

OFFRE DE STAGE MASTER 2

Etude du transfert réactif d'un acide biosourcé en milli/microfluidique

Contexte de l'offre :

L'acide 3-hydroxypropionique (3-HP) est une molécule entrant dans la synthèse de nombreux dérivés chimiques (acides et polymères). Il est notamment un intermédiaire-clé dans la production d'acide acrylique, et de ses polymères dérivés. Actuellement produit par voie pétrosourcée, la recherche d'une alternative biosourcée est aujourd'hui un enjeu majeur : selon le Department of Energy (DoE), l'acide 3-HP est en effet l'une des 10 molécules plateformes à produire urgemment à partir de biomasse.

Des efforts de recherche, notamment dans l'UMR SayFood, sont donc menés pour produire cette molécule en bioréacteur, et la récupérer par le biais d'un procédé de séparation¹. Le procédé actuel de séparation servant à la récupération de l'acide est un contacteur membranaire. L'objectif de ce stage est de poser les bases scientifiques d'une alternative à cette technologie : un procédé continu intensifié à l'échelle milli/microfluidique. Une preuve de concept a déjà été menée sur l'acide lactique (isomère de position de l'acide 3-HP) par une équipe de recherche colombienne^{2, 3, 4} (Figure 1).

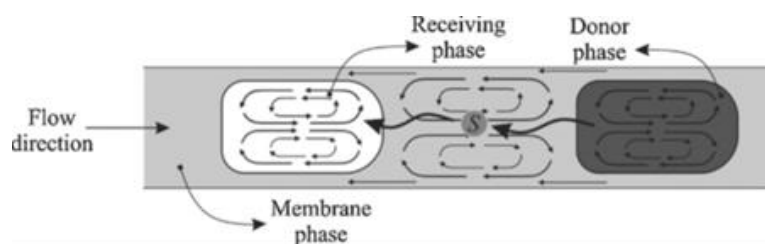


Figure 1 : principe de l'extraction de l'acide lactique en microfluidique

La phase donneuse contient l'acide à extraire. Elle est dispersée dans une phase organique continue (membrane phase), qui inclut un agent d'extraction (amine). La molécule extraite va ensuite être récupérée par une phase receveuse. Les vortex de Taylor, structures hydrodynamiques particulières typiquement rencontrées en écoulement fluide/fluide confiné, permettent d'assurer le transfert de l'acide complexé de la phase donneuse à la phase réceptrice, ainsi que le renouvellement de matière à l'intérieur des gouttelettes.

Objectifs du stage :

Les objectifs du stage sont les suivants :

- Etudier par une démarche expérimentale rigoureuse, et quantifier par HPLC, les cinétiques d'extraction de l'acide 3-HP en milieu biphasique (acide/membrane liquide) pour différentes géométries capillaires milli-microfluidiques ;
- Utiliser le traitement d'image (MATLAB/Python) et une caméra rapide pour observer la forme des gouttelettes, et quantifier leurs propriétés géométriques en fonction des conditions opératoires (notamment en terme d'aire interfaciale) ;
- Proposer un modèle d'extraction réactif (éventuellement adimensionnel) tenant compte des phénomènes quantifiés.

Selon l'avancée du stage et les compétences que le/la stagiaire souhaite développer, d'autres aspects pourront être explorés :

- Utiliser un logiciel de CFD (COMSOL, OpenFOAM) pour modéliser l'écoulement biphasique ;
- Réaliser des essais combinant extraction et back-extraction, et quantifier les phénomènes ;
- Développer des pièces/prototypes à façon en utilisant le FabLab de l'Ecole Polytechnique.

Afin d'effectuer ces tâches, la personne retenue pourra compter sur le soutien d'un encadrement scientifique pluridisciplinaire, réparti dans les équipes et MoDiC et ProBioSSep de l'UMR SayFood, ainsi que des compétences techniques de la halle technologique du site. Selon l'avancée du stage, des communications écrites ou orales pourront être envisagées, en français ou anglais, par exemple dans le cadre du Congrès Junior de l'Université Paris Saclay/ENS. Ce stage s'inscrit dans le cadre d'un **démarrage de projet ANR JCJC**. Un recrutement de doctorant sur cette thématique est prévu durant le stage, pour un démarrage au dernier trimestre 2026.

Profil recherché :

Nous recherchons un étudiant/une étudiante de formation en Génie Chimique/Génie des Procédés ou Mécanique des Fluides, de niveau Master 2 ou équivalent (bac +5). La personne retenue devra faire preuve d'autonomie et de curiosité scientifique, savoir lire et écrire en anglais de manière fluide. Des bases de programmation scientifique sous MATLAB ou Python, ainsi que des compétences en planification expérimentale seront fortement appréciées.

Informations générales :

- Entité : UMR SayFood, AgroParisTech, Palaiseau ;
- Durée : 6 mois à partir de Mars 2026 (possibilité d'ajustement selon le candidat retenu) ;
- Indemnité : Selon la législation en vigueur (environ 650€/mois selon le nombre de jours travaillés) ;
- Logement : Possibilité de [louer un logement étudiant](#) sur place ;
- Laïcité : La personne recrutée sera sujette à la [charte de la laïcité dans les services publics](#) (loi 2021-1109 du 24 Août 2021). En particulier, aucun signe religieux ne pourra être porté sur le lieu de travail.

Candidatures :

Les candidatures, et demandes d'informations complémentaires, sont à adresser aux personnes ci-dessous. Le dossier comprendra notamment les pièces suivantes : CV, lettre de motivation et relevés de notes M1/M2. Elles seront traitées par ordre d'arrivée, pour une **date limite de dépôt le 21.11.2025**.

- Kevin LACHIN (kevin.lachin@agroparistech.fr) ;
- Murielle HAYERT (murielle.hayert@agroparistech.fr) ;
- Ana-Karen SANCHEZ (ana-karen.sanchez-castaneda@inrae.fr).

Références bibliographiques :

¹Arana Agudelo et al., *Reactive liquid-liquid extraction of bio-based 3-hydroxypropionic acid using a biocompatible organic phase containing a tertiary amine: A model-based approach to elucidate dominant mechanisms*, Separation and Purification Technology, 294 (2022), 1-13

²Pérez et al., *Integration of a liquid membrane in Taylor flow regime with a fermentation by Lactobacillus casei ATCC 393 for in-situ lactic acid removal*, Chem. Eng. Process.: Process Intensification, 140 (2019), 85-90

³Pérez et al., *Modeling of a liquid membrane in Taylor flow integrated with lactic acid fermentation*, Chem. Eng. Process. : Process Intensification, 144 (2019), 1-9

⁴Pérez et al., *A new concept of liquid membranes in Taylor flow: Performance for lactic acid removal*, Chem. Eng. Process. : Process Intensification, 139 (2019), 95-102