

Sujet de thèse en français

Effet de la structure des systèmes agroforestiers tropicaux sur l'incidence et la nuisibilité des bioagresseurs de cultures pérennes

Sujet de thèse en anglais

Effect of the structure of tropical agroforest systems on incidence of perennial crops pest and diseases

Spécialité

Ecosystèmes et sciences agronomiques

Encadrement

Cette thèse est proposée en collaboration entre l'UPR 31 (Bioagresseur des cultures pérennes) du CIRAD et l'UMR SYSTEM (Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens). Elle sera co-dirigée par C. Cilas (HDR UR 31) et Jacques Wery (HDR, UMR SYSTEM), et encadrée par Marie Ange Ngo Bieng (Chercheur UMR SYSTEM).

Thématique

Agroforesterie, épidémiologie, Intensification écologique

Présentation détaillée en français

Les hypothèses principales de ce travail de thèse sont : (i) la structure de la parcelle, et (ii) la structure et la composition des systèmes adjacents ont des effets sur la propagation et le développement des bioagresseurs des cultures pérennes. Dans le cas de systèmes complexes à l'exemple des systèmes agroforestiers (SAF) tropicaux, ces organisations structurales sont mal connues car elles ont été peu étudiées. Il s'agira donc d'identifier les organisations structurales caractérisant les SAF tropicaux, de préciser les effets de ces organisations structurales sur l'intensité et la nuisibilité des bioagresseurs, de mesurer leur impact afin d'envisager des techniques de lutte adaptées aux diverses situations en fonction des analyses de risques effectuées.

Ce travail sera appliqué aux SAF tropicaux à base de cacaoyers au Cameroun et au Costa Rica, et à leurs unités de paysage environnantes. Ces systèmes plurispécifiques et pluristratifiés consistent en une association complexe de cultures annuelles, de cultures pérennes, d'arbres fruitiers et forestiers. Ces systèmes représentent un exemple d'intensification écologique d'agrosystèmes et sont mis en place par une majorité de producteurs des pays du sud. La culture du cacao est la principale source de revenus de 5 à 6 millions de producteurs à travers le monde et fait l'objet d'une demande internationale croissante (Franzen and Borgerhoff Mulder, 2007). Les principales causes de réduction de la productivité du cacao dans ces systèmes sont les attaques de bioagresseurs (Ploetz, 2007).

Nous nous intéresserons dans ce travail de thèse aux impacts de la structure des systèmes sur 2 types de bioagresseurs :

- les champignons

au Cameroun, la maladie étudiée sera la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora megakarya* qui est un champignon se disséminant par l'eau (pluies) ; au Costa Rica la maladie étudiée sera la moniliose causée par *Moniliophthora roreri* qui est un champignon se disséminant par l'air (vent).

- les insectes

Nous étudierons principalement les mirides du cacaoyer.

Ce travail est la suite d'un stage de Master 2 FENEC, sur la caractérisation des structures spatiales des SAF agroforestiers à base de cacaoyer du Costa Rica, et une première tentative de corrélation avec l'intensité des attaques de moniliose. Des nouvelles campagnes de terrain seront prévues lors de cette thèse, au Costa Rica et au Cameroun pour compléter l'échantillon disponible (positions des individus sur les parcelles étudiées). Nous travaillerons aussi sur des photos aériennes pour caractériser les unités de paysages autour des parcelles étudiées.

En l'absence de solution variétale complètement satisfaisante, l'amélioration de la lutte contre ces bioagresseurs passe par une mobilisation d'un ensemble de processus écologiques, aux effets individuels probablement discrets, mis en jeu aux échelles intra et supra-parcellaires. Dans ce travail

de thèse, il s'agira donc de mieux comprendre les effets des structures de plantation et de paysage, dans toute leur complexité, sur les populations de bioagresseurs et sur les dégâts induits, pour mieux gérer les populations de ces bioagresseurs.

