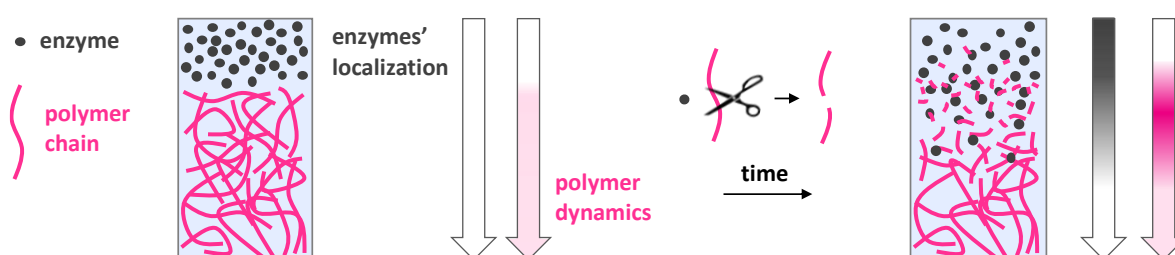


Master's thesis / Final-year engineering 5-6 months internship

How enzymes diffuse in a polymer matrix they degrade?

An approach combining enzymatic engineering and physics measurements
for the development of circular bioeconomy

Objectives. A huge variety of biological processes are based on the deconstruction of a viscoelastic polymer matrix by polymer-degrading enzymes. The **degradation is directional**, with a front that moves with time as enzymes propagate into the matrix (see Figure). The fundamental objective of this work is to understand the **physical and biochemical parameters that control the kinetics of the enzymatic degradation** in this context.



- A schematic view of the enzymatic degradation of a polymer viscoelastic matrix with time. In this example, the enzymes cleave the chains at random positions. The enzymes progressively propagate into the matrix (black arrow), and the degradation leads to an increase of the chains' mobility (i.e. polymer dynamics, pink arrow) -

The central question is **how the biomolecular properties and the local activity of the enzymes affect their progression in the polymer matrix**. For answering it, we will **measure the diffusion kinetics** of a variety of enzymes in model matrices of hemicellulose, one major polymer of plant biomass. The work involves:

- (1) **the production of enzymes** and their **fluorescent labeling**, using state-of-the-art enzyme engineering tools. We will play on the **size** of the enzymes and their **affinity** for the polymer.
- (2) the **preparation** of dilute to highly concentrated **solutions and gels of arabinoxylan (AX)**, our hemicellulose model.
- (3) **measuring the migration of the enzymes** in the AX matrices using a custom fluorescence setup already developed at TBI.

Context. The work will take place in **TBI**, which has a **strong expertise in enzyme engineering**. A few short stays are planned at **L2C**, a physics laboratory in Montpellier, for complementary measurements of matrix degradation using innovative optical techniques. This work is part of the large-scale ANR project 'CATCHY' (2026–2029), under which funding has been allocated for a PhD thesis on the proposed topic. It is therefore possible that the student trained may continue their research in the context of a PhD scheduled to begin in September 2026.

Expected profile and skills. Highly motivated student with knowledge or initial experience, in catalysis and enzyme engineering, and strong interest in multidisciplinary research. Basic notions of physics (e.g., diffusion mechanisms) would be appreciated, though not required.

Starting date. First trimester 2026.

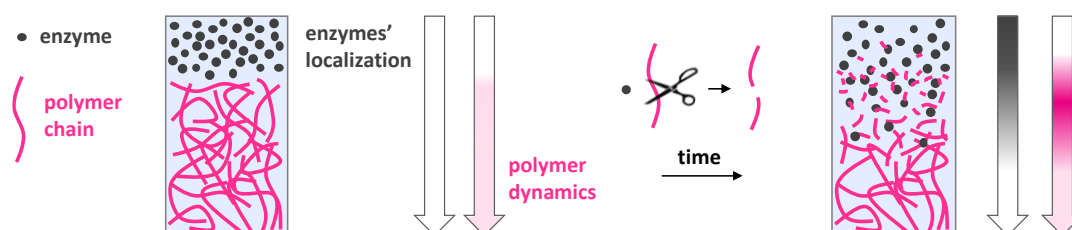
To apply. Send a CV, a cover letter and two references to Antoine Bouchoux antoine.bouchoux@insa-toulouse.fr and Claire Dumon claire.dumon@insa-toulouse.fr.

Stage (5-6 mois) de Master 2 ou de fin de cycle ingénieur

Comment les enzymes diffusent dans un milieu qu'elles dégradent ?

Une approche combinant l'ingénierie enzymatique et des mesures physiques de diffusion pour le développement de la bioéconomie circulaire

Objectifs. De très nombreux processus biologiques reposent sur la déconstruction d'une matrice polymère viscoélastique par des enzymes. **La dégradation est directionnelle**, avec un front qui avance avec le temps à mesure que les enzymes se propagent dans la matrice (cf Figure). L'objectif de ce travail est de comprendre quels sont les **paramètres physiques et biochimiques** qui **déterminent la cinétique de dégradation enzymatique** dans ce contexte.



- Vue schématique de la dégradation enzymatique d'une matrice polymérique viscoélastique en fonction du temps. Les enzymes coupent les chaînes à des positions aléatoires. Les enzymes se propagent progressivement dans la matrice (flèche noire), et la dégradation vient augmenter la mobilité des chaînes (flèche rose) -

La question centrale est de savoir **comment les propriétés moléculaires et l'activité des enzymes affectent leur progression dans la matrice polymère**. Pour y répondre, nous allons **mesurer les cinétiques de diffusion** d'enzymes variées dans des matrices modèles d'hémicellulose, l'un des polymères majeurs de la biomasse végétale. Le travail implique :

- (1) la **production d'enzymes** et leur **marquage fluorescent**, avec des outils d'ingénierie enzymatique. Nous jouerons sur la **taille** des enzymes et leur **affinité** avec le polymère.
- (2) la **préparation** de solutions et de gels d'arabinoxylane (AX), notre hémicellulose modèle, à des concentrations allant du dilué au très concentré.
- (3) de **mesurer la migration des enzymes** dans les matrices d'AX en utilisant un montage de microscopie à fluorescence spécifique déjà développé et disponible à TBI.

Contexte. Les travaux se dérouleront à TBI, qui possède **l'expertise nécessaire en ingénierie enzymatique**. Des courts séjours sont prévus au L2C, laboratoire de physique à Montpellier, pour des mesures complémentaires de la dégradation des matrices à l'aide de techniques optiques innovantes. Par ailleurs, ce travail s'inscrit dans le cadre du projet ANR 'CATCHY' (2026–2029), pour lequel un financement de thèse a été attribué. Il est donc envisageable que l'étudiant formé puisse poursuivre ses recherches dans le cadre d'une thèse.

Profil et compétences recherchés. Étudiant(e) très motivé(e), disposant de connaissances ou d'une première expérience en catalyse et ingénierie enzymatique, et manifestant un fort intérêt pour la recherche pluridisciplinaire. Des notions de base en physique (par exemple sur les mécanismes de diffusion) seraient appréciées, sans toutefois constituer un prérequis.

Début du stage. Premier semestre 2026.

Pour candidater. Envoyer CV, lettre de motivation et 2 références à Antoine Bouchoux antoine.bouchoux@insa-toulouse.fr et Claire Dumon claire.dumon@insa-toulouse.fr.