



CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR LES AGROSYSTEMES (CIR)

OFFRE DE THESE

Titre

Modélisation des effets de la structure spatiale du couvert arboré sur le partage des ressources lumière, eau et azote et le microclimat

Résumé (en 10 lignes) :

La structure du couvert arboré (agencement dans l'espace des arbres, composition, densité) a une nette influence sur le microclimat (rayonnement, température, hygrométrie) et la disponibilité des ressources (lumière, eau, azote) au sein des écosystèmes arborés naturels ou cultivés. En particulier, elle peut conduire à un microclimat tamponné par rapport à l'extérieur du peuplement arboré et à des propriétés émergentes favorisant la disponibilité en ressources. Ces propriétés sont particulièrement importantes à prendre en compte dans le contexte général de changement climatique en terme d'atténuation du réchauffement. Dans une approche systémique, il est nécessaire d'intégrer les interactions entre les différentes strates de l'écosystème (arboré, arbustive, herbacée) pour optimiser le partage des ressources. L'hypothèse testée serait qu'il existe une ou des structures arborées qui permette(nt) d'optimiser les différentes ressources sous différentes hypothèses de forçage climatique. En s'appuyant sur une approche théorique basée sur des processus génériques, la démarche est de paramétrer et valider le modèle RReShar (Regeneration and Resource Sharing) afin de tester *in silico* l'effet de différentes structures arborées de complexité croissante. La thèse reposera sur la plateforme de modélisation Capsis, déjà utilisée par l'équipe.

Etat de l'art / Questionnement scientifique :

Contexte : Les travaux des dernières décades montrent que la structure du couvert arboré (densité des arbres, disposition spatiale, composition spécifique) a une nette influence sur la disponibilité des ressources (lumière, eau, azote) entre les différentes strates des écosystèmes naturels ou cultivés et incluant des interactions fonctionnelles entre elles (Barbier et al., 2008, Vernay et al., 2017, Vernay et al., 2019, Vernay et al., 2016, Fernandez et al., 2020b, Fernandez et al., 2020a, Fernandez et al., 2022, Henneron et al., 2017, 2018). Cette structure induit également des propriétés émergentes en termes météorologique et microclimatique qui peuvent influencer les interactions fonctionnelles entre les différentes strates végétales (Balandier et al., 2006, Balandier et al., 2022a et b, Barbier et al., 2009, Gaudio et al., 2017, Prévosto et al., 2020). En particulier, elles peuvent conduire à un microclimat tamponné par rapport à l'extérieur du peuplement arboré. Ces propriétés sont particulièrement importantes à prendre en compte dans le contexte général de réchauffement du climat. En particulier elles peuvent conditionner la réussite des cultures associées aux arbres dans les systèmes agroforestiers (Balandier et al., 2003) ou la régénération et la diversité des forêts cultivées.

Objectif & hypothèse : L'objectif de la thèse est d'identifier la (ou les) structure(s) du couvert arboré qui permettent d'optimiser la disponibilité en ressources et le microclimat au sein des écosystèmes arborés (forestiers, agroforestiers) afin de concevoir et optimiser des écosystèmes cultivés plus résilients à la contrainte climatique. L'hypothèse principale testée dans la thèse serait qu'il existe une ou des structures arborées (ni trop ouvertes, ni trop fermées, étagées) qui permettent d'optimiser le partage des ressources sous différentes hypothèses de forçage climatique.

Démarche : Cette approche théorique et systémique s'appuie sur la connaissance de processus génériques impliqués dans le partage des ressources entre espèces végétales, dans un écosystème arboré adulte. Comme il est quasiment impossible de tester *in vivo* de multiples structures arborées, en particulier adultes, l'outil de modélisation sera privilégié. La démarche générale est de paramétrer le modèle sur la base de quelques placettes expérimentales¹, de l'évaluer sur la base de l'enregistrement des ressources sur le terrain et de le valider sur quelques placettes indépendantes. L'écosystème type étudié sera composé d'une ou quelques espèces arborées et d'une strate herbacée de graminées. Les sorties du modèle seront des incréments de croissances, en hauteur et en couvert sur quelques années, et proxy de la biomasse pour la végétation d'une part et l'établissement du bilan en eau, azote et lumière pour les ressources, d'autre part. Le plan d'expérimentation numérique s'attachera à tester deux variables : la densité d'arbres ainsi que leur arrangement spatial (répartition homogène ou hétérogène sur la parcelle), et ce de façon combinée (e.g. Barrère et al., 2024). Une comparaison de l'effet de structures arborées ayant des niveaux de complexité croissante sera menée. Le modèle prendra en compte de façon explicite le partage des ressources entre les différentes strates de l'écosystème, élément fondamental de l'approche systémique. La thèse utilisera la plateforme de modélisation Capsis que l'équipe MEA du PIAF utilise déjà et dans laquelle le modèle RReShar (Regeneration and Resource Sharing, e.g. Balandier et al., 2013 ; Barrère et al., 2024) est implémenté. Il simule la croissance de différentes strates végétales en interaction pour la lumière et l'eau au sein d'un même écosystème. Il nécessitera des développements, notamment l'introduction du cycle de l'azote et de l'effet de variables de forçage climatique autres que l'eau ou la lumière (températures extrêmes notamment). La thèse bénéficiera des compétences scientifiques et techniques de l'équipe

