

## Un modèle de Markov caché pour la dynamique des adventices dans un agrosystème

**Contexte :** Dans le cadre des politiques agricoles, l'enjeu de l'agroécologie est de combiner protection de la biodiversité et production agricole à la hauteur des besoins. L'agriculture devient multifonctionnelle et tire bénéfice de l'agro-écosystème pour limiter l'utilisation des intrants. Dans ce contexte, les adventices des cultures sont à la fois des acteurs clés du maintien de la biodiversité (relations plantes/pollinisateurs, maintien de populations d'auxiliaires des cultures,...) et un frein à la production des cultures avec lesquelles elles entrent en compétition. L'objectif affiché de réduction des pesticides dans les agrosystèmes dans le cadre des politiques agricoles actuelles (ex : plan ECOPHYTO, agriculture biologique) est susceptible de modifier la dynamique des adventices à l'échelle du paysage et donc le compromis biodiversité/rendement actuel. Il devient donc crucial de caractériser la dynamique des adventices dans les cultures et l'effet des pratiques agricoles sur cette dynamique si l'on veut pouvoir les piloter à travers des itinéraires cultureux innovants.

Cependant, les recherches sur les adventices en agriculture se heurte depuis ses débuts à une véritable « boîte noire » : la banque de graines présente dans les parcelles cultivées, qui joue un rôle majeur dans la dynamique des adventices (une graine peut en effet rester dormante plus de vingt ans dans le sol et émerger lorsque les conditions lui seront favorables) mais dont la composition n'est pas une connaissance accessible. Ainsi, la gestion des adventices à l'échelle d'une parcelle, ou d'une région agricole, doit nécessairement prendre en compte le compartiment de la banque de graines, par définition invisible. Ceci rend complexe la caractérisation des dynamiques adventices à partir de seules données de flore levée.

Néanmoins, des travaux récents en biostatistique (Fréville et al, 2013 ; Borgy 2011) ont mis en avant l'intérêt d'un formalisme mathématique modélisant des problèmes où certaines variables d'un système dynamique sont observées alors que d'autres ne le sont pas : les modèles de Markov cachés (MacDonald and Zucchini, 1997). La banque de graine correspond typiquement à une variable cachée dont nous observons les manifestations à travers les levées des plantes adventices qui, suivant les conditions d'environnement et de culture, apparaîtront ou non. Les modèles issus de ces travaux demandent maintenant à être étendus pour être plus réalistes, par exemple en prenant en compte une structure de dispersion spatiale entre parcelle ou en modélisant des observations de flore levée de nature ordinale.

**Objectif :** L'objectif de cette thèse est de développer un modèle de Markov caché *structuré* de la dynamique spatio-temporelle des adventices dans un parcellaire en fonction de paramètres tels que taux de germination, de survie, de dormance et de dispersion des graines, en s'inspirant du cadre des réseaux bayésiens dynamiques. Il s'agira ensuite de proposer une méthode d'estimation des paramètres du modèle, de type EM (Expectation-Maximisation), appropriée aux données disponibles. Etant donné la complexité spatiale et temporelle du modèle, des méthodes approchées seront recherchées, exploitant un ou plusieurs des outils classiques : méthodes par simulation, méthodes variationnelles, algorithmes de passage de message, vraisemblance composite, ...

Ce modèle sera ensuite utilisé pour tester certaines hypothèses en écologie et en agro-écologie. Ainsi l'estimation conjointe de la part de la dispersion spatiale et de la banque de graines dans la dynamique devrait permettre de tester l'existence d'un compromis dispersion/ dormance, classiquement invoquée en écologie évolutive théorique mais peu étayée sur le plan empirique.

L'estimation des paramètres du modèle permettra également d'analyser comment ces paramètres varient en fonction des pratiques agricoles, dans la perspective d'identifier des modes de gestion des adventices favorisant le compromis entre services rendus par les adventices et maintien de la production agricole.

#### **Encadrement :**

Nathalie Peyrard (statistique computationnelle, modèles graphiques), INRA unité de Mathématiques et Informatique, Toulouse (MIAT), [nathalie.peyrard@toulouse.inra.fr](mailto:nathalie.peyrard@toulouse.inra.fr)

Pierre-Olivier Cheptou (écologie évolutive), CNRS, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), Montpellier, [pierre-olivier.cheptou@cefe.cnrs.fr](mailto:pierre-olivier.cheptou@cefe.cnrs.fr)

**Lieu :** la thèse se déroulera au sein de l'unité MIAT, dans l'équipe de Modélisation des Agroecosystèmes et Décision (MAD), avec des visites régulières au CEFE.

**Compétences requises :** les candidats doivent avoir une formation en statistique solide (modélisation et estimation statistique en particulier), ainsi qu'un goût prononcé pour les applications en écologie.

#### **Références**

Borgy B. (2011) Dynamique et assemblage des communautés adventices : approche par modélisation statistique, thèse de l'Université de Dijon

Fréville H, Choquet R, Pradel R, Cheptou P-O (2013) Inferring seed bank from hidden Markov models: new insights into metapopulation dynamics in plants. *Journal of Ecology* 101:1572-1580

MacDonald, I. L. and Zucchini, W. (1997). *Hidden Markov and Other Models for Discrete-Valued Time Series*. London: Chapman and Hall.