

Offre de thèse

Intégrer les dynamiques de rétroaction en Analyse de Cycle de Vie

CONTEXTE

Le projet BIOCaP-LCA¹ vise à faire progresser les méthodes d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) conséquentielle afin d'évaluer les impacts environnementaux de scénarios de déploiement de la bioéconomie à l'échelle de la France. Bien que l'ACV soit largement utilisée pour évaluer des produits ou comparer des technologies, elle présente des limites lorsqu'elle est appliquée à des transitions de grande ampleur et de long terme impliquant des dynamiques socio-économiques et biophysiques complexes. Le projet se concentre sur plusieurs défis majeurs propres à la bioéconomie, notamment la prise en compte de l'usage des terres et des changements d'usage des terres (LULUC), des impacts sur le climat et la biodiversité, ainsi que des boucles de rétroaction entre les systèmes naturels (l'écosphère) et les systèmes humains (la technosphère), qui sont mal représentées dans les approches traditionnelles d'ACV. Pour répondre à ces enjeux, BIOCaP-LCA propose une approche innovante combinant l'ACV avec des modèles biophysiques et socio-économiques dans un cadre dynamique et prospectif.

Le projet finance trois thèses de doctorat qui conduiront à des avancées méthodologiques dans ces domaines de recherche, dont la thèse décrite dans cette offre.

OBJECTIFS

Historiquement, l'ACV s'est appuyée sur une séparation stricte entre la technosphère (les systèmes de production humains) et l'écosphère (les systèmes naturels)². Dans ce cadre, l'ACV quantifie principalement les impacts de la première sur la seconde. Cependant, cette perspective unidirectionnelle limite sa capacité à représenter les mécanismes de rétroaction par lesquels les changements environnementaux influencent en retour les systèmes humains.

Ces limites ont été de plus en plus soulignées dans la littérature³, en particulier dans le cadre de l'ACV conséquentielle (ACV-C), où l'accent mis sur la causalité appelle des approches de modélisation dépassant cette frontière rigide. En réalité, les systèmes environnementaux et socio-économiques sont profondément interdépendants. Par exemple, les émissions de particules fines peuvent détériorer la santé humaine, augmentant la demande en services de santé, ce qui génère à son tour des émissions supplémentaires — créant ainsi des boucles de rétroaction renforçantes. Malgré leur importance, ces dynamiques demeurent largement absentes des pratiques actuelles de l'ACV.

Cette thèse vise à répondre à cette lacune en explorant le couplage entre l'ACV et la Dynamique des Systèmes (System Dynamics), une approche de modélisation particulièrement adaptée à la modélisation dynamique des rétroactions⁴. Plutôt que de chercher une simple intégration des deux cadres méthodologiques, le projet exploitera la structure causale et temporelle de la Dynamique des Systèmes afin d'identifier, formaliser et analyser explicitement les boucles de rétroaction reliant émissions, impacts environnementaux et demande en produits.

Il s'agit de travail de modélisation interdisciplinaire et exploratoire dont les principaux défis seront :

- Naviguer dans l'interdisciplinarité de la modélisation
- Sélectionner, construire et étudier des boucles de rétroaction environnementales pertinentes

¹ Projet PEPR financé par l'ANR et rassemblant INRAE, le CEA, l'IFPEN et le CIRAD afin de développer la méthodologie ACV pour la bioéconomie: <https://www.pepr-bioproductions.fr/eng/funded-projects/axis-4-cross-cutting-methodologies-and-tools/biocap-lca>

² <https://doi.org/10.1007/978-94-015-9900-9>

³ <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1398-4>

⁴ <https://doi.org/10.2307/3010125>

- Extraire des indicateurs pertinents issus des boucles de rétroaction de Dynamique des Systèmes afin de les intégrer à l'ACV
- Evaluer l'incertitude substantielle inhérente au cadre de la Dynamique des Systèmes et à la modélisation prospective.

Le focus empirique portera sur la bioéconomie, où les mécanismes de rétroaction sont particulièrement marqués. Les systèmes agricoles et fondés sur la biomasse dépendent des processus écologiques tout en les modifiant, notamment les dynamiques de biodiversité, les cycles de l'eau, la pollution atmosphérique et la santé humaine. Ces interactions fortement couplées font de la bioéconomie un domaine clé pour le développement de méthodes d'évaluation intégrant les rétroactions.

À une époque où les activités humaines déstabilisent de plus en plus les systèmes environnementaux qui soutiennent le bien-être des sociétés, cette thèse offre l'opportunité de repousser les frontières méthodologiques de l'évaluation de la durabilité. En permettant à l'ACV de capturer les rétroactions environnementales, cette recherche vise à soutenir une prise de décision plus robuste, prospective et scientifiquement fondée, ainsi qu'à mieux anticiper les risques de dégradation environnementale systémique.

PROFIL

Nous recherchons un-e étudiant-e curieux-se et proactif-ve, doté-e d'une forte appétence pour la pensée systémique et titulaire d'un diplôme de Master (M2).

Une expérience en modélisation environnementale quantitative est requise, qu'il s'agisse de Dynamique des Systèmes ou d'ACV. Bien qu'une expertise dans les deux domaines ne soit pas attendue, un intérêt clair pour faire le lien entre ces deux approches est important. De solides compétences mathématiques sont appréciées, notamment une familiarité avec les équations différentielles, qui constituent le fondement de la Dynamique des Systèmes.

Les candidat-es doivent disposer d'excellentes compétences en rédaction et communication en anglais.

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Le doctorant ou la doctorante sera accueilli-e au sein de l'unité de recherche ITAP située sur le campus de La Gaillarde (à environ 10 minutes à vélo du centre-ville et de la gare). Au sein d'ITAP, vous rejoindrez l'équipe de recherche ELSA, composée de chercheurs et ingénieurs spécialisés dans la modélisation avancée en ACV.

La thèse sera co-encadrée par Pierre Jouannais (INRAE) et Eléonore Loiseau (INRAE), tous deux disposant d'une expertise approfondie en ACV, notamment en ACV conséquentielle et dans le couplage de l'ACV avec d'autres approches de modélisation.

↳ Informations pratiques

- Localisation : Montpellier
- Contrat : Thèse
- Durée : 36 mois
- Début : Automne 2026
- Salaire : 2300€ brut mensuel

↳ Candidater

Envoyer un CV et une lettre de motivation (des références sont également appréciées) à :

pierre.jouannais@inrae.fr

et

eleonore.loiseau@inrae.fr

Date limite : **26 June 2026**