

## Offre de thèse

### Modélisation contrefactuelle dynamique des émissions de GES liées à l'usage des terres pour l'Analyse de Cycle de Vie conséquentielle

#### CONTEXTE

Le projet BIOCaP-LCA<sup>1</sup> 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

Les usages des terres et changements d'usage des terres (LULUC) sont responsables de 12 % des émissions mondiales annuelles de GES<sup>2</sup> et jouent un rôle central dans l'érosion de la biodiversité. Malgré plusieurs décennies de développement méthodologique, les approches d'ACV visant à quantifier les impacts environnementaux peinent encore à représenter ces impacts liés à l'usage des terres de manière à la fois dynamique et causalement pertinente, ce qui constitue pourtant une nécessité pour l'ACV conséquentielle (ACV-C)<sup>3</sup>. Or, alors que le changement climatique modifie de plus en plus les processus des sols et les systèmes agricoles, il devient essentiel de comprendre comment les décisions d'usage des terres contribuent à la déstabilisation des systèmes, afin d'orienter la production alimentaire mondiale vers des impacts plus faibles.

Cette thèse répond à une lacune majeure : l'absence de modélisation contrefactuelle fondée sur les processus des émissions carbone liées au LULUC. Alors que l'ACV conséquentielle requiert que les impacts soient définis comme la différence entre un monde avec et un monde sans une demande donnée en produits agricoles, les pratiques actuelles de l'ACV reposent largement sur des méthodes statiques, rétrospectives et fondées sur des règles, qui ne permettent pas de capturer les dynamiques des écosystèmes<sup>4</sup>.

L'innovation centrale du projet réside dans l'intégration de modèles de surface, principalement ORCHIDEE<sup>5</sup>, afin de simuler explicitement des scénarios contrefactuels d'usage des terres. Ce cadre permettra de modéliser les trajectoires de carbone selon une trajectoire factuelle avec demande en terres et une trajectoire contrefactuelle dans laquelle les écosystèmes évoluent sans cette demande.

En s'appuyant sur la capacité des modèles de surface et des modèles de culture à simuler les interactions sol-végétation-atmosphère sous différentes conditions climatiques et d'usage des terres, le projet produira des dynamiques de carbone spatialement explicites, dépendantes du temps et du climat. Cela permettra de

<sup>1</sup> 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>

<sup>2</sup> <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>

<sup>3</sup> <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90386-8.00001-2>

<sup>4</sup> <http://hdl.handle.net/10138/37049>

<sup>5</sup> <https://doi.org/10.1029/2003GB002199>

dériver des facteurs d'émission liés au LULUC cohérents avec la définition fondamentale de l'impact en ACV conséquentielle.

La thèse se situe à l'interface entre deux domaines complémentaires :

- la modélisation biophysique, utilisant des modèles de surface pour simuler les dynamiques de carbone des écosystèmes sous changement climatique ;
- le développement conceptuel et méthodologique en ACV conséquentielle, afin de traduire ces dynamiques en indicateurs d'impact robustes et pertinents pour l'aide à la décision.

Le ou la candidat-e sera encadré-e conjointement par des experts de chacun de ces domaines, garantissant à la fois une modélisation des processus à l'état de l'art et un développement rigoureux du cadre méthodologique en ACV. Les principaux défis scientifiques incluent :

- la définition d'états initiaux et de référence cohérents des écosystèmes et la construction de scénarios contrefactuels d'évolution des terres sous différentes trajectoires climatiques ;
- la modélisation conceptuelle permettant de traduire des flux dynamiques de carbone en métriques d'impact compatibles avec l'ACV conséquentielle, et la quantification des incertitudes liées à la structure des modèles, aux paramètres et aux projections climatiques.

Le résultat attendu est un nouveau cadre méthodologique pour le LULUC en ACV conséquentielle, soutenu par des facteurs d'émission dynamiques et spatialisés pour la transformation et l'occupation des terres, ainsi qu'un traitement transparent des incertitudes. Plus largement, ce travail contribue à un changement de paradigme vers une évaluation dynamique, prospective et contrefactuelle des impacts liés à l'usage des terres, fondée sur la modélisation des écosystèmes basée sur les processus.

## PROFIL

Nous recherchons une personne curieuse et proactive, motivée par la recherche et titulaire d'un diplôme de Master (M2).

Une expérience en modélisation quantitative est requise, qu'il s'agisse de modélisation de surface continentale, de modélisation de la dynamique des écosystèmes ou d'ACV. Une expérience dans les deux domaines (modélisation biophysique et ACV) n'est pas exigée, mais un intérêt pour faire le lien entre ces deux disciplines est attendu.

Les candidat-es doivent maîtriser l'anglais.

## ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

La thèse sera co-dirigée par un duo interdisciplinaire : Nicolas Viovy (LSCE, CEA), membre de l'équipe de développement d'ORCHIDEE et spécialiste de la modélisation biogéochimique, et Pierre Jouannais (INRAE), dont les recherches portent sur l'évolution des méthodologies d'ACV vers des approches conséquentielles et prospectives. Le doctorant ou la doctorante pourra être accueilli-e au sein de l'équipe ELSA à Montpellier ou à Paris-Saclay, selon son profil et ses préférences.

### ↳ Informations pratiques

- Localisation : Montpellier et/ou Paris-Saclay
- Contrat : Thèse
- Durée : 36 mois
- Début : Automne 2026
- Salaire : 2700€ brut mensuel

### ↳ Candidater

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

[pierre.jouannais@inrae.fr](mailto:pierre.jouannais@inrae.fr)

et

[nicolas.viovy@lsce.ipsl.fr](mailto:nicolas.viovy@lsce.ipsl.fr)

Date limite : **26 June 2026**