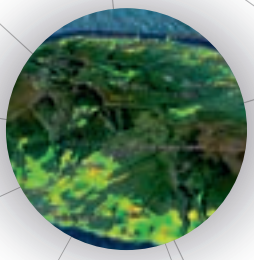
les dossiers
d'AGROPOLIS
INTERNATIONAL
Compétences de la communauté scientifique en région Occitanie

SYSTÈMES COMPLEXES
de la biologie aux territoires



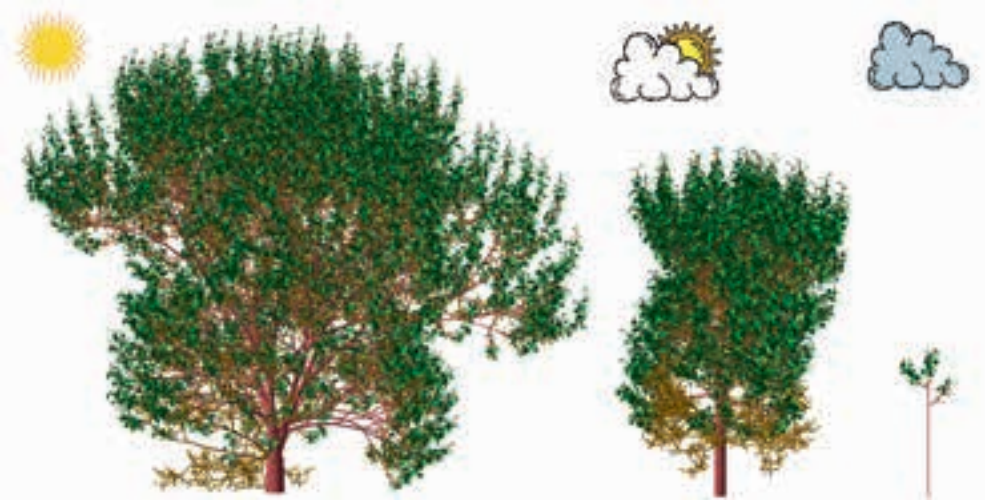
Numéro 23
Juin 2018

Modélisation et simulation de la croissance des plantes : un système dynamique et complexe

La structure d'une plante résulte d'un schéma de déploiement génétiquement déterminé mais dont l'expression est modulée par l'environnement. Elle matérialise un double mécanisme liant développement — ou organogénèse : mise en place de nouveaux organes par des méristèmes terminaux — et croissance — expansion des organes jusqu'à maturation. Les modèles de développement (dits « structuraux ») permettent des représentations réalistes des plantes, mais sans quantifier la biomasse alors que les modèles de croissance lient la photosynthèse produite par la surface foliaire aux ressources (eau, lumière). L'offre en biomasse se répartit dans les compartiments de la plante proportionnellement à leurs demandes. Sur les cultures aux conditions environnementales stables, ces modèles permettent de bonnes prédictions. Les modèles structures-fonctions couplent dans un système dynamique développement et croissance, *via* des simulateurs plus ou moins compliqués.

Dans l'approche *GreenLab*, l'organogénèse est stochastique, définie par des lois de fonctionnement probabiliste des méristèmes (croissance, ramification, mortalité) déduites d'observations. À chaque cycle de croissance, de nouvelles cohortes d'organes sont générées. Conjointement, le modèle de croissance est appliqué : celle-ci est calculée pour chaque cohorte selon la demande de la plante et l'offre disponible. Le rapport offre/demande est considéré comme une pression exercée par l'offre disponible en biomasse sur les méristèmes et les organes agissant directement sur leurs fonctionnements. En impactant les lois de probabilités, ce rapport permet la rétroaction de la croissance sur le fonctionnement des méristèmes et, par conséquent, sur le développement de l'architecture. Ce choix, issu des équations du modèle, est cohérent avec de nombreuses observations faites sur les plantes : sur les arbres, l'architecture montre une grande plasticité en fonction des conditions environnementales ; les simulations illustrent des propriétés émergentes reconnues des systèmes complexes telles que l'apparition de phénomènes pseudo-rythmiques sur la fructification pour certaines plantes agronomiques ou sur l'apparition de branches maîtresses sur des arbres matures.

Contacts : M. Jaeger, marc.jaeger@cirad.fr et P. De Reffye, ph.dereffye@gmail.com (UMR AMAP)
Plus d'informations : http://greenlab.cirad.fr/GLUVED/
www.quae.com/fr/r5053-architecture-et-croissance-des-plantes.html
https://interstices.info/jcms/c_38032/une-histoire-de-la-modelisation-des-plantes



◀ ***Simulation de l'effet de la lumière sur la rétroaction croissance-développement illustrant la plasticité architecturale dans le modèle GreenLab pour un même arbre de 15 ans.*** *La biomasse synthétisée est proportionnelle au rayonnement. Son augmentation accroît la valeur du rapport offre/demande, ce qui a un effet direct sur l'intensité du développement. D'après Mathieu* et al., *2009.* Annals of Botany. *103(8): 1173-1186.*

▲ ***Simulation de l'effet de la densité sur le développement et l'architecture par rétroaction croissance-développement illustrant la plasticité architecturale dans le modèle GreenLab.*** *La surface de production disponible (Sd) est d'autant plus faible que la densité est forte. Cette surface limite la production par arbre et donc le rapport offre sur demande, ce qui par rétroaction diminue l'intensité de ramification et raccourcit la durée de vie des branches. D'après Hua* et al., *2011. CASE. IEEE. 4: 185-188.*