

# L'AGROFORESTERIE POUR UN DÉVELOPPEMENT RURAL DURABLE

Montpellier, France, 23-29 juin 1997

**Le CIRAD et l'INRA ont organisé, en juin dernier, un Atelier auquel participèrent 120 chercheurs venus du monde entier et engagés dans la recherche fondamentale et la modélisation en agroforesterie.**

Cet Atelier avait deux objectifs principaux : comprendre le fonctionnement des processus impliqués dans les systèmes agroforestiers et présenter des modèles applicables à l'agroforesterie en faisant ressortir les liens existants entre pays tempérés, méditerranéens et tropicaux.

Nous nous contenterons ici de montrer quelques exemples de systèmes tempérés et méditerranéens et de souligner les avancées scientifiques mais aussi les lacunes dans les connaissances qui sont ressorties

des communications présentées lors de ces journées.

## SYSTÈMES AGROFORESTIERS TEMPÉRÉS ET MÉDITERRANÉENS

Plusieurs exemples de systèmes agroforestiers tempérés ou méditerranéens ont été présentés, venant d'Europe, d'Amérique, d'Asie et

De nombreuses communications ont porté sur les processus impliqués dans l'agroforesterie, aux échelles de la parcelle (interactions agronomiques), de l'exploitation agricole ou de la propriété foncière (aspects micro-économiques) ou du terroir (aménagement de l'espace rural). Ici, des ovins pâturent en forêt domaniale, en région méditerranéenne française (Palayson, Var) permettant de contrôler les strates herbacée et arbustive hautement combustibles.

*Many communications were related to the basic processes involved in agroforestry at different scales : field level (agricultural interactions), farm or land tenure level (micro-economic aspects), landscape level (rural land use management). An illustration of sheep grazing in a state forest in the French Mediterranean region (Palayson, Var) to help suppress the growth of highly flammable shrubby and herbaceous understorey.* ▶



Photo : D. AUCLAIR

d'Océanie. De nombreux systèmes, traditionnels ou plus modernes, fonctionnent de manière satisfaisante dans ces régions. Nous pouvons citer :

- des systèmes sylvopastoraux, traditionnels (parcours boisés, pâturage en forêt, cultures à objectifs multiples, arbustes fourragers) ou nouveaux (plantations d'arbres à bois sur prairies pâturées),
- des systèmes agrisylvicoles (cultures intercalaires),
- des boisements linéaires (brise-vent, bocage),
- des assolements culturels (arbres à courte rotation, alternatives à la jachère).

Les objectifs peuvent être de deux ordres, non exclusifs :

- Rentabilité financière à court ou moyen terme (cultures sous abri à forte valeur ajoutée, utilisation de la litière à des fins horticoles, sylvopastoralisme en tant qu'outil sylvicole pour alléger le coût d'entretien des reboisements).
- Maintien ou amélioration de l'environnement (protection contre l'érosion éolienne ou torrentielle, contre les incendies, contre la remontée des nappes et la salinisation, aménagement des ripisylves pour aider au maintien de la qualité de l'eau).

Ces objectifs peuvent aussi concerner, de façon plus globale : l'aide au développement local (tourisme, maintien des populations rurales, lutte contre la friche).

## PROCESSUS BIOPHYSIQUES

Les connaissances scientifiques concernant les nombreux processus biophysiques mis en jeu dans les systèmes agroforestiers progressent, surtout en ce qui concerne les parties aériennes. Les parties souterraines commencent également à

être explorées, donnant des résultats exploitables dès à présent. Les interactions entre deux éléments sont relativement simples à appréhender, mais dès qu'il s'agit d'interactions plus complexes (lumière/ombre, précipitations, humidité, nutrition minérale et en particulier azotée, structure du sol, présence de troupeaux...), il devient délicat de déterminer quels sont les facteurs-clés de la production dans ces systèmes. Par exemple, l'ombre portée par les houppiers réduit la production de la strate basse si la lumière est le facteur limitant mais, dans certaines conditions environnementales, cette ombre peut avoir des effets positifs si elle permet d'améliorer le statut hydrique des plantes. La complexité des situations incite à l'utilisation de modèles, intégrant autant que possible l'ensemble des processus.

