

16 avril 2024

Offre de contrat doctoral

Optimisation des propriétés structurales et de diffusion de l'eau liquide des carbones architecturés par l'impression 3D de résines biosourcées pour le développement d'évaporateurs solaires

Informations générales

Lieu de travail : Epinal, France**Type de contrat** : Contrat doctoral financé par l'Agence Nationale de la Recherche avec le programme PRIMA Med**Durée du contrat** : 36 mois**Rémunération** : 2100€ brut/mois**Date d'embauche prévue** : 1er octobre 2024**Quotité de travail** : Temps plein**Niveau d'études souhaité** : Master en science des matériaux ou chimie**Expérience requise** : -

Description du sujet

Les pays du bassin méditerranéen produisent environ 97% des olives du monde, ce qui représente jusqu'à 3 millions de tonnes d'huile d'olive par an. Les différents procédés d'extraction de l'huile d'olive génèrent d'énormes quantités de déchets solides et liquides. On estime que le traitement d'une tonne d'olives génère en moyenne 1 m³ d'eaux usées d'huilerie. Ce projet vise à traiter et valoriser les déchets toxiques en fonction des principes de la chimie verte et durable pour une économie circulaire. La réglementation actuelle ne permet d'épandre qu'une petite partie de ces matériaux directement sur le sol, et les fabricants cherchent d'autres moyens de gérer ces déchets liquides toxiques.

La solution proposée est d'utiliser la distillation solaire, un procédé qui a l'avantage d'avoir un faible impact environnemental, pour traiter les effluents issus de la production d'huile d'olive afin d'accélérer leur évaporation/séchage afin qu'ils puissent être mieux traités et valorisés. Le distillateur solaire développé pour ce projet sera composé d'une cellule d'évaporation et d'une cellule de condensation (figures 1a et b). La proposition de thèse portera sur le développement de la cellule d'évaporation. La particularité de cette cellule d'évaporation est qu'elle utilise une matrice de carbone 3D poreuse produite par impression 3D (stéréolithographie), après pyrolyse de résines biosourcées (Figure 1d). Le rôle de cette matrice 3D est d'intensifier les performances d'évaporation en (i) augmentant la surface d'échange entre l'eau à purifier et l'air ambiant et (ii) en captant le flux solaire grâce à la forte capacité d'absorption du rayonnement solaire du carbone (Figure 1d).

Des premiers essais d'évaporation prometteurs ont été réalisés avec ces matrices d'évaporation 3D, mais des limites en termes de diffusion de l'eau liquide au sein de la structure poreuse ont été identifiées. Le principal obstacle à la diffusion de l'eau liquide est la petite taille des pores à la surface de la structure poreuse (0,7 nm, alors que le noyau est de l'ordre de 10 µm).

