

Sujet de stage de Master 2

Modélisation de la dynamique d'écosystèmes microbiens à partir d'observations temporelles : application à la dynamique du microbiote intestinal.

Contact : Béatrice Laroche, Laboratoire MaIAGE, Centre INRA de Jouy-en-Josas,
Beatrice.laroche@inra.fr

Description de la problématique

Les microbiotes sont les communautés de micro-organismes formées par des bactéries, phages, virus, archées, champignons associées à un hôte vivant, végétal, animal ou humain. Les microbiotes et leur hôte établissent un dialogue permanent qui joue un rôle crucial dans la physiologie et la santé de celui-ci. Par exemple, chez les mammifères et l'homme en particulier, les fonctions du tube digestif que sont la digestion ou la protection contre des pathogènes sont assurées de façon indissociable par les cellules épithéliales et immunitaires mais également par le microbiote intestinal. Il a été montré que le bénéfice mutuel (mutualisme) existant entre l'hôte et son microbiote intestinal est influencé par l'environnement, l'alimentation et plus généralement pour l'homme par le style de vie, et que l'altération de cet équilibre, appelée dysbiose, est associée à certaines pathologies comme par exemple les maladies inflammatoires de l'intestin. La compréhension des déterminants et la détection de signes annonciateurs de ces déséquilibres, liés à la composition, la diversité, l'activité métabolique du microbiote et à la physiologie de l'hôte, constituent donc un enjeu important en santé humaine et animale.

Objectif

L'objectif du travail de stage sera

1) la formulation de modèles génériques de dynamiques d'un écosystème, sous la forme d'équations différentielles ordinaires (EDO), d'équations différentielles stochastiques (EDS) ou de processus de saut, et leur étude. On s'inspirera en particulier du modèle de Lotka-Volterra ou d'autres modèles EDO ou processus proposés par exemple dans [1,2], qui correspondent à des phénomènes d'intérêt dans l'étude des écosystèmes comme les transitions critiques ou les interactions.

2) la mise en œuvre et/ou le développement de méthodes d'estimation de paramètres de certains de ces modèles en s'inspirant de méthodes semi-paramétriques [3,4] sur lesquelles des travaux sont en cours dans l'équipe, en collaboration avec le laboratoire LAMME à l'université d'Evry, sur des données simulées puis expérimentales.

Contexte

Le projet se déroulera dans l'unité MaIAGE (Mathématiques et Informatiques Appliquées, du Génome à l'Environnement) du centre INRA de Jouy-en-Josas, dans une équipe dont l'expertise est la modélisation et les statistiques. Il pourra déboucher sur une poursuite en thèse.

Conditions scientifiques matérielles & financières

Le stagiaire aura accès aux moyens de l'unité (bibliothèques, cluster de calcul, serveurs de fichiers, licences informatiques), et sera rémunéré par l'indemnité de stage légale.

Profil

Etudiant de Master en Mathématiques Appliquées ou équivalent, avec des compétences en mathématiques de la modélisation : expertise en systèmes dynamiques déterministes (EDO/EDP) et stochastiques (SDE, processus), bases très solides en statistique et analyse de données, maîtrise de la programmation scientifique (R, Matlab ou Python). Intérêt pour la biologie.

Références bibliographiques

- [1] Kéfi, S., Dakos, V., Scheffer, M., Van Nes, E. H., & Rietkerk, M. (2013). Early warning signals also precede non-catastrophic transitions. *Oikos*, 122(5), 641-648.
- [2] Solé, R. V., Alonso, D., & McKane, A. (2002). Self-organized instability in complex ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357(1421), 667-681.
- [3] A. A. Poyton, M.S. Varziri, K.B. McAuley, P.J. McLellan, and J.O. Ramsay. Parameter estimation in continuous-time dynamic models using principal differential analysis. *Computers and Chemical Engineering*, 30:698708, 2006.
- [4] Nicolas Brunel, D Goujot, S Labarthe, Béatrice Laroche. Parameter estimation for dynamical systems using an FDA approach. 11th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (CMStatistics 2018), Dec 2018, Pise, Italy.