

Élaboration de nouveaux papiers semi-conducteurs par des procédés de chimie douce pour l'électronique organique

ABBASSI Hamza¹, SABER Elhoussaine¹, VILLANDIER Nicolas¹, FOURATI Najla², ZERROUKI Chouki², ZERROUKI Rachida¹

¹ Laboratoire des Agroressources, Biomolécules et Chimie pour l'Innovation en Santé (LABCiS), UR 22722, Université de Limoges, Faculté des Sciences et Techniques, 123 avenue Albert Thomas, 87000 Limoges, France

² Laboratoire Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie (Satie), UMR 8029, CNRS, Cnam, 292 rue Saint-Martin, 7503 Paris,

hamza.abbassi@unilim.fr

Mots clefs : Semi-conducteurs organiques ; Polyimines ; Pâte Kraft ; Chimie verte

Introduction

Les semi-conducteurs sont les briques élémentaires des composants électroniques présents dans la quasi-totalité des appareils de la vie courante. La pandémie mondiale que nous avons traversée a ralenti leur production et en même temps a accentué la demande de matériels informatiques pour le travail à distance, comme pour le divertissement. Les demandes en semi-conducteurs ont explosé entraînant une pénurie qui a révélé au grand jour la dépendance des pays occidentaux vis-à-vis de l'Asie (Le marché des semi-conducteurs en 2024, s. d.). L'Europe a donc intégré la course technologique pour les semi-conducteurs du futur et souhaite acquérir une certaine autonomie en doublant la capacité des usines de l'Union européenne d'ici à 2030.

Dans cette course, les semi-conducteurs organiques occupent désormais une place non négligeable, et ont montré qu'ils pouvaient être des substituts au silicium.

L'électronique organique offre deux avantages majeurs par rapport à l'électronique à base de silicium : *i*) elle permet de concevoir des dispositifs sur substrats souples offrant ainsi un large éventail de nouvelles applications exigeant une flexibilité des supports (cellules solaires organiques, capteurs...); *ii*) elle présente un rapport performance/coût favorable, rendant l'option organique très intéressante, expliquant et incitant les recherches soutenues de nouveaux matériaux à propriétés électriques remarquables (Shaw et Seidler 2001).

L'essor de l'électronique organique soulève néanmoins des problématiques d'ordre écologique, pas seulement pour les polymères semiconducteurs eux-mêmes, mais aussi à cause des matériaux utilisés en tant que support, non recyclables, non biodégradables ou bien issus de sources non renouvelables (plastique ou verre). L'utilisation des éco-matériaux, produits biodégradables ou issus de ressources renouvelables, comme support pour les dispositifs d'électronique organique constitue de ce fait un enjeu majeur, aussi bien sociétal qu'économique (Eder et al 2004).

Les travaux du LABCiS s'inscrivent dans une nouvelle perspective durable orientée d'une part vers la synthèse de nouvelles molécules organiques semi-conductrices, des polyimines, en utilisant des réactions simples respectueuses de l'environnement et en éliminant l'utilisation et la génération de substances dangereuses et/ou nocives pour l'environnement, et d'autre part vers l'utilisation d'éco-matériaux, produits biodégradables issus de ressources renouvelables, comme support pour les dispositifs d'électronique organique.

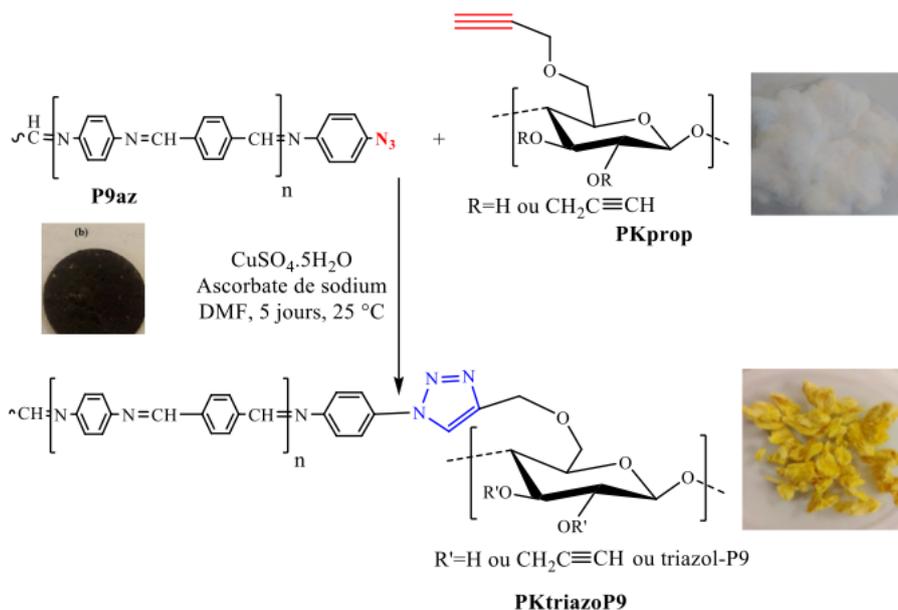


Fig. 2 : Greffage du polymère par click chemistry.

