

OFFRE DE STAGE – INRAE x Feutre Fertile

Etude des bioprocédés de prétraitement pour une valorisation durable de la laine ovine et la production de paillages horticoles biodégradables

Contrat : Stage

Durée : 6 mois

Début du contrat : 01/11/2026

Rémunération : 4,5€/h

Date limite : 01/03/2027

Présentation d'INRAE

L'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) est un établissement public de recherche rassemblant une communauté de travail de 12 000 personnes, avec 272 unités de recherche, de service et expérimentales, implantées dans 18 centres sur toute la France. INRAE se positionne parmi les tout premiers leaders mondiaux en sciences agricoles et alimentaires, en sciences du végétal et de l'animal. Ses recherches visent à construire des solutions pour des agricultures multi-performantes, une alimentation de qualité et une gestion durable des ressources et des écosystèmes.

Présentation de l'UR OPAALE

L'UR Opaale est une unité de recherche propre du Centre INRAE Bretagne-Normandie, située à Rennes-Beauregard. Les activités de recherche d'OPAALÉ visent à concevoir des systèmes durables pour la transformation et la valorisation des biomasses cultivées, alimentaires et résiduelles, adaptés à leurs contextes territoriaux. Ces recherches s'appuient sur le développement de connaissances, méthodes et solutions en termes de caractérisation des biomasses, de procédés de transformation et de modèles numériques associés et d'évaluation technique, environnementale et sanitaire.

Présentation de Feutre fertile

Feutre Fertile est une jeune entreprise qui a l'ambition de réduire l'empreinte environnementale des filières des cultures végétales en remplaçant le plastique et la tourbe par la laine et d'autres matières naturelles mal valorisées. Elle travaille, entre autres, à la mise au point d'un procédé technologique de décontamination et de façonnage, de la laine de mouton, un coproduit agricole largement sous-valorisé pour produire des solutions de paillages biodégradables.

Environnement de travail, missions et activités

Contexte

La transition agroécologique et la réduction de l'usage des plastiques en agriculture constituent aujourd'hui des enjeux majeurs pour les filières agricoles et horticoles. Les bâches plastiques utilisées pour le paillage des cultures permettent de limiter l'évaporation de l'eau, de réguler la température du sol et de contrôler les adventices. Cependant, ces matériaux présentent des impacts environnementaux importants liés à leur fabrication à partir de ressources fossiles et aux difficultés de gestion des déchets en fin de vie. Dans ce contexte, le développement de **solutions de paillage biodégradables issues de ressources renouvelables** représente une voie prometteuse.

Parallèlement, la laine de mouton constitue un **coproduit agricole largement sous-valorisé** dans de nombreux territoires européens. La baisse de la demande textile et le coût élevé des opérations de nettoyage et de transformation conduisent aujourd'hui à considérer une grande partie de cette laine comme un résidu à faible valeur économique. Pourtant, la laine possède des propriétés intrinsèques particulièrement intéressantes pour des applications agronomiques : **fort pouvoir isolant, capacité de rétention d'eau élevée, richesse en azote, en soufre et biodégradabilité naturelle**. Ces caractéristiques en font un matériau potentiellement adapté à la conception de paillages horticoles biosourcés capables de remplacer les films plastiques conventionnels.

Une jeune entreprise innovante, Feutre Fertile, souhaite développer un **paillage horticole à base de laine brute**, permettant à la fois de valoriser cette ressource locale et de proposer une alternative durable aux plastiques agricoles. Toutefois, un verrou majeur limite aujourd'hui cette valorisation : la laine issue de la tonte contient **jusqu'à 40 % d'impuretés**, composées notamment de suint (graisses naturelles), de résidus végétaux (paille), de déjections animales et de particules minérales. Ces contaminants rendent la transformation difficile et nécessitent le développement de **procédés de prétraitement performants, économiquement viables et respectueux de l'environnement**.

