

TITRE: Propriétés formelles des interactions écologiques

Co-encadrants : Cédric Gaucherel (AMAP lab, INRAE) et Gilles Dowek (Inria, ENS de Paris-Saclay).

RESUME :

De nombreux modèles d'écosystèmes existent aujourd'hui, mais ces derniers échouent à rendre compte des subtilités d'expressivité liées aux sémantiques écologiques sous-jacentes. Récemment, des langages formels inspirés de la linguistique ont été proposés dans ce sens. Sur le long terme, les dynamiques des écosystèmes peuvent être modélisées par un langage formel qualitatif et discret (Gaucherel and Pommereau 2019). Par exemple, la prédation d'une population de prédateurs P sur une population de proies N , peut s'écrire de façon simplifiée à l'aide de la règle $R1 : P+ \rightarrow N-$. Ici, les populations sont fonctionnellement présentes (+) ou absentes (-). On peut aussi proposer une règle réaliste de disparition des prédateurs $R2 : N- \rightarrow P+$. En identifiant ainsi les principaux processus accueillis par un écosystème complexe (nommés *processus unitaires*), on peut modéliser finement une colonie de termites (18 règles), voire la région de Camargue dans son ensemble (137 règles). Cette approche, qui a récemment fait ses preuves (Gaucherel et al. 2021), permet de formaliser de façon générique tous les processus écologiques connus (e.g. prédation, compétition, parasitisme, symbiose, etc.), et ainsi de comparer entre eux des écosystèmes variés.

Ce sujet de stage propose de comprendre et formaliser les interactions entre ces processus écologiques unitaires, lorsqu'ils se combinent entre eux pour produire une dynamique écosystémique. En particulier, la propriété de *composition* (i.e. l'association de significations qui en donne une nouvelle) doit pouvoir être formellement définie, en s'appuyant sur des exemples d'associations prédation + prédation, prédation + compétition, etc. Le modèle de colonie de termites peut servir de toy-model (Gaucherel and Pommereau 2019), mais d'autres modèles comme celui de la Camargue pourront éprouver l'approche dans des cas plus réalistes (Gaucherel et al. 2021). Dans ce travail, on portera une attention particulière aux états du système auxquels deux règles différentes peuvent s'appliquer (paires critiques) et aux règles qui produisent un état auquel une autre règle peut s'appliquer. Ceci permettra de synthétiser de nouveaux ensembles de règles à partir des processus unitaires identifiés. Pourtant, l'horizon à moyen terme ne veut pas se limiter à cette synthèse, mais à une analyse des dynamiques écosystémiques, c'est-à-dire de décomposer un système complexe en situations unitaires connues.

REFERENCES

- Gaucherel, C., C. Carpentier, I. R. Geijzendorffer, C. Noûs, and F. Pommereau. 2021. Discrete-event models for conservation assessment of integrated ecosystems. *Ecological Informatics* **61**:101205.
- Gaucherel, C. and F. Pommereau. 2019. Using discrete systems to exhaustively characterize the dynamics of an integrated ecosystem. *Methods in Ecology and Evolution* **00**:1–13.