



# ÉCOLE DOCTORALE

## SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

ed560.stepup@u-paris.fr

---

**Subject title: *Solutions for sustainable and healthy food systems : global-scale data analysis and modelling of the environmental and health outcomes of agri-food production and trade***

Advisor: **DALIN, Carole, Researcher, [carole.dalin@ens.psl.eu](mailto:carole.dalin@ens.psl.eu)**

Second Advisor/ Supervisor:

**GUENET, Bertrand, CR, [guenet@biotite.ens.fr](mailto:guenet@biotite.ens.fr)**

Host lab/ Team :

**ENS- Laboratoire de Géologie de l'ENS- UMR 8538**

**Group led by Carole DALIN, PI of the ERC-funded project FLORA (ERC StG 101039402)**

Financing: Doctoral contract without teaching assignment

---

### **Presentation of the subject:** (Maximum 2 pages)

This doctoral research position is part of the **FLORA project ("Sustainable and healthy food solutions: system dynamics and trade-offs")**, funded by the **European Research Council (ERC)** and led by Carole DALIN (webpage: <https://gershwin.ens.fr/dalin/>), in the **Geosciences Department of the Ecole normale supérieure (ENS)**, in the centre of Paris.

The selected candidate will join the FLORA research team, collaborating with Dr Dalin and other researchers in the team, department and beyond, to address one of the project's main research questions:

Q1. How far are current global food systems from environmental sustainability and health goals?

Q2. What threats and opportunities exist for future global food systems?

Q3. What targeted interventions will be most beneficial for food systems sustainability and health?

#### Research context:

Food systems are crucial to end hunger, but also to mitigate and adapt to climate change, to protect and restore biodiversity, to ensure human health and well-being, to end poverty, and to support sustainable communities. While hunger has receded, food systems are causing increasingly severe damage to our environment and health. The FLORA project will contribute to a transformation of global agri-food production, trade, and consumption necessary to achieve sustainable and healthy food systems.

The project will create essential evidence to identify and implement the shifts in practices and behaviours needed to effectively achieve this transformation, by (1) **making a diagnosis of the integrated health and environmental outcomes of food systems globally, from the production and consumption perspectives, with innovative measures of sustainability**, (2) **identifying key threats and opportunities with system dynamics and complex network analyses**, and (3) **targeting and evaluating tailored solutions with an inter-disciplinary modelling framework**.

The project will enable the identification of most effective, targeted solutions by considering trade-offs, synergies, and dynamics of key food systems components. Global in scope, it sets the ambitious goal to overcome barriers in current approaches by taking a systemic approach and establishing a robust, interdisciplinary framework supported by empirical advancements to tackle complex food systems challenges.

The FLORA project will advance current knowledge by addressing four knowledge gaps that are critical to design and implement effective solutions towards sustainable and healthy food systems: (i) consistent estimation of key environmental impacts and nutritional indicators, and of their interactions, (ii) integration across a range of plant- and animal-based food products, (iii) a systemic approach considering supply, demand and trade, and (iv) detailed spatio-temporal analysis of the systems and their health and environmental outcomes.

The production-based indicators will inform on the level of environmental sustainability of the production

of individual crop and livestock products worldwide, at a high spatial-resolution, considering the pressures of agriculture on four major concerns: land scarcity & terrestrial biodiversity, water scarcity, water pollution & aquatic biodiversity, and climate change.

The project team will apply statistical tools and complex system analysis methods from network theory to study the temporal evolution of indicators, and properties of the food trade network, to reveal where increased strengths or weaknesses are observed.

We will then exploit the diagnosis, interactions and system dynamics analyses done to design interventions options that could benefit the largest population and improve the most outcomes at once. We will develop a multi-disciplinary framework combining environmental and health impact assessment, complex system analysis, economic modelling and multi-objective optimisation to test the consequences of these interventions on the environmental and human health indicators, locally and across the world.

Importantly, within this wide research context, the student will address a more specific research question, to be defined together with the supervisors.

References of related work:

- **Climate change impacts on water sustainability of South African crop production**, Bonetti, S, EH Sutanudjaja, T Mabhaudhi, R Slotow and C Dalin (2022) *Environmental Research Letters*  
<https://www.lmd.ens.fr/dalin/Bonetti2022erl.pdf>
- **Groundwater depletion embedded in international food trade**, Dalin C, Y Wada, T Kastner and M Puma (2017) *Nature*  
<https://www.lmd.ens.fr/dalin/Dalin2017nature.pdf>
- **The environmental footprint of food production**, Halpern B et al. (2022) *Nature Sustainability*  
<https://www.dropbox.com/s/z47qwlfg7cqfy5k/The%20environmental%20footprint%20of%20global%20ood%20production%20Halpern2022.pdf?dl=0>