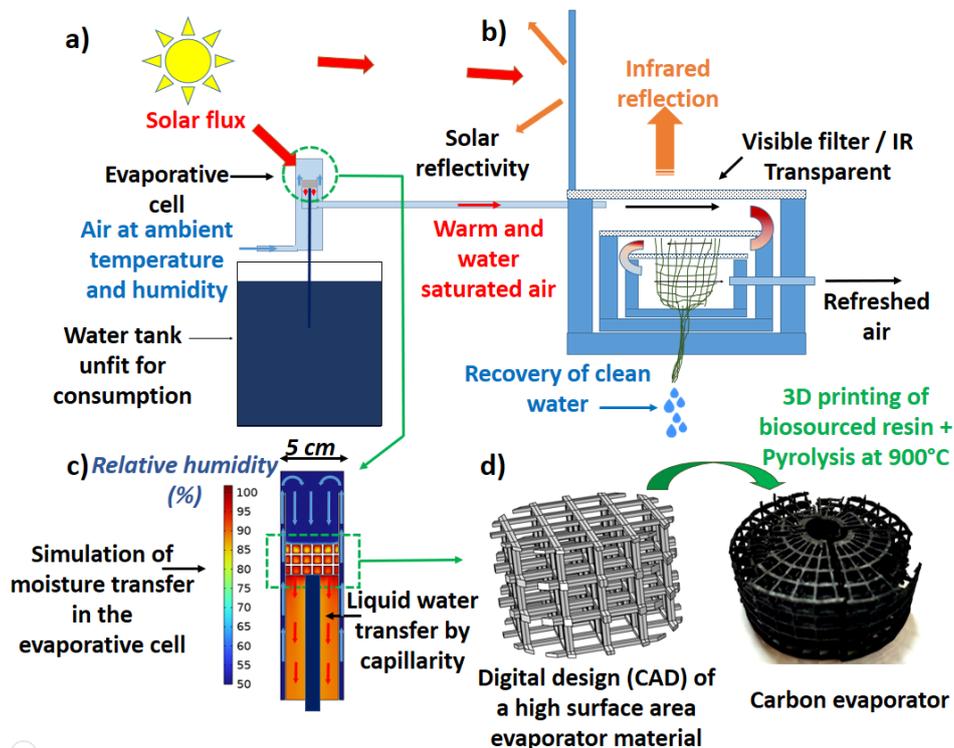


Figure 1 : Schéma du système d'évaporation (a) et de condensation (b) ; c) Zoom sur la cellule d'évaporation couplé à une simulation des transferts d'humidité dans le cas où un matériau d'évaporation saturé d'eau est positionné au centre de la cellule ; d) Exemple d'une structure en carbone à forte surface d'échange imprimée en 3D.

L'objectif de la thèse sera d'optimiser les propriétés structurales et de diffusion de l'eau liquide des matrices de carbone 3D pour le développement d'évaporateurs solaires. Les travaux consisteront à développer des solutions à plusieurs échelles :

- (i) À l'échelle microscopique, il s'agira de développer des résines biosourcées capables de contrôler les propriétés structurales (porosité, taille des pores, etc.) de la matrice poreuse. Comme ces propriétés sont directement corrélées aux performances de diffusion de l'eau liquide, la taille des pores doit être augmentée à la surface et réduite au cœur. Pour atteindre cet objectif, des formulations innovantes de résines pourraient être proposées, notamment avec l'ajout de porogènes. Une autre possibilité est d'améliorer le caractère hydrophile des structures par post-traitement au CO₂ ou à la vapeur, ou par traitement chimique (oxydation par traitement acido-basique).
- (ii) À l'échelle macroscopique, la conception de la matrice 3D sera étudiée. Une approche méthodologique de type plan expérimental est envisagée pour quantifier l'impact de certains paramètres sur les performances, tels que la hauteur de la cellule, l'épaisseur des brins permettant le transfert de l'eau et l'espace entre les brins.

Une fois les propriétés optimisées, les matrices 3D seront intégrées dans un prototype afin d'étudier les performances de la cellule d'évaporation en laboratoire. Le système sera étudié à l'aide de notre banc d'essai expérimental. Dans un premier temps, les performances d'évaporation seront étudiées avec de l'eau pure, puis avec de l'eau chargée en nutriments et en sel pour se rapprocher du contexte OMWW.

Dans des travaux antérieurs, un modèle numérique a été développé pour simuler le transfert de masse et de chaleur à l'intérieur de la cellule d'évaporation. Il sera nécessaire d'apprendre à utiliser et à développer ce modèle comme outil d'optimisation des performances d'évaporation. En faisant des allers-retours entre le modèle et le prototype expérimental, il sera possible d'optimiser la conception et de maximiser les performances.

Mots-clés : Résines biosourcées ; Fabrication additive ; Stéréolithographie ; Charbons poreux ; Architectures 3D, Diffusion d'eau liquide, Évaporation solaire

Références:

- [1]P. Blyweert, V. Nicolas, V. Fierro, A. Celzard, 3D-Printed Carbons with Improved Properties and Oxidation Resistance, ACS Sustainable Chem. Eng. (2023). <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c00152>.
- [2]P. Blyweert, V. Nicolas, J. Macutkevic, V. Fierro, A. Celzard, Tannin-Based Resins for 3D printing of Porous Carbon Architectures, ACS Sustainable Chem. Eng. 10 (2022) 7702–7711. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c01686>.
- [3]P. Blyweert, V. Nicolas, V. Fierro, A. Celzard, Experimental Design Optimization of Acrylate—Tannin Photocurable Resins for 3D Printing of Bio-Based Porous Carbon Architectures, Molecules 27 (2022) 2091. <https://doi.org/10.3390/molecules27072091>.
- [4]R. Fillet, V. Nicolas, V. Fierro, A. Celzard, Modelling heat and mass transfer in solar evaporation systems, International Journal of Heat and Mass Transfer 181 (2021) 121852. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121852>.
- [5]R. Fillet, V. Nicolas, A. Celzard, V. Fierro, Solar evaporation performance of 3D-printed concave structures filled with activated carbon under low convective flow, Chemical Engineering Journal 457 (2023) 141168. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.141168>.

