
Modélisation globale multi-variée pour la détection de liens de causalité déterministes – application aux couverts de surface (neige, humidité du sol) et à l'épidémiologie

Sylvain Mangiarotti^{*1}, Laurent Drapeau², Simon Gascoin³, Lionel Jarlan⁴, Yann Kerr⁵,
Christophe Letellier⁶, Olivier Merlin⁷, Arnaud Mialon⁸, and Vivien Stefan⁹

¹Mangiarotti (CESBIO) – Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR113 – France

²Drapeau (Cesbio) – Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR113 – France

³Gascoin (Cesbio) – Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR113 – France

⁴Jarlan (Cesbio) – Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR113 – France

⁵Kerr (Cesbio) – Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR113 – France

⁶Letellier (CORIA) – Institut de recherche pour le développement [IRD] : UMR6614 – France

⁷Merlin (Cesbio) – CNRS : UMR5126 – France

⁸Mialon (Cesbio) – CNRS : UMR5126 – France

⁹Stefan (Cesbio) – CNRS : UMR5126 – France

Résumé

Les dynamiques environnementales impliquent l'interaction nonlinéaire et complexe d'un grand nombre de variables (couplages multidirectionnels multiples entre biologie, géochimie, physiques, etc.) dans un contexte pouvant imbriquer des échelles spatiales et temporelles diverses. Les comportements qui en résultent sont souvent caractérisés par une prévisibilité limitée. Pour en comprendre le comportement et établir les liens de causalité pouvant exister entre les variables en jeu, il est souvent nécessaire de réduire la dimension du problème. Dans le projet MoMu (LEFE-Manu), on se proposait de mettre en place un outil de Modélisation globale Multivariée destiné à retrouver les liens dynamiques au sein d'un ensemble de variables observées, et d'investiguer le potentiel d'une telle approche pour analyser les liens de cause à effet, directement et exclusivement à partir séries temporelles.

L'une des spécificités de l'approche de modélisation globale est de ne pas nécessiter de connaissance a priori pour la reconstruction du modèle. La contrepartie de cette forte généralité est de ne pas permettre de garantir a priori la possibilité d'obtenir un modèle. Or, la possibilité d'obtenir un modèle nonlinéaire de petite dimension directement à partir d'un jeu de données environnementales est extrêmement faible : il n'existe, à ce jour, que quelques cas publiés pour lesquels un jeu d'équations aux dérivées ordinaires (numériquement intégrable) a pu être obtenu [1-4]. Pour cette raison, plusieurs thématiques étaient envisagées pour explorer cette problématique, principalement : la dynamique des couverts de neige et celle de l'humidité du sol. Ces deux thématiques se sont avérées difficiles à appréhender avec les premiers outils obtenus, et restent en cours d'investigation. C'est pourquoi, nous avons également exploré d'autres thématiques pour investiguer le potentiel de la modélisation globale à la détection de liens de causalité déterministe. L'application à l'épidémie de peste de

*Intervenant

Bombay (1896-1911) et à son couplage aux épizooties chez les rats noirs et bruns s'est avérée remarquablement riche. L'approche a permis d'obtenir un modèle chaotique de petite dimension couplant épidémie et épizooties, dont chaque terme a pu être interprété d'un point de vue causal [5]. Obtenir un tel jeu d'équations directement interprétable à partir de données observationnelles représente, à notre connaissance, une première.

Maquet J., Letellier C., Aguirre L.A., 2007. Global models from the Canadian lynx cycles as a direct evidence for chaos in real ecosystems. *J. Math. Biol.*, 55(1), 21-39.

Mangiarotti S., Drapeau L. & Letellier C., 2014. Two chaotic global models for cereal crops cycles observed from satellite in Northern Morocco. *Chaos*, 24, 023130.

Mangiarotti S., 2014. Modélisation globale et Caractérisation Topologique de dynamiques environnementales. Habilitation à Diriger des Recherches, *Université Toulouse 3, France*, 180 pp.

Stefan V., Mangiarotti S., Merlin O. & Chanzy A., 2016. L'efficacité évaporative du Sol modélisée par approche globale, *19e Rencontre du Non Linéaire*, 19, Paris, France, 115-120.

Mangiarotti S., 2015. Low dimensional chaotic models for the plague epidemic in Bombay (1896-1911). *Chaos, Solitons and Fractals*, 81A, 184-196.