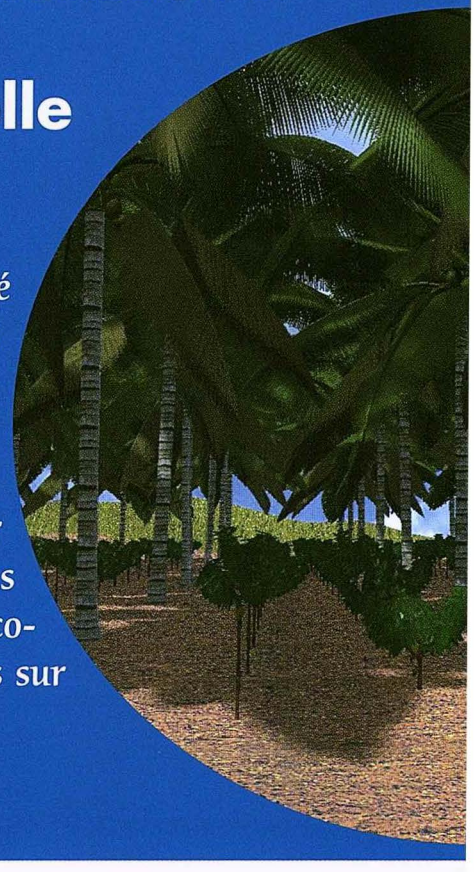
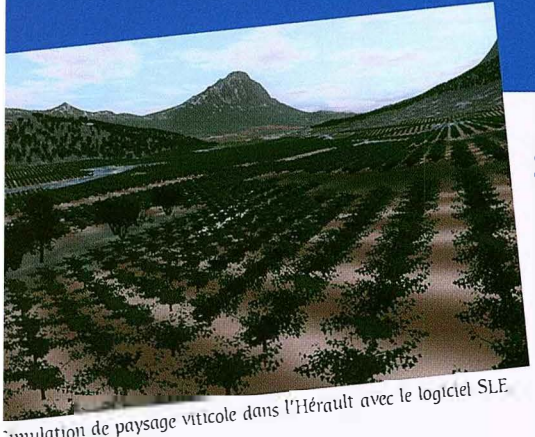
Optimiser la production de biomasse en minimisant l'impact sur l'environnement

Les apports de **l'agronomie virtuelle**



L'unité mixte de recherche AMAP du Cirad a développé des logiciels pour simuler le développement architectural des plantes et leur production. En agençant ces plantes en peuplements, de l'échelle de la parcelle à l'échelle du paysage, il devient possible de réaliser des expériences virtuelles pour évaluer et optimiser l'effet des pratiques culturales ou l'effet de conditions environnementales sur la croissance. Cette démarche éco-informatique peut aussi contribuer à répondre à des questions sur l'impact environnemental de la production agricole.



Simulation de paysage viticole dans l'Hérault avec le logiciel SLE
© S. Griffon, Cirad

Simuler la croissance des plantes

La modélisation de l'architecture et du développement des plantes individuelles permet de comprendre comment les processus élémentaires de croissance évoluent au cours du temps au sein de la plante et comment ils sont affectés par les conditions environnementales. Les modèles de croissance sont intégrés dans des logiciels de simulation (AMAPsim, Digiplante) qui permettent de simuler la structure de plantes en conditions naturelles variables sur les plans agronomique et environnemental. Cette approche a été menée sur diverses plantes modèles (tournesol, maïs, palmier à huile, caféier, eucalyptus, pin, etc.).

La reconstitution de peuplements végétaux, par exemple d'une parcelle de culture, permet de simuler, d'analyser et d'optimiser la production végétale en conditions agronomiques et environnementales variables pour différentes applications qui prennent en compte l'architecture des plantes. Il est par exemple possible de simuler la quantité et la qualité de la lumière interceptée par les plantes grâce à leur description tridimensionnelle (logiciel Archimed).