Nous donnerons ici quelques exemples de processus présentés à cet Atelier :

### • Parties souterraines

Les connaissances actuelles sur les interactions racinaires suggèrent des applications pratiques : plutôt que de rechercher seulement les espèces ou génotypes les plus appropriés (les moins compétitifs), on peut aussi tenter de gérer les interactions souterraines (en agissant sur la taille, l'élagage, le sarclage, la distribution d'engrais, les cultures associées, l'assolement).

Cependant les connaissances sur l'architecture et le développement racinaire, le fonctionnement des parties souterraines (absorption d'eau et d'éléments minéraux), la compétition souterraine sont encore trop partielles et mériteraient plus d'attention.

### • Eau

Les mécanismes hydriques mis en jeu dans les interactions (infiltration, évaporation du sol, interception) ont conduit à l'utilisation de techniques

agroforestières pour contrôler les remontées de la nappe phréatique dues à un déboisement excessif (exemple de l'Australie) et les remontées salines. Cependant le sel peut devenir toxique vis-à-vis des arbres, entraînant une réduction de la transpiration, d'où une diminution de l'effet positif des arbres sur la remontée des nappes.

Certaines plantes (légumineuses pérennes) peuvent exercer une forte compétition pour l'eau. Mais, si elles ont un rythme de croissance complémentaire à celui des arbres, elles ne leur sont pas défavorables et peuvent au contraire les stimuler en apportant de l'azote.

### • Minéraux

L'agroforesterie est souvent considérée comme favorable au cycle de l'azote et au statut organique du sol. Cette capacité est reconnue, mais n'est pas universelle. On a constaté, dans certaines conditions, une amélioration de la production herbacée à l'ombre des arbres, qui serait due à une meilleure nutrition azotée (et non hydrique), le bilan hydrique favorable ayant pour effet principal d'améliorer la minéralisation de l'azote. Un enrichissement en azote en présence d'arbres fixateurs peut être attribué à la litière, dont le rapport C/N bas facilite la minéralisation, mais aussi aux exsudats racinaires facilement assimilables par les racines de la strate basse.

L'utilisation optimale des ressources du sol par les différents composants du système est importante en agroforesterie. On recherche, par exemple, des espèces complémentaires, pouvant explorer le sol dans des horizons différents. On a ainsi défini la notion de « filet de sécurité », lorsque les arbres peuvent utiliser l'azote, en particulier dans des conditions de fort lessivage. Les minéraux peuvent ensuite être recyclés par la litière.

Les mécanismes de captation et d'utilisation des ressources du milieu par les différents compartiments du système sont encore trop peu connus et méritent encore des approfondissements.

- **Structure du sol**

On a constaté un accroissement de la porosité des sols grâce à la présence d'arbres, entraînant une augmentation de l'activité biologique. Il en résulte une concentration des ressources qui sont mieux utilisées par les racines, mais aussi par les oiseaux, les troupeaux...

- **Allélopathie**

Les phénomènes d'allélopathie peuvent être particulièrement importants parmi les interactions entre strates et méritent d'être cités ici, bien que les spécialistes du sujet n'aient malheureusement pas pu venir à la réunion.

- **Comportement animal**

On a pu observer que les animaux domestiques sont attirés par les arbres (effet d'abri ou d'ombrage). Il en résulte une compaction plus importante, d'où une aération du sol réduite, une mauvaise disponibilité de l'eau et des nutriments, ainsi qu'une diminution de la survie des arbres (dans leur jeune âge).

- **Composition botanique**

Dans des parcelles nouvellement installées, on a observé des modifications de la flore, notamment sur les parties du sol désherbées, ce qui a permis l'installation d'autres espèces herbacées sur l'espace laissé libre.

- **Génotypes**

Il est reconnu comme particulièrement important de disposer de génotypes contrôlés pour satisfaire les besoins des utilisateurs. Ces besoins concernent la production de bois de qualité mais aussi les autres produits

des arbres (écorce, fruits), ainsi que les interactions avec les autres composants du système (ombre, abri). Par ailleurs, compte tenu du faible nombre d'arbres plantés, il est important d'assurer une bonne reprise. Enfin, on doit rechercher une qualité régulière sur toute la plantation, afin de faciliter la conduite de la parcelle et obtenir une récolte finale plus facilement commercialisable.