La thèse contribuera donc à évaluer les potentialités de différents systèmes de plantations et de paysage pour contrôler les bioagresseurs et participer ainsi à **l'intensification écologique** des systèmes de cultures pérennes. Le sujet de la thèse s'inscrit donc dans l'axe stratégique du CIRAD intitulé « **Contribuer à inventer une agriculture écologiquement intensive pour nourrir le monde** » où l'on insiste justement sur la nécessité de « s'appuyer sur les processus et fonctionnalités écologiques pour lutter contre les parasites et pathogènes ». Il s'inscrit aussi dans la thématique développée par l'UPR 31, la gestion agroécologique des bioagresseurs des cultures pérennes, et dans les objectifs scientifiques de l'UMR SYSTEM, l'analyse et la modélisation du fonctionnement du champ cultivé plurispécifique. Ce travail s'intègre dans la perspective de conception de systèmes agroforestiers intégrant la gestion agro-écologique du risque bio-agresseur.

Le travail se déroulera principalement à l'UR 31 du Cirad et à l'UMR System, à Montpellier. Deux séjours de 4 mois au Costa Rica et au Cameroun sont envisagés pour la collecte des données au sein des PCP (Pole de Compétence Partenarial) CIRAD Agroforesterie du Costa Rica et du Grand sud Cameroun. Le Cameroun et le Costa Rica sont 2 sites prioritaires du Cirad, où de nombreuses études (et données) sur la dynamique et les performances des systèmes agro-forestiers sont en cours. Les séjours à l'étranger lors de cette thèse s'appuieront sur des financements des PCP CIRAD Agroforesterie qui associent le CIRAD et des organismes de recherche camerounais et costa ricien.

Présentation détaillée en anglais

The main assumptions of this work are: (i) plot scale structure and (ii) landscape scale structure and composition of the neighboring systems do have effects on propagation and development of perennial crops pest and diseases. In the case of complex systems like tropical agroforest systems, these structural organisations have been little studied.

Therefore, our aim is to identify the structural organisations characterising the tropical agroforest systems, to specify the effects of these structural organisations on the intensity of pest and diseases, to measure their impact and to have a view on agro-ecological techniques of pest control corresponding to different organisations. This work will be applied to tropical agroforest cocoa based in Cameroon and Costa Rica.

Profil candidat

M2 FENEC Cynthia Gidoin

Domaine scientifique

Fonctionnement des écosystèmes naturels et cultivés

Mots clés en Français

Structure spatiale, systèmes agroforestiers tropicaux, Bioagresseurs, échelle parcelle, échelle supra-parcellaire, cacao.

Mots clés en Anglais

Spatial structure, tropical agroforest systems, pest and diseases, plot scale, landscape scale, cocoa.

Objectifs

(i) à l'échelle intra-parcellaire, de mieux caractériser les systèmes agroforestiers en tenant compte de leur hétérogénéité structurale et de mieux comprendre les liens entre structures et sensibilité des systèmes aux divers bioagresseurs ; (ii) à l'échelle supra-parcellaire d'identifier et clarifier l'effet de la structure des systèmes adjacents sur l'intensité des attaques ; (iii) d'améliorer la lutte contre les bioagresseurs considérés par une meilleure compréhension des interactions entre structure et processus écologiques influant sur le développement épidémique.

Contexte – exposé des motifs

La propagation des bioagresseurs dans les différents écosystèmes cultivés dépend de nombreux facteurs : climatiques, pédologiques, topographiques, agronomiques (Avelino et al., 2009 ; Mouen Bedimo et al., 2008 ; Zadoks & Schein, 1979). Ainsi, cette propagation dépend de la sensibilité

des cultures et du matériel végétal, mais aussi de la structure des plantations et du paysage dans lequel ces plantations se situent.