¹ Différentes placettes suivies depuis de nombreuses années sont disponibles. Par exemple celles en silvopastoralisme du Vallon Lamartine (collaboration herbipole) ou encore les placettes manipulant la densité en forêt (Tronçais, OPTMix, collaboration ONF) et seront mobilisées à cet effet.

49 Boulevard F. Mitterrand CS 60032
63001 CLERMONT-FERRAND Cedex 1

d'accueil en termes de caractérisation des processus écologiques, écophysiologicals et de l'environnement microclimatique (température, rayonnement perçu) et en termes de modélisation.

Proposition de déroulement du projet (possibilité d'insérer un diagramme de Gantt) :

Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Etat de l'art, bibliographie												
Prise en main des modèles												
Développements numériques												
Recueil de données												
Paramétrisation, validation												
Plan de simulation												
Simulations												
Valorisation												
Rédaction de la thèse												

A noter que le doctorant pourra disposer des données récoltées sur différentes parcelles expérimentales depuis de nombreuses années ce qui est un élément de crédibilité pour le paramétrage et la validation du modèle.

Compétences et formation requises

Le ou la doctorant(e) doit être titulaire d'un diplôme de Master de Recherche 2 ou d'un diplôme d'ingénieur. Il devra posséder des connaissances en écophysiologicals et écologie végétale, voire en agronomie. Une première expérience en modélisation et un goût pour les analyses statistiques (avec la maîtrise du logiciel R) sont aussi requis pour mener à bien ce projet pluridisciplinaire. Curieux (se), rigoureux (se), organisé(e) et capable de travailler en équipe, le/la doctorant(e) devra s'impliquer dans des analyses de terrain.

Candidatures et modalités de recrutement

Le/la candidat(e) sera inscrit à l'ED SVEA de l'université Clermont-Auvergne (UCA) pour les 3 ans de la thèse. Le financement du contrat doctoral est acquis (UCA- Isite CAP20-25).

Début de la thèse souhaité : entre octobre et décembre 2024 pour une durée de 3 ans

Unité de rattachement : UMR 547 PIAF (UCA-INRAE) ; l'unité est localisée sur 2 sites, l'un sur le campus universitaire des Cézeaux (Aubière) et l'autre sur le site INRAE de Crouël (Clermont-Ferrand).

La thèse se déroulera sur ce dernier.

Directeur, co-directeur et encadrant de thèse : Philippe Malagoli (MCU-HDR, UCA), Philippe Balandier (DR-HDR, INRAE) & Marc Saudreau (CR-HDR, INRAE).

PROFIL DE POSTE DOCTORANT-E

**49 Boulevard F. Mitterrand CS 60032
63001 CLERMONT-FERRAND Cedex 1**

Candidature à adresser par mail [lettre de motivation + CV ; noms et mail pour lettres de recommandation ; les relevés de notes de M1 et M2] à recrutement.drh@uca.fr jusqu'au 01 juillet 2024.

Références/Bibliographie indicative :

