

Sujet de thèse: Modélisation de la dynamique du couvert arboré en savane : impact du feu sur la séquestration du carbone et la stabilité de la savane à long terme

Directeur de thèse:

Jacques Gignoux

jacques.gignoux@upmc.fr

Co-directeur(s) titulaire(s) HDR:

Sébastien Barot (iEES-Paris)

Co-directeur(s) non-titulaire(s) HDR:

Brigitte N'Dri (Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire)

Equipe:

Ecologie intégrative: des mécanismes aux services écosystémiques

Publications récentes des directeurs de thèse avec leurs anciens doctorants:

Gignoux J., G. Chérel, I.D. Davies, S.R. Flint, and E. Lateltin. 2017. Emergence and complex systems: the contribution of dynamic graph theory. *Ecological Complexity*, in press

Gignoux J., Konaté S., Lahoreau G., Le Roux X. & Simioni G. 2016. Allocation strategies of savanna and forest tree seedlings in response to fire and shading: outcomes of a field experiment. *Scientific Reports*, 6:38838, doi:10.1038/srep38838

de Parseval H., Abbadie L., Barot S., Gignoux J., Lata J.C. & Raynaud X., 2016. Why and when should plants limit the exploration of soil by their roots? *Oikos*, 125:1110-1120, doi: 10.1111/oik.02726.

N'Dri A.B., Gignoux J., Barot S. & Konaté S. 2014. The dynamics of hollowing in annually burnt savanna trees and its effect on adult tree mortality. *Plant Ecology*, 215:27-37.

Descriptif du sujet de thèse et méthodes envisagées:

Les savanes sont caractérisées par la coexistence stable d'herbes et d'arbres. La dominance relative de ces deux formes de plantes est contrôlée par la compétition pour les ressources (eau, lumière, nutriments), l'herbivorie, les feux de brousse. Suivant les régions du globe, l'un ou l'autre de ces facteurs peut apparaître comme dominant, mais dans la plupart des cas plusieurs sont en interaction, ce qui rend très difficile l'analyse de la stabilité des savanes. Par exemple, W. Bond a identifié en Afrique australe trois principaux régimes de fonctionnement, qu'il a qualifiés de « vert », « brun » et « noir », correspondant à une dominance de la compétition pour la lumière (milieu dominé par les arbres, donc vert), de l'herbivorie (milieu dominé par les grands mammifères, donc brun) et par le feu (noir). Ces trois régimes ont des flores différentes et il se produit régulièrement des basculements de l'un à l'autre en fonction des fluctuations du climat, des populations d'herbivores et de la gestion par l'homme de ces milieux.

Les feux de savane ne brûlent que la strate herbacée et s'arrêtent brutalement à la limite forestière. Ils sont très fréquents (moins de 5 ans entre deux feux). En savane humide, la production herbacée est très forte (jusqu'à 10 t/ha/an de matière sèche) et produit des feux annuels et intenses, qui limitent la dynamique des arbres en forçant les jeunes individus à rester dans un stade d'attente (rejets annuels à partir d'une souche souterraine), dont une faible fraction atteindra l'âge adulte. Ceci a été montré par de nombreuses expériences de protection contre le feu, qui se sont toutes traduites par le démarrage d'une transition progressive vers la forêt en une trentaine d'années.

Le feu renforce l'hétérogénéité spatiale du paysage : comme l'intensité du feu est proportionnelle à la quantité de combustible, et que l'herbe est moins productive lorsqu'elle pousse à l'ombre des arbres, tout groupe d'arbre (« bosquet ») constitue un site favorable à l'installation de jeunes arbres. On s'attend donc à ce que les bosquets constituent des sites de « nucléation forestière » : une fois l'herbe affaiblie, des arbres forestiers s'installent, ce qui élimine l'herbe encore plus efficacement et conduit inéluctablement à la formation d'un îlot forestier en savane. Des simulations ont confirmé la possibilité de ce mécanisme de boisement très lent.