L'objectif de ce projet de stage, en collaboration entre Feutre Fertile et INRAE, est d'**identifier et de développer des stratégies innovantes de traitement de la laine brute**, permettant l'élimination ou la valorisation des impuretés tout en préservant les propriétés fonctionnelles des fibres destinées à des applications horticoles.

À terme, ce travail pourrait contribuer à **structurer une nouvelle filière de valorisation territoriale**, combinant économie circulaire, réduction des déchets agricoles et substitution de matériaux plastiques en horticulture. En mobilisant des compétences en **caractérisation des biomasses, génie des procédés et valorisation de matières organiques**, ce projet s'inscrit pleinement dans les enjeux actuels de transition écologique et de développement de solutions biosourcées pour l'agriculture.

Vos missions consisteront à :

La première étape consistera en une **analyse approfondie de l'état de l'art** concernant les procédés de traitement et de purification de la laine brute. Cette étude inclura les technologies historiquement utilisées dans l'industrie lainière (lavage alcalin, extraction du suint), mais également des approches plus récentes inspirées du traitement des biomasses organiques complexes ou des procédés de dépollution. Une attention particulière sera portée aux procédés présentant un **potentiel**

d'innovation, une faible consommation de ressources et une compatibilité avec une mise en œuvre technico-économique à l'échelle territoriale.

La deuxième étape visera à réaliser **une caractérisation physico-chimique détaillée de la laine brute**. L'objectif sera d'identifier précisément la nature et la proportion des différentes fractions composant la laine brute et ses contaminants. Des analyses globales permettront de quantifier les grandes familles de composés (lipides, protéines, polysaccharides), tandis que des analyses plus spécifiques permettront d'accéder à des informations structurales telles que les profils en acides gras du suint ou la nature des fractions organiques associées aux fibres. Cette étape est essentielle pour **mieux comprendre les interactions entre la fibre et ses contaminants** et orienter le choix des stratégies de traitement. Une attention particulière sera portée aux contaminations microbiologiques, à la présence ou l'absence de certaines populations microbiennes indésirables (*Clostridium* sp., *Bacillus* sp. a minima)

Enfin, la troisième étape consistera à conduire **des essais expérimentaux de prétraitement de la laine à l'échelle laboratoire**. L'utilisation d'un réacteur pilote permettra d'évaluer la capacité de ces procédés à séparer et dégrader les fractions lipidiques et organiques indésirables, tout en préservant la structure fibreuse de la laine tout en minimisant son humidification.

Au-delà de l'élimination des contaminants, cette approche pourrait également ouvrir des perspectives de **valorisation des coproduits extraits**, notamment le suint riche en lipides et en acides gras, susceptible de constituer une ressource pour d'autres applications industrielles.

Les résultats attendus de cette étude exploratoire permettront :

- D'identifier les **verrous scientifiques et technologiques** associés au traitement de la laine brute,
- D'évaluer la **faisabilité de procédés innovants de purification**,
- De poser les bases d'un **projet de recherche plus ambitieux** visant le développement d'une filière intégrée de valorisation de la laine ovine.

Formation et compétences :

Formations de type génie des procédés/bioprocédés/ingénieur agro

Rigueur et autonomie, goût pour l'expérimentation en laboratoire, la collecte et l'interprétation de données scientifiques. Bonnes capacités de rédaction et de présentation orale. Anglais technique (lecture de publications scientifiques).

Lieu et encadrement

- Lieu de réalisation du stage :
 - UR OPAALE (Rennes) ou au Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (Narbonne)
- Encadrants :
 - Pascal Peu, Anne-Cecile Santellani (OPAALE)
 - Clément Van Vlierberghe (LBE)
 - Laurent Arnoult (Feutre fertile)
- Durée : 6 mois, à partir de l'automne 2026.
- Rémunération : 4.5€/h

Candidature

Merci d'adresser votre dossier de candidature constitué d'un CV et d'une lettre de motivation aux adresses suivantes :

- laurent@feutre-fertile.fr
- anne-cecile.santellani@inrae.fr
- pascal.peu@inrae.fr ;
- clement.van-vlierberghe@inrae.fr