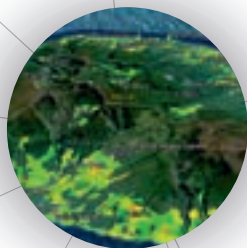


les dossiers
d'AGROPOLIS
INTERNATIONAL

*Compétences de la communauté scientifique
en région Occitanie*

SYSTÈMES COMPLEXES
de la biologie aux territoires



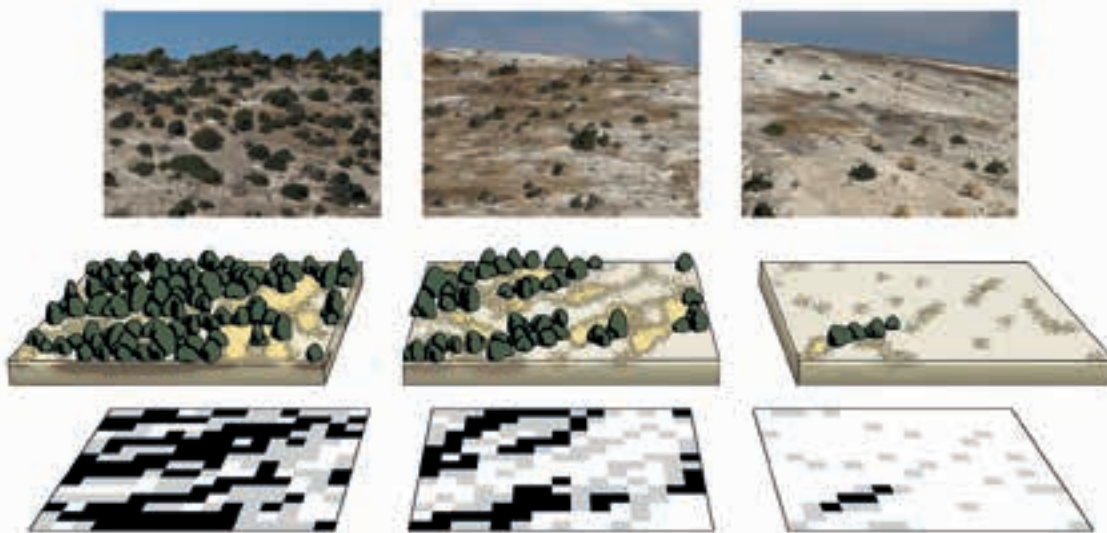
Numéro 23
Juin 2018

Écosystèmes et transitions catastrophiques

Dans le contexte actuel de changements globaux, anticiper la réponse des écosystèmes à des perturbations est un enjeu majeur. Pour ce faire, il est essentiel d'identifier les mécanismes de résilience des écosystèmes face aux changements environnementaux. Certains écosystèmes répondent de façon prévisible et graduelle à un changement progressif de condition environnementale (un changement climatique par exemple). D'autres répondent de façon abrupte, inattendue et souvent irréversible (« *catastrophic shift* »). Ces transitions abruptes — dont un exemple classique est la désertification des écosystèmes arides (cf. fig. ci-dessous) — peuvent avoir des conséquences écologiques et économiques dramatiques. Au sein de l'ISEM, nous développons des modèles mathématiques permettant d'étudier les mécanismes écologiques qui déterminent la résilience des écosystèmes. Dans les écosystèmes arides, par exemple, certaines plantes facilitent le recrutement et la croissance d'autres individus sous leur canopée. Cette facilitation crée une boucle de rétroaction entre les composants biotiques et abiotiques de l'écosystème, et est ainsi susceptible de conduire à des

transitions catastrophiques vers la désertification. La modélisation de ces mécanismes apporte des informations essentielles à la mise en place de stratégies de gestion et de restauration des écosystèmes. Ces modèles contribuent d'autre part à l'identification d'indicateurs de dégradation pouvant être utilisés comme des signaux d'alarme précoces. Un écosystème qui s'approche d'une transition indésirable présente-t-il des symptômes particuliers ? Nous développons, par exemple, des indicateurs de dégradation des écosystèmes méditerranéens dans le cadre du projet européen CASCADE, qui participe à la création d'outils statistiques visant à prévenir la dégradation irréversible de ces écosystèmes et la perte des services écologiques qu'ils procurent. Nos travaux de recherche sur la résilience des écosystèmes contribuent à améliorer notre compréhension de la persistance et de la stabilité des écosystèmes. Ils visent à fournir des outils permettant d'anticiper et de gérer les écosystèmes face aux défis environnementaux actuels et à venir.

