. J. & Masubuchi, T. UV-curing behavior and physical properties of waterborne UV-curable polycarbonate-based polyurethane dispersion. *Prog. Org. Coatings* **72**, 663–675 (2011).
 83. Feng, P., Li, W. & Zou, Y. Synthesis and ultraviolet-curing behaviors of vinyl ether functionalized polyurethane oligomers. *J. Appl. Polym. Sci.* **131**, 1–9 (2014).
 84. Trinchieri, I., Tridello, A. & E, M. E. Politecnico di Torino Politecnico di Torino. *Thesis* 87316161 (2023).
 85. Recherche, D. De & Recherche, D. De. Conception et caractérisation des copolymères chimiquement réticulés à base d ' acrylate d ' isobornyle.
 86. Vega, J. F., Muñoz-Escalona, A., Santamaría, A., Muñoz, M. E. & Lafuente, P. Comparison of the Rheological Properties of Metallocene-Catalyzed and Conventional High-Density Polyethylenes Volume 29, Number 3, January 29, 1996, p 260. *Macromolecules* **29**, 3338–3338 (1996).
 87. Mont fort, J. P., Marin, G. & Monge, P. Effects of Constraint Release on the Dynamics of Entangled Linear Polymer Melts. *Macromolecules* **17**, 1551–1560 (1984).
 88. Wagermaier, W., Kratz, K., Heuchel, M. & Lendlein, A. Characterization methods for shape-memory polymers. *Adv. Polym. Sci.* **226**, 97–145 (2010).
 89. Wan, Y. Z., Wang, Y. L., Yao, K. D. & Cheng, G. X. Carbon fiber-reinforced gelatin composites. II. Swelling behavior. *J. Appl. Polym. Sci.* **75**, 994–998 (2000).
 90. Omidian, H., Hashemi, S. A., Sammes, P. G. & Meldrum, I. A model for the swelling of superabsorbent polymers. *Polymer (Guildf)*. **39**, 6697–6704 (1998).
 91. Neppel, A., Eaton, D. R., Hunkeler, D. & Hamielec, A. E. Effect of crosslinking on the ¹³C N.M.R. spectra of superabsorbent polysodiumacrylates. *Polym. Mater. Sci. Eng. Proc. ACS Div. Polym. Mater. Sci. Eng.* **58**, 752–755 (1988).
 92. Kappert, E. J. *et al.* Swelling of 9 polymers commonly employed for solvent-resistant nanofiltration membranes: A comprehensive dataset. *J. Memb. Sci.* **569**, 177–199 (2019).
 93. Bartil, T., Bounekhel, M., Cedric, C. & Jeerome, R. Swelling behavior and release

- properties of pH-sensitive hydrogels based on methacrylic derivatives. *Acta Pharm.* **57**, 301–314 (2007).
94. Thakur, A., Wanchoo, R. K. & Singh, P. Structural Parameters and Swelling Behavior of pH Sensitive Poly (acrylamide- co -acrylic acid) Hydrogels. **25**, 181–194 (2011).
 95. Peppas, N. A. & Khare, A. R. Preparation, structure and diffusional behavior of hydrogels in controlled release. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **11**, 1–35 (1993).
 96. Xu, N. & Xiao, C. Kinetics modeling and mechanism of organic matter absorption in functional fiber based on butyl methacrylate-hydroxyethyl methacrylate copolymer and low density polyethylene. *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **50**, 1496–1505 (2011).
 97. Schott, H. Schott1992.Pdf. *J. Macromol. Sci.* **31**, 37–41 (2006).
 98. Ofner, C. M. & Schott, H. Swelling studies of gelatin I: Gelatin without additives. *J. Pharm. Sci.* **75**, 790–796 (1986).
 99. Rudzinski, W. & Plazinski, W. On the applicability of the pseudo-second order equation to represent the kinetics of adsorption at solid/solution interfaces: A theoretical analysis based on the statistical rate theory. *Adsorption* **15**, 181–192 (2009).
 100. Guzman-Puyol, S., Benítez, J. J. & Heredia-Guerrero, J. A. Transparency of polymeric food packaging materials. *Food Res. Int.* **161**, (2022).
 101. Esquivel-Guzmán, J. A., Zaragoza-Galán, G., Ortíz-Palacios, J. & Rivera, E. Synthesis and characterization of novel polymers bearing fluorescein units: Thermal and optical properties. *Des. Monomers Polym.* **15**, 561–574 (2012).
 102. AKIHIROK AWASAKJIU, NJI FURUKAWTEAI, J I TSURUTAG, o W. & KIMOTO, and T. Infrared Spectra of Poly (butyl acrylates). *J. Polym. Sci.* **40**, (1961).
 103. Merah, D. *et al.* Enhanced thermal stability of biobased crosslinked poly (isobornylacrylate-co-2-ethylhexylacrylate) copolymers. *J. Polym. Res.* **29**, 1–11 (2022).
 104. Pardeshi, P. M. & Mungray, A. A. Photo-polymerization as a new approach to fabricate the active layer of forward osmosis membrane. *Sci. Rep.* **9**, 1–13 (2019).
 105. Jasiurkowska-Delaporte, M. *et al.* Glassy dynamics of two poly(ethylene glycol) derivatives in the bulk and in nanometric confinement as reflected in its inter- and intra-molecular interactions. *J. Chem. Phys.* **149**, (2018).
 106. Liu, D. *et al.* Foldable bulk anti-adhesive polyacrylic intraocular lens materials.
 107. Vinogradova, L., Fedorova, L., Adler, H. J. P. & Wegner, G. Ethylene oxide effect on the polymerization of tert-butylacrylate and synthesis of polyether-polyester type block-copolymers. *J. Macromol. Sci. - Pure Appl. Chem.* **38 A**, 577–590 (2001).
 108. Aizawa, H. *et al.* Synthesis and characterization of plasma-polymerized tert-butylacrylate films. *Thin Solid Films* **515**, 4141–4147 (2007).
 109. Soni, D., Vardia, J. & Ameta, R. *Industrial Applications. Microwave-Assisted Organic Synthesis: A Green Chemical Approach* (2014). doi:10.1201/b17953.

