

Mirror doctoral project - Information Sheet



Project Title & Acronym	WEED dynamics in agricultural landSCAPEs: spatio-temporal patterns and pollination-based mechanisms (WEEDSCAPE)
Scientific Co-Directors	Elena Kazakou, Alexis Joly, Guillaume Fried, Christophe Botella
Doctoral Project 1	Pollination dependence and weed dynamics: disentangling the effects of farming practices, invasive species and pollinator decline on rare segetal plants
Phd Supervisor 1	Elena Kazakou
Research Unit 1	UMR CEFE
Doctoral School 1	ED Gaïa
Doctoral Project 2	Data integration and deep learning to model weed dynamics in agricultural landscapes
Phd Supervisor 2	Alexis Joly
Research Unit 2	LIRMM - UMR 5506
Doctoral School 2	ED I2S



This project was supported by French government funding managed by the National Research Agency (ANR) under the France 2030 program, with the reference ANR-21-SFRI-0004.





What Is An IDIL Mirror Doctoral Project?

A mirror doctoral project bridges **two distinct disciplinary theses** within a **shared multidisciplinary research framework**.

The objective is to tackle a single research project through the lens of **two different disciplines to foster multidisciplinary**. This requires utilizing the specific methods and references inherent to each of the fields involved.

For the Fall 2026 intake, the IDIL Graduate Program is funding **six mirror doctoral projects**, representing a total of **12 three-year doctoral contracts**.

Theses are funded from the outset for **3 years**, including the PhD student's salary and an environmental allowance.

Application procedure

To apply for an IDIL mirror doctoral contract, candidates must complete and **submit their application before the deadline using the form on our website**:

<https://idil.edu.umontpellier.fr/candidatures-phd-contrats-doctoraux-en-miroir-idil-2026/>

Since each IDIL mirror doctoral project integrates two different contracts in two distinct disciplines, candidates must **specify on the form which doctoral subject (A or B)** within the project they are applying for.

PhD Start Date: October 1st, 2026

PhD End Date: September 30th, 2029

Application Requirements

All documents must be submitted in **PDF format** for evaluation.

Mandatory Documents:

- **Cover letter**, signed and dated.
- **Curriculum Vitae (CV)**.
- **Academic transcripts** for L3, M1, and M2 (or all years of an equivalent degree, such as an Engineering degree) **including your ranking**. These transcripts must be combined into a **single PDF file**.

Optional Documents:

- Letter(s) of recommendation.

PhD Subjects & Applicant Requirements

WEEDSCAPE: WEED dynamics in agricultural landSCAPEs: spatio-temporal patterns and pollination-based mechanisms

PHD SUBJECT A – LIFE & ENVIRONMENTAL SCIENCES, SCIENCE & TECHNOLOGY (GAIA)

Pollination dependence & weed dynamics: disentangling the effects of farming practices, invasive species & pollinator decline on rare segetal plants

Desired Candidate Profile:

The candidate should have a strong background in ecology and agronomy, and a solid understanding of community and functional ecology. A good understanding of agricultural practices and their impact on plant communities is essential. Familiarity with arable plant species, particularly segetal species (“messicoles”), would be considered a significant asset. They should also have strong skills in statistics, programming (R) and the management of large datasets. Experience of fieldwork would also be highly advantageous. The candidate should be comfortable working across disciplines and demonstrate a strong interest in interdisciplinary research.

PHD SUBJECT B – Information, Structures & Systems (I2S)

Data integration and deep learning to model weed dynamics in agricultural landscapes

Desired Candidate Profile:

The candidate must have a strong background in data science and demonstrate knowledge of and an interest in ecology or agronomy, or vice versa. An understanding of deep learning concepts, models and algorithms would be an advantage. They must also have good programming skills in Python or R and be keen to work within a highly interdisciplinary team.

