

TITRE DU PROJET (limité chacun à 255 caractères) Quelle contribution de l'élevage à la gestion agroécologique des adventices en grande culture ?

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : MOREAU

Prénom : Delphine

Section CNU : 67 Biologie des populations et écologie

Grade : Directrice de recherche

HDR : Date de soutenance : 12/12/2017 ; Discipline : Biologie des populations et écologie

L'HDR devra être soutenue, ou sa soutenance autorisée, au moment du dépôt du présent projet.

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) :

INRAE Centre de Bourgogne-Franche-Comté 17 rue Sully, BP 86510 21065 DIJON Cédex

delphine.moreau@inrae.fr, 03 80 69 36 69

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) :

UMR1347 Agroécologie, Fabrice Laurent-Martin

Co-directeur de thèse éventuel :

Nom : IBIDHI

Prénom : Ridha

Section CNU : Section CNECA n° 6

Grade : Enseignant-chercheur (maître de conférences)

HDR : non ☒ ; oui ☐ Date de soutenance..... Discipline :

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : L'Institut Agro Dijon 26 bd Dr Petitjean - BP 87999 - 21079 DIJON

Cedex / ridha.ibidhi@agrosupdijon.fr ; 03 80 77 27 86

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : UMR1347 Agroécologie, Fabrice Laurent-Martin

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- **nom et label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu) :** UMR Agroécologie (Pole ADVENSYS, Equipe Système)

- **localisation :** INRAE Centre de Bourgogne-Franche-Comté (Dijon)

- **nom du directeur de thèse et du co-directeur s'il y a lieu :** Delphine Moreau (directrice de thèse) & Ridha IBIDHI

- **adresse courriel du contact scientifique :** delphine.moreau@inrae.fr

- **titre du projet :** Quelle contribution de l'élevage à la gestion agroécologique des adventices en grande culture ?
Approche par modélisation et simulation.

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

Description du projet (2 pages maximum)

1. Contexte

En grande culture, les adventices (« mauvaises herbes ») sont un bioagresseur majeur, pouvant générer de fortes pertes de rendement et de qualité des récoltes [1]. D'un autre côté, elles constituent aussi l'essentiel de la biodiversité végétale des paysages agricoles et offrent une ressource trophique pour d'autres composantes de la biodiversité [2]. La gestion des adventices doit donc cibler les adventices les plus nuisibles. Comme aucune technique curative individuelle n'est aussi efficace que les herbicides, la gestion agroécologique de ces adventices nécessite de combiner l'ensemble des composantes du système de culture, et de mobiliser des mécanismes de régulation biologique (e.g. compétition pour les ressources, interactions allélopathiques² entre plantes, prédation par des organismes auxiliaires ou des animaux d'élevage) [3].

Reconnecter productions végétales et animales pourrait s'inscrire dans cette optique. Si utiliser des engrais organiques d'origine animale (vs. minéraux) et boucler les cycles biogéochimiques sont des services classiquement recherchés, en particulier en agriculture biologique, des bénéfices pour la gestion des adventices pourraient être associés, avec (i) plus de possibilités de diversifier et d'allonger les rotations culturales, en intégrant des cultures fourragères et notamment des prairies temporaires, dont les bénéfices sur la régulation des adventices sont connus [4] et (ii) la possibilité de favoriser la régulation biologique des adventices par prédation (défoliation) lors du pâturage, pendant les périodes d'interculture et de prairies temporaires [5]. Cependant, les références sur les effets de cette reconnexion sur la régulation des adventices sont peu nombreuses en grande culture. Comme en cultures pérennes³, l'efficacité du pâturage varie probablement selon le type d'animaux, ainsi que selon les modalités du pâturage, la flore adventice, les systèmes de culture et le pédoclimat. En outre, la fertilisation à base de déjections animales pourrait avoir des effets indésirables, en tant que source de semences adventices (ingérées, non digérées puis restituées) susceptibles d'augmenter le stock et la diversité des semences adventices du sol [6]. Enfin, modifier la forme d'engrais azoté (minéral -> organique) pourrait impacter la dynamique de l'azote du sol, avec des conséquences possibles sur la régulation biologique des adventices par compétition pour les ressources [7].

Ainsi, quel rôle l'élevage pourrait jouer dans la gestion agroécologique des adventices est une question ouverte, insuffisamment investiguée pour plusieurs raisons. D'une part, les effets sur les adventices font intervenir différentes composantes (rotation culturale, fertilisation, pâturage, apports de semences par les déjections animales) dont les effets sont difficiles à dissocier. D'autre part, la dynamique des adventices résulte d'effets complexes des systèmes de culture, étant donné (i) la diversité des pratiques culturales et des contextes (sol, climat, flore adventice), et (ii) la longue échelle de temps associée à la survie des adventices dans le stock de semences du sol (impliquant qu'une opération culturale une année donnée peut impacter les années suivantes).