La réalité est cependant plus complexe : toutes les espèces d'arbres de savane n'ont pas la même résistance au feu ni la même capacité à éliminer l'herbe par compétition ; les îlots forestiers sont rares alors que les bosquets sont très nombreux ; d'autres éléments du paysage, comme les amas rocheux et les buttes produites par les termites, influencent la tendance des arbres à se regrouper en bosquets.

L'objectif de cette thèse est d'explorer par modélisation les conséquences de différents types de structuration des groupes d'arbres sur la dynamique à long terme de la savane, à partir de données issues d'une base de données à long terme (savanes de Lamto, Côte d'Ivoire) et d'une thèse précédente. Le candidat devra

proposer, à partir des données existantes de dynamique des bosquets, un modèle matriciel de transition entre divers états de regroupement des arbres et identifier quels paramètres sont estimables ou non. Ce modèle servira à déduire la dynamique asymptotique du peuplement d'arbres et à conclure sur la stabilité et la séquestration ;

proposer un modèle individu-centré à même de reproduire les effets de la structuration spatiale fine du peuplement d'arbres si, comme il est hautement probable, le modèle matriciel est impossible à paramétrer facilement. Ce travail pourra s'appuyer sur une des plateformes de simulation GAMA (multi-agent) ou 3Worlds (individu-centré) développées à l'iEES. Ce modèle servira à (1) produire par simulations paramétrées à partir du terrain les paramètres synthétiques nécessaires au modèle matriciel ; (2) comprendre et analyser les conséquences de la structuration spatiale sur la dynamique ;

paramétrer le modèle individu-centré à partir des données existantes, et au besoin collecter les données manquantes sur le terrain ;

proposer et analyser des expériences par simulation destinées à estimer la stabilité et la séquestration du carbone et paramétrer le modèle matriciel à partir de ces expériences ;

valider au moyen du modèle matriciel les propriétés asymptotiques du modèle individu-centré.

Ce travail renseignera à la fois (1) sur la séquestration du carbone en savane, à laquelle les arbres contribuent fortement par le développement important de leur système racinaire souterrain et (2) sur la stabilité de la savane. Ces deux questions sont particulièrement importantes pour la Côte d'Ivoire, qui cherche actuellement à estimer la contribution de ses écosystèmes naturels au stockage du carbone et à la conservation de la biodiversité.

Stratégie de publication:

Articles scientifiques possibles dans des revues d'écologie généralistes :

- modélisation de la dynamique des bosquets : construction du modèle (individu centré), validation et comparaison aux données de terrain

- dynamique des bosquets à partir du modèle matriciel : stabilité de la savane à long terme

- expérience par simulation : séquestration de carbone en savane sous différents régimes de feux

Le candidat sera encouragé à produire une communication à un colloque international.

En Côte d'Ivoire, une application de ces travaux sous forme d'une contribution aux négociations internationales sur le changement du climat et l'érosion de la biodiversité est envisageable.

Réorientation possible du sujet si échecs:

Le risque principal dans ce projet est lié à l'estimation des paramètres des modèles à partir des données de terrain. Dans ce cadre, nous envisagerions de renforcer la partie terrain, au prix peut-être de l'abandon du modèle matriciel, a priori plus difficile à paramétrer directement, ou d'une autre réorganisation jugée pertinente par le comité de thèse.

La modélisation n'induisant en général pas beaucoup de frais de fonctionnement, le risque de défaut de financement est faible.

Faisabilité sur 3 ans (échancier):

mois 1-6 : bibliographie, premier contact avec le terrain, construction des modèles à partir des observations et données précédentes

mois 6-12 : paramétrage et validation des modèles ; y compris terrain pour compléments de données si nécessaires

mois 13-18 : expériences par simulation

mois 19-30 : analyse des résultats et rédaction des articles

mois 31-36 : rédaction de la thèse

Profil du candidat recherché:

Ecologie végétale, modélisation mathématique et informatique