Contact : S. Kéfi (UMR ISEM), sonia.kefi@umontpellier.fr
Plus d'informations sur le projet CASCADE : www.cascadis-project.eu



Formalisation d'un écosystème aride (haut) en automate cellulaire (bas).
© Florian Schneider

Modélisation impulsionnelle des interactions ligneux-herbacées en présence de feux : conséquences sur les dynamiques forêts-savanes

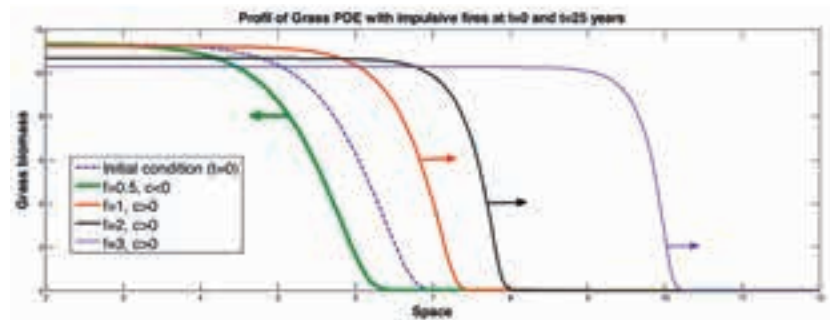
Le biome savane correspond à des physionomies de végétation variées observables le long des gradients climatiques menant de la forêt tropicale jusqu'aux déserts. Les dynamiques sous-jacentes résultent d'interactions entre plantes ligneuses et herbacées à la fois directes comme indirectes, au travers du feu ou d'autres perturbations. Les observations empiriques montrent que différentes physionomies, parfois très contrastées, peuvent coexister sous des précipitations similaires, ce qui suggère l'existence d'états alternatifs stables ou de transitions très longues. Ces questions fascinantes sont à l'origine de nombreux travaux de modélisation, mais aucun n'a débouché sur un système intégré de prédictions des états de la végétation et de leurs possibles transitions face au changement climatique et anthropique. Pour être utile, un tel système se doit d'être applicable à l'échelle de fractions de continents, y compris dans des territoires dénués de sites d'observation de longue durée, ce qui est le cas pour l'essentiel de l'Afrique.

Nos recherches visent à définir, étudier et tester des modèles « parcimonieux », capturant les processus essentiels, tout en se restreignant à un nombre limité de paramètres et autorisant une exploration mathématique approfondie des attendus. Le système « savane » est modélisé à partir d'un petit nombre de variables d'états, exprimant la biomasse des principales composantes de végétation : herbes, ligneux, en distinguant éventuellement les fractions de ces derniers sensibles ou non au feu. Le cadre des équations différentielles impulsionnelles permet de rendre compte du caractère ponctuel des feux. La dynamique spatiale est abordée au travers d'opérateurs de diffusion et/ou de noyaux traduisant la portée des influences facilitatrices ou inhibitrices de la végétation. Ceci permet d'évaluer dans quel sens les lisières forêt-savane peuvent évoluer en fonction de paramètres de forçage, comme la fréquence des feux (cf. fig. ci-dessous).

Contacts : P. Couteron, pierre.couteron@ird.fr,
Y. Dumont, yves.dumont@cirad.fr (UMR AMAP)



A. Variations du couvert végétal dans une mosaïque forêt-savane (Centre Cameroun, Google Earth ©). À noter la frange à ligneux de petite taille autour des ensembles de forêt mature, indice d'une extension progressive de ces dernières.



B. Prédications de l'avancée ou du recul de la composante herbacée de la mosaïque en fonction de la fréquence des feux (modélisés sous forme impulsionnelle). En milieu subéquatorial, seule une fréquence de plus d'un feu par an semble pouvoir contenir la tendance actuelle à l'expansion de la forêt. D'après Yatat et al., 2017. Ecological Complexity.