

# Matériaux biosourcés pour de nouvelles stratégies d'encapsulation pour le photovoltaïque : Avancées du projet BIOFLEXPV

Mohamed Aouay<sup>1</sup>, Yash Ganesh Wadgaonkar<sup>1</sup>, Johan Nicolian<sup>2</sup>, Amir Nasri<sup>3</sup>, Thomas Vidil<sup>1</sup>, Adèle Gapin<sup>1</sup>, Lionel Hirsch<sup>3</sup>, Peter Hesemann<sup>2</sup>, Éric Cloutet<sup>1</sup>, Marie Gueunier-Farret<sup>3</sup>, Olivier Dautel<sup>2</sup>, Stéphane Grelier<sup>1</sup>, Henri Cramail<sup>1</sup>, Sylvain Chambon<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univ-Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, LCPO, UMR 5629, F-33600, Pessac, France

<sup>2</sup> Université de Montpellier, Balard Recherche, Pôle Chimie, ICGM UMR 5253, 34293 Montpellier, France

<sup>3</sup> Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, IMS, UMR 5218, F-33400 Talence, France

Le projet BIOFLEXPV fait partie du Programme et Equipements Prioritaires de Recherche (PEPR) TASE «Systèmes énergétiques & Énergies renouvelables», et vise à développer de nouvelles solutions d'encapsulation pour différentes technologies photovoltaïques (Figure 1a).<sup>1</sup> L'objectif général du projet est de réduire l'impact environnemental de la fabrication des panneaux photovoltaïques tout en facilitant leur démantèlement pour améliorer leur recyclabilité. Pour y parvenir, le projet propose de développer différentes briques technologiques : des polymères synthétisés à partir de la biomasse d'une part et des couches denses inorganiques issues de ressources abondantes d'autre part. L'association de ces différentes briques permettra de développer des films d'encapsulation ayant des propriétés barrières aux gaz élevées (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) ainsi que des encapsulants présentant de bonnes propriétés mécaniques et permettant le démantèlement en fin de vie. In fine, le développement de ces nouveaux matériaux d'encapsulation biosourcés permettra de s'affranchir de filières d'approvisionnement classiques (matériaux pétrosourcés, verre) pour l'encapsulation des panneaux PV.

Nous présenterons ainsi les différentes avancées réalisées dans le cadre du projet BIOFLEXPV et, tout particulièrement, sur la synthèse des matériaux biosourcés pour la fabrication des films barrières et des encapsulants (Figure 1b). Une première tâche a consisté au développement du substrat biosourcé pour la fabrication des films barrières. Nous présenterons les différentes étapes de la synthèse, effectuée dans un solvant vert (système DMSO-DBU-CO<sub>2</sub>),<sup>2</sup> et qui ont permis le développement de films cellulose estérifiés avec du vinyle laurate (Laurate de cellulose). L'optimisation de la synthèse a permis d'atteindre un fort degré de substitution, générant ainsi à des films cellulose hautement hydrophobes pouvant servir de substrat de base pour la construction des films barrières (Figure 1c). La deuxième tâche est dédiée au développement de l'encapsulant permettant d'associer les modules PV aux films barrières. Le choix s'est porté sur le développement de poly-hydroxyuréthane (PHU), permettant une synthèse sans isocyanate. L'association de mannitol tricarbonat avec l'isophorone diamine, tous deux issus de la biomasse, a permis de synthétiser un pré-polymère facilement réticulable sous stress thermique ou UV. Les premiers résultats ont démontré une excellente transparence et de bonnes propriétés mécaniques. Une dernière partie consiste au développement de composés organo-silylés qui serviront de couches denses pour améliorer les propriétés barrières aux gaz. Différentes familles d'organosilices ont été synthétisées, à base de carbamates ou d'éthers, et l'optimisation de la synthèse a permis d'obtenir une forte hydrophobicité. Ces couches denses hybrides ont été déposées sur des substrats cellulose, première étape du développement des films barrières. Enfin, afin d'évaluer les propriétés barrières aux gaz, nous présenterons le banc de caractérisation développé dans le cadre de ce projet, basé sur une analyse optique similaire au test calcium.<sup>3</sup> Il permettra de rapidement évaluer les vitesses de perméation latérale et orthogonale des différents matériaux synthétisés.

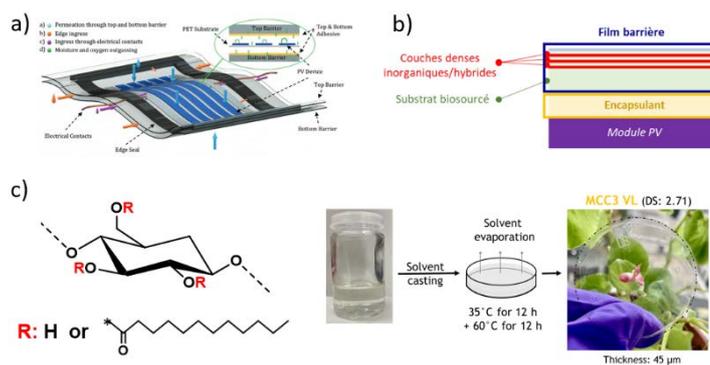


Figure 1. a) Schéma d'un module PV flexible et problématique de perméation au gaz. b) Architecture des films barrières aux gaz et encapsulant. c) Laurate de cellulose développée au LCPO

<sup>1</sup> Sutherland *et al.*, *Adv. Energy Mater.* **2021**, Vol. 11, pages 2101383

<sup>2</sup> Onwukamike *et al.*, *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2018**, Vol. 6, pages 1496–1503

<sup>3</sup> Boldrighini *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **2019**, Vol. 90, pages 014710