

EUTROPHISATION DES LACS : UTILISER LA RESILIENCE POUR CALCULER DES POLITIQUES D'ACTIONS DURABLES

Laetitia Chapel, Sophie Martin et Guillaume Deffuant

Laboratoire d'Ingénierie pour les Systèmes Complexes, Clermont-Ferrand

Nous considérons un problème de gestion durable : comment maintenir un lac dans un état oligotrophique (avec un faible apport de nutriments, une eau claire et une forte valeur économique), tout en prenant en compte les intérêts économiques des agriculteurs qui ont besoin d'utiliser des nutriments ? Pour résoudre ce problème, nous utilisons une définition particulière de la résilience.

La résilience est la capacité d'un système à maintenir certaines de ses propriétés d'intérêt, malgré des perturbations. Martin [1] propose une interprétation mathématique précise de ce concept, basée sur la théorie de la viabilité (Aubin [2]), qui définit des méthodes pour calculer des valeurs de résilience et des politiques d'action pour restaurer le système. Les valeurs de résilience sont définies comme l'inverse du coût de restauration de certaines propriétés d'intérêt d'un système, perdues après une perturbation. Ce cadre est général, et en principe intéressant pour définir des politiques d'action. Cependant, son utilisation pratique reste limitée aux problèmes définis par peu de variables d'état et les incertitudes du modèle ne sont pas prises en compte.

Dans Chapel et al. [3], nous proposons un nouvel algorithme de calcul de valeur de résilience qui permet de travailler avec des problèmes de plus grande dimension dans l'espace d'état. Il utilise une méthode d'apprentissage particulière : les machines à vecteurs de support (SVMs), qui est très efficace pour traiter des problèmes en grande dimension. De plus, l'algorithme permet de définir des contrôleurs plus ou moins prudents, afin de restaurer la viabilité du système. Il utilise également les spécificités du problème de calcul de résilience afin de traiter des problèmes en plus grande dimension.

Nous appliquons cette nouvelle approche pour calculer les valeurs de résilience sur un modèle d'eutrophication des lacs, incluant trois paramètres : la quantité de phosphates dans l'eau, l'apport annuel de phosphates dû aux activités humaines et la quantité de phosphores dans les sédiments. Nous introduisons également les incertitudes sur certains paramètres du modèle dynamique.

Les résultats associés à chaque état du système sont, d'une part, le coût de restauration de la propriété d'intérêt et d'une autre part, la résilience associée à certaines perturbations.

En comparant les résultats avec ceux obtenus dans la littérature, ce travail met en évidence les états pour lesquels il est crucial de prendre en considération la dynamique lente du modèle (i.e. la quantité de phosphates dans les sédiments). Il montre également que les résultats sont sensibles aux incertitudes sur les paramètres, précisément ceux qui étaient négligées en utilisant les algorithmes classiques de viabilité.

Pour conclure, la combinaison de la définition de la résilience [1] et le nouvel algorithme de viabilité introduit dans [3] offre une approche intéressante pour le développement durable, en permettant de calculer des valeurs de résilience et de définir des politiques d'action sur des modèles plus réalistes que précédemment.

Mots clés : résilience, eutrophication des lacs, théorie de la viabilité, SVM.

Références

- [1] Aubin J.P. (1991) *Viability theory*, Birkhäuser.
- [2] Chapel, L. et Martin, S. et Deffuant, G. (2007) 'Lake eutrophication: using resilience evaluation to compute sustainable policies', *10th international Conference on Environment and Sustainable Technology - CEST 2007*, Ile de Kos, Grèce.
- [3] Martin S. (2004) 'The cost of restoration as a way of defining resilience: a viability approach applied to a model of lake eutrophication', *Ecology and Society* 9(2).