Les modèles mécanistes de simulation sont des outils précieux pour quantifier, à différentes échelles de temps (y compris long terme), des variables/mécanismes qui sont difficiles à mesurer sur le terrain. Ils offrent une opportunité pour analyser et démêler des interactions complexes, et explorer un très grand nombre de scénarios (y compris de changement climatique), impossibles à tester sur le terrain. Enfin, ces modèles sont des outils de dialogue entre disciplines, et peuvent alimenter des outils d'aide à la décision pour les agriculteurs et conseillers.

FLORSYS est le modèle mécaniste répondant le mieux aux besoins de la conception de stratégies de gestion agroécologique des adventices [8]. Il s'agit d'une parcelle expérimentale virtuelle sur laquelle de nombreux systèmes de culture peuvent être testés sur plusieurs années, avec différents scénarios (climat, sol, flore), pour évaluer leur performance (production agricole, biodiversité et nuisibilité liée aux adventices). Pour cela, le modèle simule, chaque jour et en 3D, chaque plante individuelle (adventice et cultivée), à partir de la rotation, des opérations culturales, du pédoclimat et du stock de semences adventices du sol. Ce modèle est adapté pour analyser les effets de l'élevage et de la régulation biologique des adventices car il intègre les effets des rotations (dont les prairies temporaires) et de la fertilisation azotée (minérale et organique). Il prend en compte la compétition (lumière, azote, eau), les interactions allélopathiques entre plantes, et la prédation des adventices par des organismes auxiliaires. A ce jour, il n'intègre ni la défoliation des plantes par le pâturage, ni les apports de semences adventices par les déjections animales. Toutefois, comme illustré dans des thèses passées [9], la modularité de FLORSYS permet d'intégrer de nouveaux mécanismes, en mobilisant les connaissances disponibles sur leurs déterminants.

2. Objectifs et originalité du projet

Couplant agronomie, zootechnie et écologie, ce projet vise (i) à synthétiser les connaissances disponibles pour les formaliser dans le modèle FLORSYS, (ii) afin d'utiliser ce modèle complété pour répondre à deux grandes questions :

- **Question A** : Parmi différents facteurs (liés aux pratiques de culture et d'élevage, aux caractéristiques de la flore et du pédoclimat, etc), quels sont les principaux déterminants (i) de la défoliation des plantes par le pâturage et (ii) des apports de semences adventices par les déjections animales ?

²Se réfère ici à la capacité de certaines plantes à émettre des composés chimiques (dans leur rhizosphère) altérant la croissance de plantes voisines.

³ www.gis-avenir-elevages.org/actions-thematiques/reconnexion-vegetal-elevage-reve

- **Question B** : Quels sont les effets d'une reconnexion entre productions animales et végétales sur la régulation des adventices ? Varient-ils selon le mode de production (agriculture biologique vs. agriculture conventionnelle par ex), les systèmes de culture/d'élevage, le contexte de production (sol, climat, flore, etc) ? Les effets bénéfiques sur la régulation des adventices sont-ils plutôt liés à la rotation (diversification/allongement) ou à la régulation biologique par pâturage ?

Ce projet sera à notre connaissance le premier à fournir une vision intégrée du rôle de la reconnexion culture-élevage sur la régulation des adventices, au regard d'autres leviers de gestion. Cette ambition est permise par l'approche de modélisation qui jouera un rôle-clé de synthèse des connaissances entre disciplines et d'analyse d'interactions complexes.

3. Stratégie scientifique

Volet A : Synthétiser et formaliser les connaissances sur la défoliation des plantes adventices par pâturage et sur les apports de semences adventices par les déjections animales.

Ce volet synthétisera les connaissances, et les formalisera sous forme d'équations mathématiques afin de créer deux nouveaux modules pour le modèle FLORSYS. Le focus pourra être fait sur 1 ou 2 espèces animales pour lesquels les connaissances sont plus abondantes, notamment en ce qui concerne la quantité de biomasse ingérée, les préférences/rejets alimentaires, la quantité/composition des déjections, le parcours dans les parcelles, etc.