De manière à éviter la modification du polymère avant le greffage, ce dernier a aussi été effectué par amidation (Fig. 3). Pour ce faire, la pâte à papier a été préalablement oxydée par un système catalytique (**PKox**) et le couplage a ensuite été réalisé en présence d'un coupleur peptidique (Kuramae et al 2014) et le matériau après dopage a montré une conductivité de $2,93 \times 10^{-6}$ S/cm. La fonctionnalisation de la pâte kraft a été confirmée par spectroscopie infrarouge et par analyse élémentaire.

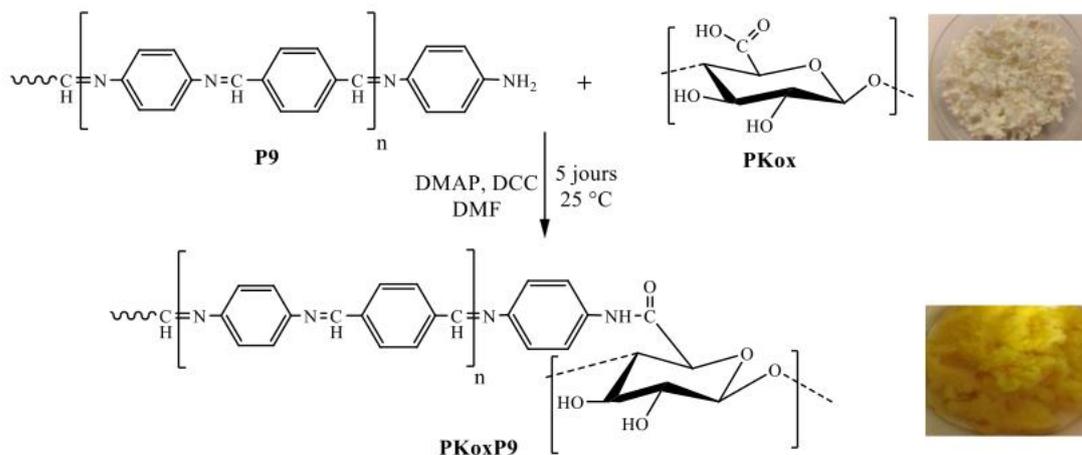


Fig. 3 : Greffage du polymère par amidation.

Conclusion et perspectives

Ces travaux ouvrent de nouvelles perspectives pour une électronique peu coûteuse et écologiquement durable. Pour renforcer l'impact environnemental de nos matériaux, nous travaillons actuellement sur la synthèse de polyimines à partir de monomères biosourcés. Ces recherches constituent une percée dans le domaine des matériaux polymères pour de futures applications dans l'électronique organique flexible.

Références

Awada H, Elchinger P-H, Faugeras P-A, Zerrouki C, Montplaisir D, Brouillette F, Zerrouki R (2015) Chemical Modification of Kraft Cellulose Fibres : Influence of Pretreatment on Paper Properties. *BioResources*, 10(2), 2044-2056. <https://doi.org/10.15376/biores.10.2.2044-2056>

Eder F., Klauk H, Halik M, Zschieschang U, Schmid G, Dehm C (2004) Organic electronics on paper. *Applied Physics Letters*, 84(14), 2673-2675. <https://doi.org/10.1063/1.1690870>

Elchinger P-H, Awada H, Zerrouki C, Montplaisir D, Zerrouki R (2014) Kraft Pulp–Starch Covalent Linking: A Promising Route to a New Material. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(18), 7604-7610. <https://doi.org/10.1021/ie500555g>

Jihane I (s. d.) Synthèse de nouveaux polymères pour l'élaboration d'un papier semi-conducteur.

Kuramae R, Saito T, Isogai A (2014) TEMPO-oxidized cellulose nanofibrils prepared from various plant holocelluloses. *Reactive and Functional Polymers*, 85, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2014.06.011>.

Le marché des semi-conducteurs en 2024 : Chiffres, stratégie. (s. d.). Consulté 27 septembre 2024, à l'adresse <https://www.etudes-et-analyses.com/blog/decryptage-economique/marche-semi-conducteurs-18-09-2024.html>.

Shaw JM, Seidler PF (2001) Organic electronics: Introduction. *IBM Journal of Research and Development*, 45(1), 3-9. *IBM Journal of Research and Development*. <https://doi.org/10.1147/rd.451.0003>