Should you require any additional information, please contact the PhD supervisors or the IDIL team at the following email addresses:

- Elena Kazakou (PhD Supervisor – Subject A) : eleni.kazakou@umontpellier.fr
- Alexis Joly (PhD Supervisor – Subject B) : alexis.joly@umontpellier.fr
- Administrative team : idil-team@umontpellier.fr

Résumé du projet

Titre : *Dynamique des adventices dans les paysages agricoles : schémas spatio-temporels et mécanismes liés à la pollinisation*

Mots-clés : *Écologie, Agronomie, Statistiques, Apprentissage machine*

Résumés des projets de thèses (FR – max. 4000 caractères, espaces compris) : *Les adventices constituent un élément clé des agroécosystèmes, contribuant non seulement à la biodiversité des cultures, mais aussi à des services écosystémiques tels que la pollinisation. Ces dernières décennies ont été marquées par des changements généralisés dans les paysages agricoles, notamment l'intensification, l'agrandissement des parcelles et la réduction de la diversité des habitats. Ces transformations ont entraîné des réactions contrastées parmi les espèces d'adventices: De nombreuses plantes messicoles rares ont vu leur population décliner, tandis que les espèces généralistes ou envahissantes se sont multipliées. Comprendre les facteurs écologiques et fonctionnels à l'origine de ces dynamiques est essentiel pour concevoir des systèmes agricoles qui préservent à la fois la biodiversité et les services écosystémiques essentiels. Le projet WEEDSCAPE vise à étudier la dynamique des mauvaises herbes dans les paysages agricoles en combinant une modélisation spatio-temporelle à grande échelle avec des approches écologiques fonctionnelles et basées sur les interactions. Il aborde trois questions principales : (i) comment la présence des espèces de mauvaises herbes évolue-t-elle dans l'espace et dans le temps, (ii) comment la structure du paysage et les pratiques agricoles influencent-elles ces tendances, et (iii) comment la dynamique des mauvaises herbes est-elle liée au mode de pollinisation et aux interactions plante-pollinisateur, en particulier pour les espèces messicoles rares. Deux thèses de doctorat traiteront ces questions simultanément à l'aide d'approches complémentaires à différentes échelles.*

La **thèse A** adopte une perspective fonctionnelle centrée sur la pollinisation. À partir de suivis à long terme de parcelles et des traits fonctionnels des espèces adventices, elle visera à déterminer si les tendances temporelles d'occupation des adventices diffèrent selon le mode de pollinisation, et si les espèces messicoles en déclin sont proportionnellement plus nombreuses parmi celles pollinisées par les insectes. Le projet évaluera en outre comment le paysage et les pratiques agricoles influencent la présence et la persistance des espèces messicoles rares. Enfin, la thèse comprend une étude de terrain sur les réseaux d'interaction plante-pollinisateur pour une ou deux espèces messicoles rares en Occitanie. L'échantillonnage d'insectes, de la charge pollinique, couplés à l'analyse de métriques de réseaux de pollinisation, permettront d'identifier les principaux pollinisateurs et d'évaluer comment les interactions sont affectées par la présence d'adventices envahissantes aussi pollinisées par les insectes.

La **thèse B** porte sur la modélisation spatio-temporelle des distributions d'adventices et vise une large couverture spatiale et taxonomique grâce à l'intégration de données hétérogènes: relevés de végétation standardisés et observations de sciences citoyennes en présence-seule (PI@ntNet, iNaturalist). L'objectif est de combler les lacunes des relevés de végétation pour des centaines d'espèces et d'utiliser l'apprentissage profond pour capturer et qualifier l'influence de la dynamique des paysages, au travers de l'imagerie satellite, sur la persistance des adventices.

L'articulation des deux thèses permet de lier des patrons globaux de biodiversité à des mécanismes écologiques fins, fournissant des leviers pour une agriculture respectueuse des pollinisateurs.

CONTENU SCIENTIFIQUE

Thématique : *Agroécologie, Biodiversité*

Domaine : *Écologie, Agronomie, Statistiques, Apprentissage machine*

Contexte scientifique : *Les paysages agricoles ont subi des transformations majeures (remembrement, simplification, intensification), entraînant le déclin des plantes messicoles rares au profit d'espèces généralistes ou invasives. Pourtant, les adventices sont essentielles au fonctionnement des agroécosystèmes, notamment*

en fournissant des ressources florales aux pollinisateurs. Pour aller au delà de l'effet des pratiques agricoles au champ, il est crucial de comprendre comment la dynamique du paysage agricole et des pollinisateurs influencent les communautés d'adventices pour assurer la durabilité des systèmes de culture.

Objectifs :

- Documenter les tendances récentes d'occupation pour un large spectre d'espèces adventices à travers différents types de cultures, en comblant les vides de connaissance, e.g., dans les cultures permanentes.
- Identifier l'influence de la structure du paysage agricole, des pratiques de gestion et du mode de pollinisation sur la dynamique temporelle des adventices, en particulier des espèces messicoles rares.
- En se focalisant sur quelques espèces messicoles rares, étudier leur réseau de pollinisateurs et son changement en réponse à une espèce adventice envahissante.