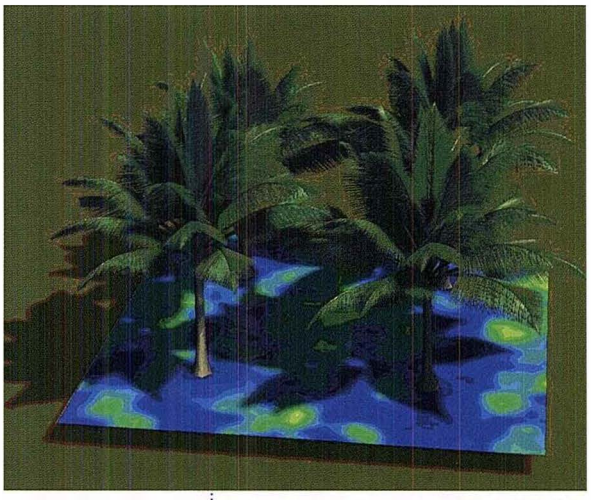
L'adaptation de ces modèles à l'échelle du paysage permet de simuler la variabilité de la croissance en relation avec les conditions locales d'ensoleillement, de précipitations, de diffusion de l'eau dans le sol... (logiciel GreenLab paysage).

Contact

Thierry Fourcaud
Cirad
UMR AMAP
Boulevard de la Lironde
34398 Montpellier Cedex 5
France

thierry.fourcaud@cirad.fr

Le développement d'algorithmes pour la visualisation de la plante au paysage (logiciel SLE) trouve des nouvelles applications dans les domaines de l'animation graphique (réalité virtuelle, films, jeux vidéo, etc.).



Simulation de la cartographie de lumière transmise sous cocotiers de six ans sous la plateforme Archimed. © J. Dauzat, Cirad

Améliorer l'interception lumineuse en agroforesterie

Grâce au couplage des logiciels AMAPsim et Archimed, la cartographie de la lumière disponible pour les cultures intercalaires (maïs, cacaoyer, soja...) a été simulée pour des systèmes agroforestiers à base de teck ou d'*Acacia mangium* en Indonésie, ou à base de cocotier au Vanuatu. Ces études montrent comment évolue la quantité de lumière disponible et sa répartition spatiale en fonction du développement des arbres. Elles permettent de planifier les cultures possibles en fonction de leur tolérance à l'ombrage.

Des expériences de simulation sont aussi menées pour évaluer les possibilités d'optimisation de ces systèmes en modifiant la densité des arbres et leur motif de plantation, ou bien en élaguant les branches basses quand le développement des arbres devient trop important. On a pu montrer, par exemple, comment l'orientation Nord-Sud des lignes d'arbres améliore la répartition de la lumière dans la parcelle ou comment un élagage de la partie inférieure de la couronne d'*Acacia mangium* de trois ans permet de quadrupler la quantité de lumière disponible pour les cultures intercalaires.

Plantes de tournesol (variété Heliasol) au champ. © H. Rey, Cirad

Plantes de tournesol simulées avec le logiciel AMAPsim. © H. Rey, Cirad

Définir des idéotypes de variétés de tournesol

L'interaction entre la vitesse de développement et la croissance des organes chez le tournesol est abordée en fonction des conditions de température et de lumière que rencontre la culture au cours de sa croissance et en fonction du dispositif de plantation retenu. L'expérimentation virtuelle aboutit à une optimisation des dispositifs de plantation (densité, écartement) pour des écotypes et des situations géographiques déterminées. Il est aussi possible de définir, dans l'itinéraire cultural, des périodes de plus ou moins grande sensibilité de la culture à des déficits hydriques et ainsi d'optimiser l'irrigation.

Ces études permettent de définir des idéotypes de variétés de tournesol, prenant en compte à la fois les caractéristiques architecturales (par exemple pour une meilleure interception de la lumière) et les caractéristiques de croissance de la plante (pour une meilleure exploitation de l'eau et des conditions de température) afin d'être les plus performants dans des conditions environnementales fluctuantes. Cette approche agro-physiologique permet de tester le comportement des variétés de tournesol dans des nouvelles conditions d'environnement et d'adapter les techniques culturales. D'autres études du même type ont été menées sur le coton, le maïs ou encore la tomate, utilisant le modèle GreenLab.

Partenaires

- Chinese Academy of Sciences – Institute of Automation (CASIA), Chine
- Laboratoire d'informatique d'automatique et de mathématiques appliquées (LIAMA), Chine
- China Agricultural University (CAU), Key laboratory of plant-soil interactions, Chine
- Institut national de la recherche en informatique et automatique (INRIA), Equipe projet DIGIPLANTE, France

cirad