- **Biodiversité**

Si les systèmes complexes tels que les systèmes agroforestiers augmentent généralement la biodiversité, on peut s'interroger sur l'effet de la biodiversité sur la production. En effet, une augmentation de l'avifaune peut être attribuée à une augmentation de l'entomofaune. Mais une prolifération d'insectes peut en échange être néfaste aux cultures. Une augmentation de la biodiversité peut encore se traduire par une augmentation du nombre de prédateurs des insectes ravageurs, d'où au contraire un effet positif sur les cultures.

Une augmentation de la biodiversité permet aux systèmes agroforestiers de mieux utiliser les ressources. Le bilan final, en relation avec les objectifs de l'utilisateur, reste encore à étudier surtout en ce qui concerne les relations insectes-prédateurs-maladies-hôtes dans les systèmes complexes.

## LES TECHNIQUES

Il s'agit le plus souvent de techniques empruntées à la sylviculture, à l'horticulture et à l'agronomie, mais également de certaines techniques propres à l'agroforesterie. Par exemple, l'utilisation de tubes-abris permet de protéger les arbres contre les dégâts causés par les animaux domestiques et, de plus, les nouveaux abris améliorés (« ventilés »)

peuvent favoriser la croissance des arbres dans les premières années.

La particularité de l'agroforesterie est de combiner plusieurs productions sur une même surface, et donc plusieurs techniques. Mais la difficulté est d'appliquer une technique sur l'un des composants du système, qui soit favorable et non pas défavorable aux autres (par exemple herbicides ou engrais, rémanents de la taille de formation...). Il s'agit donc souvent d'appliquer des techniques connues, avec des modes de gestion souvent totalement différents. Par ailleurs, ces techniques doivent être adaptées à des situations rarement rencontrées en monoculture (par exemple, la taille de formation des arbres à très large espacement en vue de produire du bois de qualité pose des problèmes particuliers du fait de leur forte croissance et de l'absence d'élagage naturel).

On doit s'interroger, en particulier, sur les techniques d'installation d'arbres en situation agroforestière (particulièrement sylvopastorale), modifiant le moins possible les pratiques courantes de l'agriculteur. On manque encore de connaissances sur les effets des pratiques sylvicoles, non seulement sur les arbres mais aussi sur les interactions entre composants du système et leurs conséquences agronomiques, environnementales et sur l'organisation du travail. De même, on manque de connaissances sur les effets des pratiques agronomiques sur l'ensemble du système.

L'une des difficultés rencontrées dans l'étude des systèmes agroforestiers concerne la comparaison entre traitements (agroforestier ou non). En effet, les témoins, forestiers ou agronomiques, sont rarement dans des situations parfaitement comparables au traitement agroforestier, et rarement représentatifs d'une situation. Bien que ces témoins soient indispensables, ne se

rait-ce qu'à titre de démonstration, il est en général souhaitable de faire appel, en complément, à la modélisation qui permet de mieux prendre en compte la multiplicité des facteurs mis en jeu.

## MODÉLISATION

La modélisation est un outil particulièrement intéressant pour l'étude – et la gestion – des systèmes complexes. Des approches complémentaires ont ainsi été développées, incluant aussi bien les modifications de facteurs physiques au niveau de l'individu, les équilibres biophysiques à l'échelle d'une parcelle, la simulation des productions à l'échelle d'une exploitation agricole, voire les dynamiques territoriales à l'échelle d'une petite région.

Les développements de la modélisation s'orientent vers une meilleure prise en compte des connaissances en physiologie (en particulier la structure et les fonctions des racines). Les modèles architecturaux, qui permettent de relier les processus entre eux correctement et de les situer à leur place dans l'espace, sont appelés à jouer un rôle-clé à l'avenir.

### À NOTER...

- La très forte pluridisciplinarité dans l'élaboration de modèles impliquant des statisticiens, pédologues, bioclimatologistes, agronomes, forestiers, écologistes, économistes, sociologues...
- L'utilisation croissante de l'informatique, grâce à la convivialité de la micro-informatique. De nouveaux outils se développent : modèles orientés objet, automates cellulaires, multi-agents, intelligence artificielle, systèmes d'information géographique, infographie...