Ce travail synthétisera des connaissances issues : (i) de la littérature scientifique internationale, (ii) de l'expertise d'acteurs de la profession agricole (interGIS REVE, AgroTransfert, agriculteurs-éleveurs) qui sera appréhendée au travers d'enquêtes, et (iii) d'une expérimentation au champ (2026-2027 ; projet PARAD⁴) qui fournira des données sur la défoliation des adventices par le pâturage (l'analyse des données de cette expérimentation fera partie intégrante du travail de thèse).

Ce travail de modélisation s'inspirera de l'approche mobilisée précédemment pour développer d'autres modules [10]. Les modules ainsi créés seront évalués en fonction des données disponibles.

Des premières simulations seront réalisées pour analyser les principaux déterminants de la défoliation des adventices par pâturage, et des apports de semences par les déjections animales (**Question A ci-dessus**).

Volet B : Mieux comprendre les effets d'une reconnexion entre productions animales et végétales sur la régulation des adventices (Question B ci-dessus).

Ce volet mobilisera le modèle FLORSYS complété au Volet A. Des analyses de sensibilité seront réalisées, en s'inspirant d'approches utilisées dans le passé [10, 11].

Pour différents types de systèmes de culture et d'élevage et de scénarios climatiques [dont des scénarios prospectifs établis par des climatologues : 12], il s'agira de (i) quantifier la plus-value d'une telle reconnexion sur la gestion des adventices, (ii) d'identifier les modes de production, les pratiques de culture et d'élevage, et les conditions de sol, de climat et de flore les plus propices aux effets bénéfiques de l'élevage sur la gestion des adventices, et (iii) de déterminer les contributions relatives des différents mécanismes sous-jacents (diversification/allongement de la rotation vs. régulation biologique par pâturage) aux effets bénéfiques de l'élevage sur la flore adventice.

Ce volet fournira les premiers éléments (règles sur les techniques et leurs combinaisons) pour intégrer le pâturage dans les systèmes de culture pour concilier production des cultures, suppression des adventices nuisibles, réduction des pesticides et promotion de la biodiversité.

4. Calendrier

M0-M12 : Bibliographie. Enquêtes auprès d'acteurs de la profession agricole. Analyse des données expérimentales. Modélisation du volet A.

M13-M24 : Simulations du volet A. Rédaction de l'article 1 sur les résultats de l'expérimentation du volet A. Rédaction de l'article 2 sur la modélisation et la simulation du volet A. Réalisation des simulations du volet B.

M25-M36 : Rédaction de l'article 3 sur le volet B. Rédaction de la thèse.

5. Expertise et collaborations

L'étudiant.e profitera des compétences de Nathalie Colbach (modélisatrice et agronome des systèmes dans le pôle ADVENSYS) qui fera partie de l'équipe d'encadrement. Il bénéficiera aussi de l'environnement scientifique de l'UMR Agroécologie et du pôle ADVENSYS (rassemblant des spécialistes des disciplines de la thèse). En plus, de l'expertise sera disponible au sein du projet d'animation APBIO (co-piloté par D. Moreau) sur le rôle des animaux de service dans la santé des cultures, et par des collaborations prévues avec des acteurs de terrain étudiant les interactions culture-élevage dans le cadre du projet PARSADA PARAD (Agro-Transfert Ressources et Territoires, UMR ABSYS).

⁴ <https://umr-agroecologie.dijon.hub.inrae.fr/recherche/projets-emblematisques/parad>

Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat)

Projet PARSADA PARAD (2025-2029 ; 7.7 millions € ; piloté par l'UMR Agroécologie, S. Cordeau)

Connaissances et compétences requises

- Formation recommandée : Étudiant en école d'ingénieur en agronomie/agriculture ou équivalent
- Connaissances souhaitées : Agronomie, Zootechnie, Modélisation, intérêt pour l'interdisciplinarité.
- Aptitudes recherchées :
 - Compétences opérationnelles : maîtrise de R
 - Langues : Anglais (bon niveau) et, si possible, Français (courant)
 - Bon relationnel, intérêt pour le travail collaboratif

