

OFFRE DE STAGE

Évaluation paramétrique environnementale et économique (LCA-TEA) des filières de fin de vie pour les emballages alimentaires biodégradables

(6 mois, début souhaité : 2026)

Contexte :

La transition vers des systèmes alimentaires durables impose de repenser l'emballage des denrées périssables. Ces emballages font face à un triple défi :

- La performance technique : Assurer la protection et la conservation optimale de l'aliment.
- L'éco-responsabilité : Supprimer la pollution plastique en garantissant une fin de vie sans impact environnemental.
- La viabilité économique : Maintenir un coût de production compétitif pour ne pas impacter le prix final du produit alimentaire.

Le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP - Modified Atmosphere Packaging) est une technologie clé pour prolonger la durée de conservation des aliments périssables et réduire le gaspillage alimentaire. Cependant, la conception d'un emballage MAP durable représente un défi systémique hautement complexe. Améliorer la performance technique (physique/chimie) pour garantir les propriétés barrières a un impact direct sur la gestion de la fin de vie, ce qui peut compromettre la viabilité économique ou l'éco-responsabilité du système. Par exemple, maximiser l'effet barrière en complexifiant le matériau peut augmenter drastiquement le coût et la faisabilité de son recyclage.

Pour cette raison, il est crucial d'intégrer le devenir de ces emballages dès leur phase de conception. Plusieurs scénarios de fin de vie coexistent, chacun présentant des avantages distincts, notamment le compostage industriel, la méthanisation, le recyclage chimique (par CO₂ supercritique) et l'incinération. Cependant, arbitrer entre ces différentes filières s'avère complexe. Cet arbitrage nécessite le développement d'indicateurs environnementaux et économiques dynamiques, directement couplés aux variables de conception de l'emballage, afin d'identifier la trajectoire optimale pour chaque cas d'étude. L'analyse de cycle vie (LCA) et l'analyse technico-économique (TEA) permettent de proposer des éléments de réponse pour ce challenge.

L'objectif du stagiaire sera de formaliser le système de traitement de fin de vie de ces emballages sous la forme d'un modèle couplé LCA-TEA semi-paramétrique. Contrairement aux approches d'évaluation classiques et statiques, ce modèle devra intégrer directement les variables clés de conception de l'emballage MAP (telles que l'épaisseur de la matrice de l'emballage, la formulation et le taux de la couche barrière, ou le volume de l'emballage). Ainsi, toute modification des paramètres physiques de l'emballage se répercutera instantanément et de manière dynamique sur les indicateurs d'impact environnemental et de coût de chaque filière de fin de vie.

Objectif du stage :

Utiliser des outils numériques pour développer un modèle couplé LCA-TEA (Life-Cycle Assessment & Techno-Economic Analysis) paramétrique, permettant d'évaluer la viabilité environnementale et la rentabilité économique des trois voies de fin de vie choisies, en intégrant les variables des conception des emballages alimentaires biodégradables MAP, basés sur du PLA et comparé à une solution conventionnel.

Activités à réaliser :

Le travail se composera donc des plusieurs tâches organisées en trois piliers :

1. Données et Inventaire :

- Identifier les informations disponibles sur les possibles filières de fin de vie de ces emballages pour établir les scénarios à évaluer.
- Recueillir et intégrer les données techniques, environnementales et financières des scénarios de traitement.

2. Développement du modèle paramétrique :

- Développer des corrélations mathématiques entre les impacts environnementaux et économiques en utilisant les données collectées.
- Construire le modèle LCA avec l'outil Brightway2 (avec l'interface « Activity Browser » ou directement sur Python) avec les corrélations établies.
- Construire le modèle TEA avec une feuille de calcul ou directement sous Python avec les corrélations établies basé sur le CAPEX (investissement équipements) et OPEX (énergie, main-d'œuvre, maintenance).

3. Interprétation et analyse :

- Interpréter les résultats pour établir les scénarios de fin de vie de préférence dans différents cas évalués.
- Faire une analyse de sensibilité pour identifier les variables plus impactantes de conception plus importante dans le système.
- Identifier les "hotspots" (points critiques) où une petite amélioration technique réduit drastiquement les impacts ou les coûts.

Profil recherché

- Formation en sciences de la donnée et la modélisation, mathématiques appliquées ou informatique, sciences de l'ingénieur, génie des procédés, de l'environnement ou industriel.
- Bac +5 (M2 ou ingénieur de 3e année)
- Compétences en programmation, modélisation mathématique et analyse de données.
- Des connaissances en Python pour la manipulation de données et le développement d'outils numériques seraient fortement appréciées.
- Bonne maîtrise de l'anglais
- Intérêt pour les bioprocédés, la circularité et les systèmes de gestion des déchets.
- Autonomie, sens de l'organisation et de la communication

Conditions du stage :

Le stage sera encadré par Felipe Buendia (chercheur INRAE) à l'UMR SayFood (INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay) localisée au campus AgroParisSaclay à Palaiseau en Île-de-France.

Durée : 5 à 6 mois

Déplacements : Pas prévu

Gratification : 4,05 € par heure (~ 600€/mois, selon les jours travaillés)

Mobilité : Remboursement à hauteur de 50% des frais pour le « Pass Navigo » Ile de France

Restauration : restaurant CROUS à proximité et espace cuisine mis à disposition (frigo, micro-onde)

Logement : Logements étudiants disponibles sur place (démarche à la charge de l'étudiant(e)). Plus d'informations sur : <https://www.universite-paris-saclay.fr/vie-de-campus/logement>

Candidatures :

Adresser un CV (2 pages max) et une lettre de motivation à **Felipe BUENDIA** (felipe.buendia@inrae.fr) and **Ali FARHAT** (ali.farhat@inrae.fr)