Méthodes :

Thèse A: Ce doctorat combine des analyses à grande échelle et des travaux de terrain pour étudier le rôle de la pollinisation dans la dynamique des adventices. Des données de suivi à long terme seront couplées à des traits fonctionnels et à des variables paysagères et agricoles afin d'identifier les facteurs influençant les tendances des espèces, en particulier les végétales rares dépendantes des insectes. En parallèle, des études de terrain en Occitanie analyseront les réseaux plante-pollinisateur d'une à deux espèces cibles à partir d'observations, d'échantillonnages d'insectes et d'analyses de pollen, afin d'identifier les pollinisateurs clés et d'évaluer l'impact des adventices invasives sur ces interactions.

Thèse B : Un travail bibliographique combiné à l'analyse de relevés de végétation existants (agrégés dans le projet FELLOW) et de données massives de sciences citoyennes permettra d'identifier les espèces d'adventices peu étudiées qui pourront bénéficier de l'intégration de données. En nous appuyant sur des travaux déjà en cours, nous adapterons des modèles intégrés de distribution d'espèces (basés sur les processus ponctuels probabilistes) à des réseaux de neurones adaptés au traitement de séries d'images satellites (convolutifs, transformers). Cette approche sera comparée à des approches plus simples capturant l'effet du paysage via des métriques paysagères prédéfinies. Des études d'ablation permettront de quantifier l'importance vis-à-vis d'autres facteurs environnementaux (e.g. climat), et les méthodes d'explication de l'IA (e.g. valeurs de Shapley) permettront d'explorer les patrons de paysage impactant les communautés d'adventices.

Résultats attendus :

Thèse A: Les adventices pollinisées par les insectes devraient décliner davantage que celles pollinisées par le vent ou autofécondées, les espèces végétales rares étant particulièrement dépendantes des insectes, contrairement aux espèces envahissantes souvent généralistes. L'hétérogénéité du paysage et des pratiques agricoles extensives pourraient atténuer ces déclin. À l'échelle locale, les adventices invasives pourraient perturber les réseaux de pollinisation ; ce travail identifiera les pollinisateurs clés, évaluera la vulnérabilité de la pollinisation et proposera des recommandations pour la conservation.

Thèse B: L'intégration des données massives de science citoyenne avec les relevés de végétations devrait permettre d'obtenir des tendances temporelles d'occupation fiables pour de nombreuses espèces adventices non documentées jusque-là et pour des contextes agricoles peu étudiés, comme les cultures permanentes, pour la période 2016-2025. Le travail devrait aussi permettre d'évaluer l'importance prédictive relative du paysage et d'autres facteurs environnementaux sur la dynamique de la flore adventice à large échelle. De plus, les développements viseront à proposer une méthode d'apprentissage de l'effet paysage sur la dynamique des plantes basée sur l'intégration d'observations hétérogènes des espèces et sur l'apprentissage profond. Combinée avec les outils d'explication de l'IA, cette méthode pourrait aboutir à la découverte de patrons de paysage qui favorisent la persistance de la flore adventice.

Références bibliographiques (optionnel) :

- Botella, C., Joly, A., Bonnet, P., Monestiez, P., & Munoz, F. (2018). A deep learning approach to species distribution modelling. In Multimedia tools and applications for environmental & biodiversity informatics (pp.

169-199). Cham: Springer International Publishing. 10.1007/978-3-319-76445-0_10

- Botella, C., Joly, A., Monestiez, P., Bonnet, P., & Munoz, F. (2020). Bias in presence-only niche models related to sampling effort and species niches: Lessons for background point selection. *PLoS One*, 15(5), e0232078. 10.1371/journal.pone.0232078

-Martin Lefevre, L., Ollivier, M., Kazakou, E., Bopp, M-C., Fried, G. Impacts of Agricultural Intensification on Weed Floral and Competitive Traits: A Spatiotemporal Study in French Vineyards and Annual Crops, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 394 (2025) 109877.

-Fried, G., Blanchet, C., Cazenave, L., Bopp, M-C., Kazakou, E., Metay, A., Christen, M., Alard, D., Cordeau, S. (2022). Consistent response of weeds according to Grime's CSR strategies along a gradient of disturbance and resources in Bordeaux vineyards. *Weed Research* 62, 347-359.