Références bibliographiques citées

1. Oerke, E.C., *Crop losses to pests*. Journal of Agricultural Science, 2006. 144: p. 31-43.
2. Petit, S., et al., *Weeds in agricultural landscapes. A review*. Agronomy for Sustainable Development, 2011. 31(2): p. 309-317.
3. Liebman, M. and E. Gallandt, *Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions.*, in *Ecology in Agriculture*, L.E. Jackson, Editor. 1997, Academic: San Diego, CA. p. 291-343.
4. Martin, G., et al., *Role of ley pastures in tomorrow's cropping systems. A review*. Agronomy for Sustainable Development, 2020. 40(3): p. 17.
5. Gastal, F., M.Z. Schuster, and J. Chargelègue, *Dynamique à long terme des adventices dans des rotations prairies-cultures. 2. Effets du mode d'exploitation de la prairie, fauche ou pâturage* Fourrages, 2022. 252: p. 55-62.
6. Colbach, N., et al., *Weed seeds in exogenous organic matter and their contribution to weed dynamics in cropping systems. A simulation approach*. European Journal of Agronomy, 2013. 45: p. 7-19.
7. Moreau, D., et al., *A plant perspective on nitrogen cycling in the rhizosphere*. Functional Ecology, 2019. 33(4): p. 540-552.
8. Colbach, N., et al., *The FLORSYS crop-weed canopy model, a tool to investigate and promote agroecological weed management*. Field Crops Research, 2021. 261: p. 108006.
9. Perthame, L., *Analyse et modélisation du rôle de la compétition pour l'azote dans la régulation des adventices*, in *PhD thesis*. 2020, Université de Bourgogne Franche-Comté: Dijon, France. p. 163.
10. Perthame, L., S. Petit, and N. Colbach, *Modelling weed seed predation by carabids and its effects on crop production under contrasted farming systems*. European Journal of Agronomy, 2023.
11. Colbach, N., S. Granger, and D. Mézière, *Using a sensitivity analysis of a weed dynamics model to develop sustainable cropping systems. II. Long-term effect of past crops and management techniques on weed infestation*. The Journal of Agricultural Science, 2013. 151(2): p. 247-267.
12. Cavan, N., et al., *Et demain? Robustesse des stratégies innovantes de gestion des adventices face au changement climatique*. Innovations Agronomiques, 2020. 81: p. 209-225.

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Résumé :

Ce projet vise à fournir une vision intégrée du rôle de l'élevage dans la gestion agroécologique des adventices en grande culture. A l'interface agronomie-zootéchnie-écologie, il vise à quantifier, pour différents contextes, les effets de l'élevage sur la flore adventice (via la diversification/allongement des rotations culturales, la défoliation des adventices par le pâturage, et/ou des apports d'azote et de semences adventices par les déjections animales). Ce projet mettra en œuvre une approche originale consistant à alimenter puis utiliser un modèle mécaniste (FLORSYS, qui simule la dynamique des adventices, en fonction du système de culture et du pédoclimat).

Il s'agira d'abord d'enrichir le modèle par l'ajout de modules de défoliation des plantes adventices par le pâturage, et d'apport de semences adventices par les déjections animales. Ce travail synthétisera des connaissances issues de la littérature, de l'expertise (via des enquêtes auprès d'agriculteurs-éleveurs) et des données expérimentales qui seront analysées dans le cadre de la thèse. Ensuite, une approche de simulation (avec le modèle complété) sera menée pour mieux comprendre les effets d'une reconnexion entre productions animales et végétales sur la régulation des adventices en parcelle agricole.

Ce projet fournira des éléments cruciaux permettant d'intégrer le pâturage dans les systèmes de culture dans l'optique de mieux concilier production des cultures, régulation des adventices nuisibles, réduction des pesticides et promotion de la biodiversité. Le projet et l'étudiant.e bénéficieront d'une expertise forte au sein d'une équipe composée de chercheurs spécialisés dans les différentes disciplines.

Summary:

This project aims to provide an integrated view of the role of livestock farming in the agroecological management of weeds in field crops. At the agronomy-zootechnics-ecology interface, it aims to quantify, for different contexts, the effects of livestock farming on weed flora (through diversification/extension of crop rotations, defoliation of weeds by grazing, and/or nitrogen and weed seed inputs from animal manure). This project will implement an original approach consisting of feeding and then using a mechanistic model (FLORSYS, which simulates weed dynamics based on the cropping system and soil and climate conditions).

The first step will be to enrich the model by adding submodels for weed defoliation through grazing and weed seed input through animal manure. This work will synthesize knowledge from the literature, expertise (through surveys of livestock farmers), and experimental data that will be analyzed as part of the PhD thesis. Next, a simulation approach (using the completed model) will be conducted to better understand the effects of reconnecting animal and plant production on weed regulation in agricultural plots.

This project will provide crucial elements for integrating grazing into cropping systems with a view to better reconciling crop production, harmful weed regulation, pesticide reduction, and biodiversity promotion. The project and the student will benefit from strong expertise within a team of researchers specializing in various disciplines.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous :

2 choix possibles maximum –les intitulés sont ceux d’ABG),

Agronomie

Indiquez quelques mots clés concernant votre sujet) :

Agroécologie, adventices, élevage, pâturage, modélisation