## SKILLS / QUALIFICATIONS

- Knowledge of environmental science (any scientific or engineering discipline with a grounding in earth and environmental science, agriculture, hydrology, ecology; or mathematics/physics with strong interest in environment)
- Experience or interest in computer programming (e.g. Matlab, R, Python)
- Experience or interest in analysing large (spatial) datasets
- Experience or interest in environmental sustainability; agri-food systems as a major example of human-ecosystem interactions

## MAIN ACTIVITIES

- Research : data collection and analysis, modelling, publishing results in high-quality peer-reviewed articles
- Presenting results at scientific conferences
- Attending the lab activities such as seminars and relevant workshops
- Engage with the team and wider group of colleagues in the lab and partner institutions

## WORK ENVIRONMENT:

The selected candidate will mainly interact with researchers and students from the two laboratories at the Department of Geosciences at ENS: Geology Lab (LG ENS, [link](#)) and Dynamic Meteorology Lab (LMD, [link](#)), as well as with the Centre on Environment and Society at ENS (CERES, [link](#)).

Both LMD and LG ENS labs are parts of the interdisciplinary research federation *Institut Pierre Simon Laplace* (IPSL, [link](#)); a unique place for scientific exchange at the intersection of many areas of expertise in environment.



# ÉCOLE DOCTORALE

## SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

ed560.stepup@u-paris.fr

---

**Titre du sujet : Solutions pour des systèmes alimentaires durables et sains**

Directrice : **DALIN, Carole, Researcher, carole.dalin@ens.psl.eu**

Co-directeur: **GUENET, Bertrand, CR, guenet@biotite.ens.fr**

Equipe d'accueil : **ENS- Laboratoire de Géologie de l'ENS- UMR 8538**

**Groupe mené by Carole DALIN, porteuse du projet ERC FLORA (ERC StG 101039402)**

Financement : **Contrat doctoral sans mission d'enseignement**

---

**Développement du sujet :** (Maximum 2 pages)

Ce contrat doctoral fait partie du **projet FLORA 'Solutions pour des systèmes alimentaires durables et sains: dynamique du système et synergies/antagonismes'** ("Sustainable and healthy food solutions: system dynamics and trade-offs"), financé par le **European Research Council (ERC)** et porté par Carole DALIN (page web: <https://gershwin.ens.fr/dalin/>), au **Département de Géosciences de l'École normale supérieure (ENS)**, à Paris.

La personne sélectionnée rejoindra le groupe de recherche FLORA, et collaborera avec Dr Dalin et d'autres chercheur.e.s dans le laboratoire, département et au-delà, pour travailler sur une des questions principales to du projet:

Q1. Ou se situent les systèmes alimentaires mondiaux actuels relativement aux objectifs de durabilité environnementale et de santé?

Q2. Comment les différents aspects de la durabilité des systèmes alimentaires ont-ils évolué dans le temps? Quelles sont les mécanismes expliquant leur amélioration ou aggravation?<sup>[L1]</sup><sub>[SEP]</sub>

Q3. Quelles solutions ciblées peuvent être les plus bénéfiques, à la fois pour l'environnement et la nutrition?<sup>[L1]</sup><sub>[SEP]</sub>

Contexte scientifique :

Les systèmes alimentaires sont essentiels pour éliminer la faim, mais aussi pour atténuer le changement climatique et s'y adapter, pour protéger et restaurer la biodiversité, pour assurer la santé et le bien-être humains, pour mettre fin à la pauvreté et pour soutenir des communautés durables. Alors que la faim a reculé, les systèmes alimentaires causent des dommages de plus en plus graves à notre environnement et à notre santé. Le projet FLORA contribuera à une transformation de la production, du commerce et de la consommation agroalimentaire mondiaux nécessaire pour parvenir à des systèmes alimentaires durables et sains.

Le projet créera des données probantes essentielles pour identifier et mettre en œuvre les changements de pratiques et de comportements nécessaires pour réaliser efficacement cette transformation, en (1) établissant un diagnostic des résultats sanitaires et environnementaux intégrés des systèmes alimentaires à l'échelle mondiale, du point de vue de la production et de la consommation, avec des **mesures innovantes de durabilité**, (2) identifiant les principales menaces et opportunités grâce à la dynamique du système et aux **analyses de réseau complexes**, et (3) cibler et évaluer des solutions sur mesure à l'aide d'un cadre de **modélisation interdisciplinaire**.

Le projet permettra d'identifier les solutions les plus efficaces et les plus ciblées en tenant compte des compromis, des synergies et de la dynamique des composantes clés des systèmes alimentaires. De portée mondiale, il fixe l'objectif ambitieux de surmonter les obstacles dans les approches actuelles en adoptant une approche systémique et en établissant un cadre interdisciplinaire robuste soutenu par des progrès empiriques pour relever les défis complexes des systèmes alimentaires.