La structure est un facteur de propagation important de nombreux bioagresseurs, car elle détermine le degré de connectivité des arbres et des parcelles (Holdenrieder et al., 2004). Par ailleurs, le microclimat, induit par différentes structures de parcelles, peut avoir un impact sur l'installation de certains bioagresseurs (Cappaert & Powelson, 1990). Différentes organisations intra et supra parcellaires peuvent perturber les cycles parasites selon divers mécanismes : la dispersion des maladies en relation avec des effets de barrière ou de connectivité/fragmentation ; le succès de la pollution des organes de la plante hôte en relation avec la densité et l'organisation spatiale des individus hôtes ; le déroulement même des étapes infectieuses du pathogène en relation avec des altérations du microclimat et de la physiologie de la plante hôte ; la survie ou le déclin du pathogène en relation avec la présence d'une faune et flore auxiliaires qui pourraient être favorisées dans les systèmes complexes (plurispécifiques, pluristratifiés).

Ces organisations structurales sont cependant mal caractérisées, particulièrement dans le cas des systèmes complexes. Les cultures pérennes tropicales, comme le cacaoyer ou le caféier, présentent pourtant des structures très variées de plantation, de la monoculture en plein soleil jusqu'aux agroforêts (Babin et al., 2010). Pour ces derniers, plurispécifiques et complexes, la difficulté d'appréhender ces organisations structurales explique l'absence de leur prise en compte dans les modèles épidémiologiques ; en effet, la plupart de ces modèles sont souvent développés à l'échelle de l'individu moyen sur une parcelle homogène. Pour mesurer l'impact des structures de plantation sur le développement des maladies et ravageurs et en tenir compte dans les modèles, il est déjà nécessaire de caractériser ces structures à l'aide d'outils simples et efficaces.

Méthodes

Dans ce travail de thèse, des méthodologies de caractérisation des structures intra-parcellaires seront expérimentées. L'échelle supra-parcellaire sera également examinée, dans la perspective de caractériser et de quantifier les degrés de connectivité entre parcelles.

(i) A l'échelle de la parcelle, un échantillon de systèmes représentatifs de la diversité rencontrée dans les zones d'étude sera caractérisé. Les effets de la structure du système sur les niveaux d'attaque, i.e. l'incidence et la nuisibilité des bioagresseurs seront étudiés. Une sélection de variables de structure, caractérisant la culture principale et les arbres d'ombrage (pourcentage et type d'ombrage, densité de plantation, histogramme des diamètres et/ou des hauteurs, taux de mélange, organisation spatiale par exemple) sera testée pour prédire les niveaux d'attaque des bioagresseurs considérés. Pour caractériser ces niveaux d'attaque, nous nous intéresserons aux symptômes sur les individus attaqués et à l'impact sur le rendement, en utilisant des méthodes classiques de mesure d'intensité d'attaque (Avelino *et al.*, 2007).

Nous pourrions aussi nous intéresser à des variables d'état du système corrélées aux variables de structure (disponibilité en lumière pour le sous-étage cultivé par exemple, hygrométrie).

(ii) A l'échelle supra-parcellaire, l'environnement des parcelles étudiées sera examiné afin de mettre en évidence des relations entre l'intensité des attaques observées dans les parcelles d'étude et les unités de paysage adjacentes, à différentes distances de ces parcelles. Pour se faire, il sera nécessaire d'avoir accès à des cartes de l'utilisation des sols et/ou des photos aériennes récentes et faciles à interpréter. Des indices de la fragmentation/connectivité du paysage seront mis au point dans la perspective d'identifier des variables explicatives pertinentes de la sensibilité des parcelles.

Nous mettrons un accent sur la caractérisation des organisations spatiales. Des outils de modélisation empirique seront utilisés aux différentes échelles étudiées. A l'échelle intra-parcellaire, nous mobiliserons des outils de statistique spatiale, les processus ponctuels, largement utilisés pour décrire les structures spatiales en foresterie (Ngo Bieng *et al.*, 2006 ; Perry *et al.*, 2006). A l'échelle supra-parcellaire, nous mobiliserons des outils de géostatistique et de GIS pour extraire des variables pertinentes dans la caractérisation des systèmes adjacents (Nelson *et al.*, 1999). Des modèles basés sur des relations statistiques entre variables de structure et intensité des attaques des bioagresseurs considérés, intégrant l'ensemble des résultats obtenus, seront élaborés. Ces modèles permettront de proposer des méthodes de gestion agroécologique des maladies et ravageurs considérés, basées sur l'intégration d'organisations structurales optimales aux échelles intra et supra-parcellaires.