Contexte de travail

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un projet global appelé 3D-STELLAR (PRIMA SECTION 2 2023 - Appel à projets MULTI-TOPIC), qui vise à traiter et valoriser les eaux usées toxiques des huileries (OMWW). L'huile d'olive est obtenue par pressage, ce qui génère des résidus lipidiques composés de pulpe, de pierres et d'eau, qui sont envoyés dans des cuves de décantation. La réglementation actuelle ne permet d'épandre qu'une petite partie de ces matières directement sur les terres, c'est pourquoi l'industrie et les pouvoirs publics cherchent des solutions alternatives pour gérer ces déchets liquides toxiques. 3D-STELLAR traitera ces effluents et les transformera en eau d'irrigation et en produits carbonés à haute valeur ajoutée. Cela se fera en produisant de l'eau propre pour l'irrigation et des biochars de différentes compositions pour plusieurs applications.

Cette thèse s'inscrira dans le cadre de ce projet et s'inscrira dans la continuité de deux thèses précédentes : l'une développant des architectures carbone par impression 3D de résines biosourcées, et l'autre commençant à utiliser ces matrices pour l'évaporation dans le cadre du développement d'un distillateur solaire.

Compétences

Le/la candidat(e) rejoindra une équipe de recherche spécialisée en science des matériaux, l'équipe « Matériaux biosourcés » de l'Institut Jean Lamour (IJL, UMR CNRS 7198), hébergée dans les locaux de l'ENSTIB à Epinal. Il/elle doit avoir suivi une formation en chimie du solide ou en science des matériaux en priorité, mais des connaissances en fabrication additive seront particulièrement appréciées. Le/la candidat(e) devra faire preuve d'une grande aisance avec les outils de traitement et de caractérisation des matériaux (imprimante 3D, spectromètre UV-visible, source UV, viscosimètre cône-plaque et TGA/DSC) sur lesquels il/elle sera formé(e) pour devenir rapidement autonome. Des connaissances en conception assistée par ordinateur (CAO), en simulation numérique, sur les substances naturelles, les polymères et les procédés de polymérisation seront un plus. Il/elle doit faire preuve de dynamisme, de curiosité et de persévérance pour mener à bien les multiples synthèses, caractérisations, tests et interprétations des résultats, et démontrer sa capacité à travailler en équipe.

Contraintes et risques

Le poste pour lequel vous postulez est situé dans un secteur lié à la protection du potentiel scientifique et technique. Il exige donc, conformément à la réglementation, que votre arrivée soit autorisée par l'autorité compétente du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

À propos de l'Institut Jean Lamour

L'Institut Jean Lamour (IJL) est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université de Lorraine. Il est rattaché à l'Institut de Chimie du CNRS. Spécialisé en science et ingénierie des matériaux et des procédés, il couvre les champs suivants : matériaux, métallurgie, plasmas, surfaces, nanomatériaux, électronique.

L'IJL compte 263 permanents (30 chercheurs, 134 enseignants-chercheurs, 99 IT-BIATSS) et 394 non-permanents (182 doctorants, 62 post-doctorants / chercheurs contractuels et plus de 150 stagiaires), de 45 nationalités différentes. Il collabore avec plus de 150 partenaires industriels et ses collaborations académiques se déploient dans une trentaine de pays. Son parc instrumental exceptionnel est réparti sur 4 sites dont le principal est situé sur le campus ARTEM à Nancy.

Application

Seules les candidatures de haute qualité seront prises en compte : Master 2 moyenne $\geq 14/20$, 1er quartile, expérience internationale requise. Les candidats qui ne satisfont pas à ces exigences sont priés de ne pas soumettre de demande.

Les candidat·e·s hautement qualifié·e·s sont invité·e·s à envoyer un CV et une lettre de motivation, ainsi que des copies de diplômes et/ou des notes obtenues au titre du Master sur le formulaire de recrutement en ligne de l'école doctorale C2MP pour le 1er mai 2024 :

<http://doctorat.univ-lorraine.fr/fr/les-ecoles-doctorales/c2mp/offres-de-these/optimisation-des-proprietes-structurales-et-de-diffusion>

Ensuite, des entretiens seront organisés et des visites des laboratoires seront possibles sur demande.

vincent.nicolas@univ-lorraine.fr

alain.celzard@univ-lorraine.fr