- Balandier P., Bergez J.E., Etienne M., 2003.** Use of the management-oriented silvopastoral model ALWAYS: calibration and evaluation. *Agroforestry Systems*, 57, 159-171.
- Balandier P, Collet C, Miller JH, Reynolds PE, Zedaker SM. 2006.** Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry*, 79: 3-27.
- Balandier P, Sinoquet H, Frak E, Giuliani R, Vandame M, Descamps S, Coll L, Adam B, Prevosto B, Curt T. 2007.** Six-year time course of light-use efficiency, carbon gain and growth of beech saplings (*Fagus sylvatica*) planted under a Scots pine (*Pinus sylvestris*) shelterwood. *Tree Physiology*, 27: 1073-1082.
- Balandier P., Donès N., Le Texier E., De Coligny F. 2013.** RReShar: a functional–structural forest model to simulate tree regeneration according to resources. ISEM 2013, Ecological Modelling for Ecosystem Sustainability. Toulouse, France, 2013/10/28-31.
- Balandier P., Gobin R., Prevosto B., Korboulewsky N. 2022.** The contribution of understorey vegetation to ecosystem evapotranspiration in boreal and temperate forests: a literature review and analysis. *European Journal of Forest Research*, 141, 979-997, <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01505-0>.
- Balandier P., Marrel A., Prévosto B., Vincenot L. 2022.** Tamm review: Forest understorey and overstorey interactions: So much more than just light interception by trees. *Forest Ecology and Management*, 526, 120584.
- Barbier S., Gosselin F., Balandier P. 2008.** Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – a critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 254, 1, 1-15.
- Barbier S, Balandier P, Gosselin F. 2009.** Influence of several tree traits on rainfall partitioning in temperate and boreal forests: a review. *Annals of Forest Science*, 66.
- Barrere J., Ligot G., Boulanger V., Collet C., Courbaud B., Coligny F., Marell A., Said S., Balandier P., 2024.** Oak regeneration facing deer browsing: can competition between saplings offset the diversion effect? A simulation experiment. *Ecological Modelling*, 489, 110608, 10 p.
- Fernandez M, Malagoli P, Vernay A, Améglio T, Balandier P. 2020a.** Below-ground nitrogen transfer from oak seedlings facilitates *Molinia* growth: 15N pulse-chase labelling. *Plant and Soil*, 449: 343-356.
- Fernandez M, Malagoli P, Vernay A, Améglio T, Balandier P. 2020b.** Échecs de régénération du chêne en présence de *Molinie* : au-delà d'une simple pour les ressources. *Les Rendez-vous techniques de l'ONF*: 39-45.
- Fernandez M, Vernay A, Henneron L, Adamik L, Malagoli P, Balandier P. 2022.** Plant N economics and the extended phenotype: Integrating the functional traits of plants and associated soil biota into plant–plant interactions. *Journal of Ecology*, 110: 2015-2032.
- Gaudio N, Gendre X, Saudreau M, Seigner V, Balandier P. 2017.** Impact of tree canopy on thermal and radiative microclimates in a mixed temperate forest: A new statistical method to analyse hourly temporal dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 237–238: 71-79.
- Henneron L., Chauvat M., Archaux F., Akpa-Vinceslas M., Bureau, F., Dumas Y., Ningre F., RICHTER C., Balandier P., Aubert M., 2018.** Plasticity in leaf litter traits of *Quercus petraea* partly mitigates the impact of thinning on forest floor carbon cycling. *Functional Ecology*, 32, 2777-2789.
- Henneron L., Aubert M., Bureau F., Archaux F., Dumas Y., Ningre F., Richter C., Balandier P., Chauvat M., 2017.** Forest plant community as a driver of soil biodiversity: experimental evidence from

PROFIL DE POSTE DOCTORANT-E

49 Boulevard F. Mitterrand CS 60032
63001 CLERMONT-FERRAND Cedex 1

collembolan assemblages through large-scale and long-term manipulation of tree canopy opening. *Oikos*, 126, 3, 420 – 434.

Ligot G, Balandier P, Fayolle A, Lejeune P, Claessens H. 2013. Height competition between *Quercus petraea* and *Fagus sylvatica* natural regeneration in mixed and uneven-aged stands. *Forest Ecology and Management*, 304: 391-398.

Prevosto B., Helluy M., Gavinet J., Fernandez C., Balandier P., 2020. Microclimate in Mediterranean pine forests: What is the influence of the shrub layer? *Agricultural and Forest Meteorology*, 282-283, 107856.

Vernay A, Balandier P, Guinard L, Améglio T, Malagoli P. 2016. Photosynthesis capacity of *Quercus petraea* (Matt.) saplings is affected by *Molinia caerulea* (L.) under high irradiance. *Forest Ecology and Management*, 376: 107-117.

Vernay A, Malagoli P, Perot T, Fernandez M, Améglio T, Balandier P. 2017. Unexpected impact of N availability on the interaction between *Quercus* and *Deschampsia*. *Conference Functional Ecology & Environment*, Toulouse (France), 11-12 juillet.

Vernay A, Malagoli P, Fernandez M, Améglio T, Balandier P. 2019. Régénération du chêne en compétition avec la molinie : un délicat dosage des ressources en eau et en lumière. *Les Rendez-vous techniques de l'ONF*: 3-10.