Résultats attendus

Une typologie à l'échelle de la parcelle des organisations structurales des SAF étudiés ;
 Une typologie à l'échelle supérieure à la parcelle des SAF étudiés (un synthèse de leurs unités environnantes) ;
 Une élaboration méthodologique des démarches de prise en compte des organisations structurales intra et supra parcellaire ; méthodologie pouvant être expérimentées sur d'autres systèmes complexes à base d'autres perennes ;
 Des modèles statistiques de corrélation entre variables de structure étudiées et intensité des attaques de bioagresseurs.

Références

Liste de quelques publications de l'équipe proposant le sujet illustrant sa capacité à la mener à bien

- Avelino J.**, Cabut S., Barboza B., Barquero M., Alfaro R., Esquivel C., Durand J.F., **Cilas C.** (2007). Topography and crop management are key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97 (12): 1532-1542.
- Avelino J.**, Bouvret M.-E., Salazar L., **Cilas C.** (2009). Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae* sensu lato in coffee roots, in Costa Rica. *Applied Soil Ecology* 43: 95-105.
- Avelino J.**, Willocquet L., Savary S. (2004). Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. *Plant pathology* 53: 541-547.
- Avelino J.**, Zelaya H., Merlo A., Pineda A., Ordoñez M., Savary S. (2006). The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological Modelling* 197: 431-447.
- Babin R., ten Hoopen G. M., Cilas C.**, Enjalric F., Yede, Gendre P., Lumaret J.C. (2010). Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* Hag. (Hemiptera: Miridae) in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and Forest Entomology* 12: 69-79.
- Mouen Bedimo J.A., Bieysse D., Njiayoum I., Deumeni J.P., **Cilas C.**, Notteghem J.L. (2007). Effect of cultural practices on the development of arabica coffee berry disease, caused by *Colletotrichum kahawae*. *European Journal of Plant Pathology* 119 (4): 391-400.
- Mouen Bedimo J. A., Njiayoum I., Bieysse D., Ndoumbè Nkeng M., **Cilas C.**, Nottéghem J.L. (2008). Effect of shade on Arabica coffee berry disease development: towards an agroforestry system to reduce disease impact. *Phytopathology* 98: 1320-1325.
- Ngo Bieng M.A.**, Ginisty C., Goreaud F., Perot T., 2006. A first typology of Oak and Scots pine mixed stands in the Orleans forest (France), based on the canopy spatial structure. *New Zealand Journal of Forestry Science* 36 (2-3), 325-346.

Autres références

- Cappaert M.R., Powelson, M. I. (1990). Canopy density and microclimate effects on the development of aerial stem rot of potatoes. *Phytopathology* 80 (4): 350-356.
- Franzen, M., Borgerhoff Mulder, M. 2007. Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodiversity and Conservation*. 16, 3835-3849.
- Holdenrieder O., Pautasso M., Weisberg P. J., Lonsdale D. (2004). Tree diseases and landscape processes: the challenge of landscape pathology. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19(8): 446-452.
- Nelson M.R., Orum T.V., Jaime-Garcia R. (1999) Applications of geographic Information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. *Plant disease* 83: 308-319.
- Perry G.L.W., Miller B.P., Enright N.J. (2006). A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology* 187: 59-82
- Ploetz R. (2007). Cacao Diseases: Important Threats to Chocolate Production Worldwide. *Phytopathology* 97(12): 1634-1639.
- Zadoks J.C., Schein R.D. (1979). *Epidemiology and Plant Disease Management*. New York, U.S.A.: Oxford University Press