110. Illescas, J. *et al.* Synthesis and optical characterization of photoactive poly(2-phenoxyethyl acrylate) copolymers containing azobenzene units, prepared by frontal polymerization using novel ionic liquids as initiators. *J. Polym. Sci. Part A Polym. Chem.* **50**, 821–830 (2012).
111. Fernández-García, M., De la Fuente, J. L., Cerrada, M. L. & Madruga, E. L. Preparation of poly(tert-butyl acrylate-g-styrene) as precursors of amphiphilic graft copolymers. 1. Kinetic study and thermal properties. *Polymer (Guildf)*. **43**, 3173–3179 (2002).
112. Fujii, A. & Les, Y. Les propriétés adhésives et rhéologie interfaciale de mortiers colles
To cite this version : Adhesive properties and interfacial rheology of adhesive mortars. (2019).
113. Mohammadtabar, M., Sanders, R. S. & Ghaemi, S. Viscoelastic properties of flexible and rigid polymers for turbulent drag reduction. *J. Nonnewton. Fluid Mech.* **283**, (2020).
114. Rinawa, K. *et al.* Dynamic rheological studies and applicability of time-temperature superposition principle for PA12 / SEBS-g-MA blends To cite this version : HAL Id : hal-02914222. (2022).
115. Townsend, A. K. & Wilson, H. J. Small- and large-amplitude oscillatory rheometry with bead–spring dumbbells in Stokesian Dynamics to mimic viscoelasticity. *J. Nonnewton. Fluid Mech.* **261**, 136–152 (2018).
116. Allal, A., Lamaison, S., Leonardi, F. & Marin, G. De la microstructure du polymère à ses propriétés rhéologiques. *Comptes Rendus Phys.* **3**, 1451–1458 (2002).
117. Zhang, X., Ding, Y., Zhang, G., Li, L. & Yan, Y. Preparation and rheological studies on the solvent based acrylic pressure sensitive adhesives with different crosslinking density. *Int. J. Adhes. Adhes.* **31**, 760–766 (2011).
118. Es-haghi, H., Bouhendi, H., Bagheri-Marandi, G., Zohurian-Mehr, M. J. & Kabiry, K. Cross-linked poly(acrylic acid) microgels from precipitation polymerization. *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **49**, 1257–1264 (2010).
119. Seok, W. C., Leem, J. T. & Song, H. J. Acrylic pressure-sensitive adhesives based on ethylene glycol acrylate for flexible display application: Highly elastic and recoverable properties. *Polym. Test.* **108**, 107491 (2022).
120. Lee, M. L., Li, Y., Feng, Y. P. & Carter, C. W. Study of frequency dependence modulus of bulk amorphous alloys around the glass transition by dynamic mechanical analysis. *Intermetallics* **10**, 1061–1064 (2002).
121. Goertzen, W. K. & Kessler, M. R. Dynamic mechanical analysis of carbon/epoxy composites for structural pipeline repair. *Compos. Part B Eng.* **38**, 1–9 (2007).
122. Durante, M., Langella, A., Formisano, A., Boccarusso, L. & Carrino, L. Dynamic-Mechanical Behaviour of Bio-composites. *Procedia Eng.* **167**, 231–236 (2016).
123. Ware, T. *et al.* Fabrication of responsive, softening neural interfaces. *Adv. Funct. Mater.* **22**, 3470–3479 (2012).