Ce projet novateur s'appuie sur les travaux de Dr Dalin en matière de recherche interdisciplinaire axée sur le système agroalimentaire mondial et ses impacts environnementaux.

L'objectif de ce projet est de faire progresser les connaissances actuelles en levant quatre verrous scientifiques essentiels pour permettre le développement et la mise en œuvre de solutions efficaces en faveur de systèmes alimentaires durables et sains : (i) une estimation cohérente des principaux impacts environnementaux et nutritionnels, ainsi que de leurs interactions, (ii) une intégration de divers produits alimentaires, d'origine végétale et animale, (iii) une approche systémique considérant l'offre, la demande et le commerce, et (iv) une analyse spatio-temporelle détaillée des systèmes alimentaires et de leurs conséquences sur la santé et l'environnement.

Les indicateurs d'impact de la production agricole fourniront des informations sur le niveau de durabilité environnementale de la production de cultures et de produits d'élevage dans le monde entier, à une résolution spatiale élevée, en tenant compte des pressions exercées par l'agriculture sur quatre grandes préoccupations: la **biodiversité terrestre**, les **ressources en eau**, la pollution de l'eau et la **biodiversité aquatique**, et le **changement climatique**.

L'équipe du projet appliquera des outils statistiques et des méthodes d'analyse de systèmes complexes basées sur la théorie des réseaux pour étudier l'évolution temporelle des indicateurs et les caractéristiques du réseau de commerce agro-alimentaire, pour identifier des améliorations ou aggravations.

Nous utiliserons ensuite les analyses de diagnostic, d'interactions et de dynamique du système pour développer des interventions qui pourraient bénéficier à la plus grande population et minimiser simultanément un maximum d'impacts environnementaux ou nutritionnels. Nous développerons un cadre multidisciplinaire combinant l'évaluation de l'impact environnemental et nutritionnel, l'analyse des systèmes complexes, la modélisation économique et l'*optimisation multi-objectif* pour tester les conséquences de ces interventions sur les indicateurs environnementaux et de santé humaine, à l'échelle locale et mondiale.

A noter que dans ce contexte large, l'étudiant.e abordera une question scientifique particulière qui sera définie collectivement.

#### Références des travaux connexes :

- **Climate change impacts on water sustainability of South African crop production**, Bonetti, S, EH Sutanudjaja, T Mabhaudhi, R Slotow and C Dalin (2022) *Environmental Research Letters*  
<https://www.lmd.ens.fr/dalin/Bonetti2022erl.pdf>
- **Groundwater depletion embedded in international food trade**, Dalin C, Y Wada, T Kastner and M Puma (2017) *Nature*  
<https://www.lmd.ens.fr/dalin/Dalin2017nature.pdf>
- **The environmental footprint of food production**, Hapern B et al. (2022) *Nature Sustainability*  
<https://www.dropbox.com/s/z47qwlfg7cqfy5k/The%20environmental%20footprint%20of%20global%20ood%20production%20Halpern2022.pdf?dl=0>

#### Compétences :

- Connaissances dans toute discipline scientifique fondée sur les sciences de la terre et de l'environnement, l'agriculture, hydrologie, écologie, ou mathématiques / physique avec un intérêt particulier pour les sujets de durabilité environnementale
- Expérience ou intérêt pour la programmation informatique (par exemple, Matlab, R, Python)
- Expérience ou intérêt pour l'analyse de grands ensembles de données (spatiales)
- Expérience ou intérêt pour la durabilité environnementale ; les systèmes agroalimentaires comme exemple majeur des interactions humains-écosystèmes

#### Activités principales:

- Recherche : collecte et analyse de données, modélisation, publication des résultats dans des articles de haute qualité évalués par des pairs
- Présentation des résultats lors de conférences scientifiques
- Assister aux activités du laboratoire telles que des séminaires et des ateliers pertinents
- Engage with the team and wider group of colleagues in the lab and partner institutions

## ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Le/la candidat.e sélectionné.e interagira principalement avec des chercheur.e.s et des étudiant.e.s des deux laboratoires du Département des géosciences de l'ENS : le *Laboratoire de Météorologie Dynamique* (LMD, lien) et le *Laboratoire de Géologie de l'ENS* (LG ENS), ainsi qu'avec le *Centre de formation sur l'environnement et la société* de l'ENS (CERES). En particulier, ce projet offre des possibilités de collaboration avec l'équipe Surface et Réservoir du LG ENS.

Les laboratoires LMD et LG ENS font partie de la fédération de recherche interdisciplinaire *Institut Pierre Simon Laplace* (IPSL); un lieu unique d'échanges scientifiques à l'intersection de nombreux domaines d'expertise en environnement.