Conditions matérielles de réalisation du projet (incluant, le cas échéant, les conditions de sécurité spécifiques) :

Le projet bénéficiera des jeux de données assemblés par le projet FELLOW (financement CESAB) et d'un accès facilité aux ressources et données de la plateforme PI@ntNet. Les calculs intensifs utiliseront les serveurs d'Inria (Abaca), voire le supercalculateur Jean Zay.

English version

Project's Abstract:

Title: WEED dynamics in agricultural landSCAPEs: spatio-temporal patterns and pollination-based mechanisms (WEEDSCAPE)

Keywords: Ecology, Agronomy, Statistics, Machine Learning

Abstracts of the PhD projects (EN – max. 4000 characters, including spaces): Weeds are a key component of agroecosystems, contributing not only to crop biodiversity but also to essential ecosystem services such as pollination. However, profound transformations of agricultural landscapes over recent decades, including intensification, field enlargement, and reduced habitat heterogeneity, have reshaped weed communities. While many rare segetal species have declined, generalist and invasive weeds have expanded. Understanding the ecological and functional drivers of these contrasting dynamics is crucial for designing farming systems that reconcile production with biodiversity conservation and ecosystem service provision. The WEEDSCAPE project addresses this challenge by combining large-scale spatio-temporal modelling with functional and interaction-based ecological approaches. It aims to answer three main questions: how weed species occupancy changes across space and time, how landscape structure and farming practices drive these changes, and how weed dynamics are linked to pollination modes and plant–pollinator interactions, particularly for rare segetal species. Two complementary doctoral projects are conducted simultaneously, each focusing on a different level of ecological organisation while remaining closely articulated.

The **first PhD** develops a large-scale approach to quantify weed dynamics across broad spatial and taxonomic extents. It integrates standardised vegetation plot data, which are accurate but spatially limited, with large volumes of citizen science observations that provide extensive but biased presence-only data. Using integrated species distribution models, this project estimates weed distributions and temporal trends across undersampled regions and crops. A major innovation lies in incorporating dynamic landscape information derived from high-resolution land-cover maps and satellite time series to capture changing landscape effects. To address the high dimensionality of these datasets, deep learning-based multi-species models are developed, allowing shared responses across species. Model interpretation tools identify landscape configurations and management practices associated with weed persistence or decline.

The **second PhD** focuses on functional mechanisms underlying these dynamics, with particular attention to pollination strategies and plant–pollinator interactions. Using long-term monitoring data and trait databases, this project tests whether demographic trends differ among pollination modes and whether rare segetal species are

disproportionately insect-pollinated. It also examines how landscape context and farming practices affect their occurrence and persistence. A field-based component investigates plant–pollinator interaction networks for focal rare species in Occitanie, identifying key pollinators and assessing the influence of invasive weeds.

Together, these projects provide complementary insights linking landscape dynamics, species traits, and biotic interactions, generating actionable knowledge for agroecology and biodiversity conservation.

SCIENTIFIC CONTENT

Research theme: Agroecology, Biodiversity

Scientific field: Ecology, Agronomy, Statistics, Machine learning

Scientific background: Agricultural landscapes have undergone major transformations (land consolidation, simplification, intensification), leading to the decline of rare field plants in favour of generalist or invasive species. However, weeds are essential to the functioning of agroecosystems, particularly by providing floral resources for pollinators. To look beyond the impact of agricultural practices in the field, it is crucial to understand how the dynamics of the agricultural landscape and pollinators influence weed communities to ensure the sustainability of cropping systems.

Objectives:

-to document recent trends in the distribution of a wide range of weed species across different crop types, thereby filling gaps in our knowledge, e.g., in permanent crops.

-Identify the influence of agricultural landscape structure, management practices and pollination mode on the temporal dynamics of weeds, particularly rare cereal weeds.

-By focusing on a few rare cereal weeds, study their pollinator network and how it changes in response to an invasive weed species.

Methods:

PhD A: This PhD research combines large-scale analyses with fieldwork to study the role of pollination in weed dynamics. Long-term monitoring data will be integrated with functional traits and landscape and agricultural variables to identify the factors influencing species trends, particularly those of rare, insect-dependent grasses. In parallel, field studies in Occitanie will analyse the plant–pollinator networks of one or two target species using observations, insect sampling and pollen analysis, in order to identify key pollinators and assess the impact of invasive weeds on these interactions.