124. Jakubowski, W. *et al.* Comparison of thermomechanical properties of statistical, gradient and block copolymers of isobornyl acrylate and n-butyl acrylate with various acrylate homopolymers. *Polymer (Guildf)*. **49**, 1567–1578 (2008).
125. Butaud, P. *et al.* Investigations on the frequency and temperature effects on mechanical properties of a shape memory polymer (Veriflex). *Mech. Mater.* **87**, 50–60 (2015).
126. Hartmann, B., Lee, G. F. & Lee, J. D. Loss factor height and width limits for polymer relaxations. *J. Acoust. Soc. Am.* **95**, 226–233 (1994).
127. Sircar, A. K., Galaska, M. L., Rodrigues, S. & Chartoff, R. P. Glass transition of elastomers using thermal analysis techniques. *Rubber Chem. Technol.* **72**, 513–552 (1999).
128. Hagen, R., Salmén, L., Lavebratt, H. & Stenberg, B. Comparison of dynamic mechanical measurements and Tg determinations with two different instruments. *Polym. Test.* **13**, 113–128 (1994).
129. Prime, R. B., Bair, H. E., Vyazovkin, S., Riga Alan & Gallagher, P. K. *Chapter 03: Thermogravimetric Analysis (TGA). Thermal analysis of polymers: Fundamentals and Applications* (2009).
130. Fedors, R. 760140211_Ftp.Pdf. *Polym. Eng. Sci.* **14**, 147–154 (1974).
131. Barton, A. F. M. Solubility Parameters. *Chem. Rev.* **75**, 731–753 (1975).
132. Favre, E., Nguyen, Q. T., Sacco, D., Moncuy, A. & Clement, R. Multicomponent Polymer/Solvents Equilibria: An Evaluation of Flory-Huggins Theory for Crosslinked Pdms Networks Swelled by Binary Mixtures. *Chem. Eng. Commun.* **140**, 193–205 (1995).
133. Lin, C. C. & Metters, A. T. Hydrogels in controlled release formulations: Network design and mathematical modeling. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **58**, 1379–1408 (2006).
134. Wang, C. *et al.* Synthesis and performance of novel hydrogels coatings for implantable glucose sensors. *Biomacromolecules* **9**, 561–567 (2008).

Résumé

Les polymères biosourcés et biodégradables suscitent un intérêt croissant sur les plans économique et écologique pour remplacer les matériaux issus du pétrole, souvent toxiques et polluants. Ce travail s'est focalisé sur le développement et la caractérisation de nouveaux polymères bio-sourcés thermoréactifs élaborés par la photo-polymérisation. Pour cela, les copolymères ont été élaborés. L'analyse FTIR a montré une consommation maximale des monomères acryliques aussi la DSC a confirmé que les systèmes sont amorphes et homogènes. Les résultats des analyses par rhéomètre et DMA révèlent que les systèmes étudiés présentent un comportement viscoélastique. L'étude de comportement de gonflement dans une série de solvants (THF, toluène, éthanol et heptanol). le paramètre d'interaction qui influe le gonflement a été calculé. Le degré de gonflement était meilleur pour le THF et toluène. De plus, le toluène suit le processus de diffusion Fickien ainsi que une cinétique de second ordre de Schott.

Mots clés : les copolymères acryliques, cinétique de gonflement, gonflement, modèle de Fick.

Abstract

Biobased and biodegradable polymers are attracting increasing economic and ecological interest to replace oil-based materials, which are often toxic and polluting. This work focused on the development and characterization of new thermoreactive bio-based polymers. For this, the copolymers were copolymerized.

The FTIR analysis showed a maximum consumption of acrylic monomers also the DSC confirmed that the systems are amorphous and homogeneous. The results of rheometer and DMA analyses reveal that the studied systems exhibit viscoelastic behavior. The study of swelling behavior in a series of solvents (THF, toluene, ethanol and heptanol). the interaction parameter that influences swelling was calculated. The degree of swelling was better for THF and toluene. In addition, toluene follows the Fickien diffusion process as well as a second-order Schott kinetics.

Keywords: acrylatic copolymers, swelling kenitic, swelling, Fick model.

ملخص

تجتذب البوليمرات ذات الأساس الحيوي والقابلة للتحلل اهتمامًا اقتصاديًا وبيئيًا متزايدًا لتحل محل المواد ذات الأساس النفطي، والتي غالبًا ما تكون سامة وملوثة. ركز هذا العمل على تطوير وتوصيف بوليمرات حيوية جديدة ذات تفاعل حراري تعتمد على رباعي هيدرو فورفوريل أكريلات..

أظهر تحليل FTIR الحد الأقصى لاستهلاك مونومرات الأكريليك، كما أكد DSC أن الأنظمة غير متبلورة ومتجانسة. تكشف نتائج تحليلات مقياس الجريان و DMA أن الأنظمة المدروسة تظهر سلوكًا لزجًا مرئيًا. دراسة سلوك التورم في سلسلة من المذيبات (THF، التولوين، الإيثانول والهيبتانول). تم حساب معامل التفاعل الذي يؤثر على التورم. وكانت درجة التورم أفضل بالنسبة لـ THF والتولوين. بالإضافة إلى ذلك، يتبع التولوين عملية انتشار فيكين بالإضافة إلى حركية شوت من الدرجة الثانية.

الكلمات المفتاحية: كوبوليمرات الأكريليك، حركية التورم، التورم، نموذج فيك.