

## Modélisation qualitative et réseaux bayésiens de la dynamique des récifs d'hermelles

**Résumé :** Les récifs d'hermelles (*Sabellaria alveolata*) sont des structures biogéniques qui abritent une forte biodiversité et jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers intertidaux. Le rôle des interactions biotiques et abiotiques dans la dynamique des récifs d'hermelles est mal connu et difficile à quantifier empiriquement ou expérimentalement. Dans ce travail, j'ai utilisé deux approches de modélisation complémentaires (modèles qualitatifs et réseaux bayésiens) afin (1) de mieux comprendre la dynamique des récifs en lien avec leur environnement et compétiteurs, et (2) de prédire leurs réponses à des scénarios futurs, notamment de changement climatique. Ces méthodes révèlent l'existence de deux états écologiques alternatifs dans les zones propices aux récifs : l'un dominé par les récifs, et l'autre associé aux algues et aux moules. La modélisation qualitative explique l'existence de ces états par des boucles de rétroactions, via notamment une compétition pour l'espace entre espèces. Les réseaux bayésiens inférés à partir de suivis terrain complètent la description de ces états, en identifiant des gammes environnementales (matière inorganique en suspension, courant, vent...) favorables à l'un ou l'autre des états, ainsi que les facteurs à l'origine de transitions entre ces états. La prise en compte des interactions biotiques influence la réponse prédite des hermelles face aux changements climatiques et révèle des impacts négatifs inattendus sur la seule base des préférences environnementales de l'espèce. Cette étude met en avant la nécessité d'intégrer plusieurs types de modélisation pour appréhender les dynamiques écologiques complexes.

**Mots-Clés :** modélisation qualitative des boucles de rétroactions, réseaux bayésiens, *Sabellaria alveolata*, écologie benthique, conservation

## Qualitative modelling and bayesian networks of the honeycomb worm reefs dynamic

**Abstract:** Honeycomb worm *Sabellaria alveolata* reefs are biogenic structures that support a high biodiversity and play a key role in the functioning of intertidal coastal ecosystems. How biotic and abiotic interactions contribute to *S. alveolata* reef dynamics is poorly known and difficult to quantify empirically or experimentally. In this work, I used two complementary modelling approaches (qualitative models and bayesian networks) to (1) better understand reef dynamics in relation to their environment and competitors, and (2) to predict their responses to future scenarios, including climate change. These methods reveal the existence of two alternative ecological states in areas where *S. alveolata* reefs can occur: one dominated by reefs, and the other associated with algae and mussels. Qualitative modelling highlights how these alternative states emerge from positive feedback loops that are mostly associated with competition for space between species. Bayesian networks based on field observations also help characterise these alternative states, as they identify environmental ranges (suspended inorganic matter, current, wind, etc.) that favour the occurrence of one state or the other. In response to climate change, qualitative modelling that explicitly accounts for biotic interactions predicts ambiguous responses of honeycomb worm reefs, while Bayesian Networks that essentially capture the effects of environmental variables suggests unexpected negative responses of *S. alveolata*. This study highlights the benefits of combining alternative modelling approaches to understand complex ecological dynamics.

**Keywords:** qualitative modelling of system feedback, bayesian networks, *Sabellaria alveolata*, benthic ecology, conservation