PhD B: A literature review, combined with an analysis of existing vegetation surveys (aggregated within the FELLOW project) and large-scale citizen science data, will enable us to identify under-studied weed species that could benefit from data integration. Building on work already underway, we will adapt integrated species distribution models (based on point-process probability models) to neural networks suited to processing satellite image sequences (convolutional, transformers). This approach will be compared with simpler approaches that capture the effect of the landscape via predefined landscape metrics. Ablation studies will enable us to quantify the importance of this factor relative to other environmental factors (e.g. climate), and AI explanation methods (e.g. Shapley values) will allow us to explore the landscape patterns affecting weed communities.

Expected results:

PhD A: Insect-pollinated weeds are expected to have declined more than wind- or self-pollinated species, with rare segetal plants being particularly dependent on insect pollination, while invasive species are more often generalist or self-pollinated. Landscape heterogeneity, semi-natural habitats, and low-intensity or organic practices are expected to buffer these declines by supporting pollinators, helping identify favorable conditions for conservation. At the local scale, pollination networks of rare species may be disrupted by invasive weeds; this

work will identify key pollinators, assess pollination vulnerability, and highlight companion species that support pollination, providing concrete conservation recommendations.

PhD B: The integration of large-scale citizen science data with vegetation surveys should enable the identification of reliable temporal trends in the distribution of many previously undocumented weed species and in understudied agricultural contexts, such as permanent crops, for the period 2016–2025. The work should also enable an assessment of the relative predictive importance of landscape and other environmental factors on weed dynamics at a large scale. Furthermore, the research will aim to propose a method for learning the effect of landscape on plant dynamics based on the integration of heterogeneous species observations and deep learning. Combined with AI explanation tools, this method could lead to the discovery of landscape patterns that favour the persistence of weed flora.

References (optional):

- Botella, C., Joly, A., Bonnet, P., Monestiez, P., & Munoz, F. (2018). A deep learning approach to species distribution modelling. In *Multimedia tools and applications for environmental & biodiversity informatics* (pp. 169-199). Cham: Springer International Publishing. 10.1007/978-3-319-76445-0_10.
- Botella, C., Joly, A., Monestiez, P., Bonnet, P., & Munoz, F. (2020). Bias in presence-only niche models related to sampling effort and species niches: Lessons for background point selection. *PLoS One*, 15(5), e0232078. 10.1371/journal.pone.0232078.
- Martin Lefevre, L., Ollivier, M., Kazakou, E., Bopp, M-C., Fried, G. Impacts of Agricultural Intensification on Weed Floral and Competitive Traits: A Spatiotemporal Study in French Vineyards and Annual Crops, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 394 (2025) 109877.
- Fried, G., Blanchet, C., Cazenave, L., Bopp, M-C., Kazakou, E., Metay, A., Christen, M., Alard, D., Cordeau, S. (2022). Consistent response of weeds according to Grime's CSR strategies along a gradient of disturbance and resources in Bordeaux vineyards. *Weed Research* 62, 347-359.

Material conditions for the project (including specific safety conditions, if applicable):

Le projet s'appuiera sur les jeux de données du projet FELLOW et bénéficiera d'un accès aux ressources de la plateforme PI@ntNet. Les analyses intensives seront réalisées sur les serveurs d'Inria (Abaca) et, si nécessaire, sur le supercalculateur Jean Zay.

THE UNIVERSITY OF MONTPELLIER

KEY FIGURES

51857
students



73
research facilities

15
technology platforms

657
National and
institutional diplomas

17
faculties, schools and
institutes

9
doctoral schools

TOP 200
in the Shanghai
ranking

5132 employees
including **2818** teachers, researchers and research assistants

7800
scientific publications
in 2022

RESEARCH CENTERS

From space exploration and robotics to ecological engineering and chronic diseases, UM researchers are inventing tomorrow's solutions for mankind and the environment. Dynamic research, conducted in close collaboration with research organizations and benefiting from high-level technological platforms to meet the needs of 21st century society.

The UM is committed to promoting its cutting-edge research by forging close links with local industry, particularly in the biomedical and new technologies sectors.

More Information: <https://www.umontpellier.fr/en/recherche/unites-de-recherche>

SCIENTIFIC APPEAL

Open to the world, the University of Montpellier contributes to the structuring of the European higher education area, and strengthens its international positioning and attractiveness, in close collaboration with its partners in the I-SITE Program of Excellence, through programs adapted to the major scientific challenges it faces.

More Information: <https://www.umontpellier.fr/en/international/attractivitescientifique>