Parmi les difficultés de la modélisation, on peut noter les problèmes d'échelles : par exemple, un ensemble d'arbres relativement éloignés les uns des autres (systèmes de parcs arborés, systèmes *dehesa*) peuvent avoir des effets locaux sur le microclimat et les ressources souterraines sous les arbres ou à proximité immédiate, mais ont également des effets à plus grande distance.

On s'intéresse à l'arbre, aux relations arbre/herbe/animal, aux processus (eau, minéraux, lumière), aux interactions micro- et mésoclimatiques, à l'économie aussi bien à l'échelle de l'exploitation agricole que du paysage.

L'échelle de temps pose également des problèmes importants : par exemple les interactions (compétition pour l'eau) peuvent être importantes dans le jeune âge des arbres, et diminuer plus tard grâce à une exploitation des horizons plus profonds par leurs systèmes racinaires. On s'intéresse à des plantes ayant des durées de vie différentes, ainsi qu'à des animaux et à des agriculteurs, chaque élément ayant un rythme différent.

Il est irréaliste d'envisager des modèles intégrant l'ensemble des niveaux, et il est recommandé de ne considérer qu'un ou deux ordres de grandeur (de temps ou d'espace).

Quelques aspects à développer encore dans les modèles concernent, par exemple, la nécessité de prendre en compte les « risques » causés par les prédateurs et les insectes... mais aussi les risques abio-

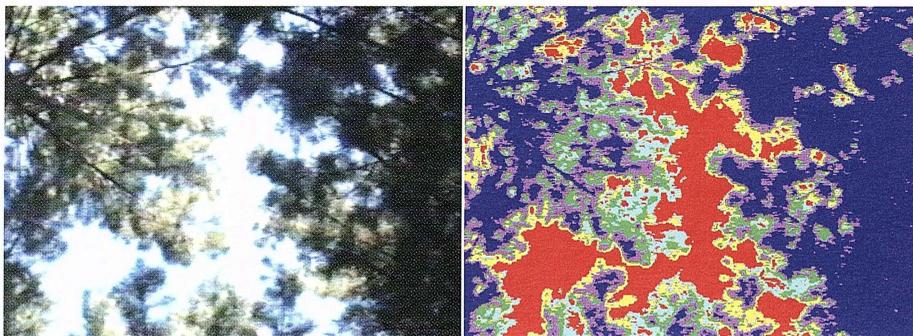


Photo : R. L. KNOWLES, NZERI

L'agroforesterie, qui est par nature un mode de mise en valeur plus complexe que la sylviculture traditionnelle ou la culture agricole pure, est un domaine de recherches particulièrement intéressant à la fois pour le développement de modèles et pour leur application. La partie gauche de cette figure montre la photographie d'un couvert arboré, la partie droite montre un modèle numérique permettant de déterminer le pourcentage de couvert et l'effet des arbres sur la croissance de la strate basse.

*Agroforestry, by essence a more complex land-use system than traditional forestry or agricultural systems, is a particularly important research field both for model development and for model applications. On the left, photograph of a tree canopy ; and on the right, a computer « classified » image used to predict the percentage of canopy cover, and the effect of the stand on the understorey.*

tiques. La flexibilité est également importante ; on doit utiliser des techniques multiples et des systèmes variés : mélanges de cultures, assolements culturels, pâturage.

Enfin, il faut souligner que les modèles agronomiques ou forestiers classiques concernent généralement des systèmes simples, dans lesquels les situations étudiées sont représentatives d'une superficie homogène relativement grande. Mais, en agroforesterie, on est toujours dans des situations de « bordure », chaque élément étant dans une situation particulière, en interactions avec d'autres.

On a souligné l'importance de maintenir les liens entre expérimentation (expérimentateurs) et modèles (modélisateurs), ainsi que les problèmes de calibration et de validation lorsque les systèmes étudiés sont encore jeunes et ne sont pas représentés dans toutes les situations souhaitables.

Enfin, il y a lieu de s'interroger sur la finalité des modèles. Ils sont souvent orientés vers des calculs économiques, mais les objectifs non marchands sont parfois prédominants dans la pratique.

## SOCIO-ÉCONOMIE

Si l'on ne s'intéresse qu'à des objectifs de rentabilité économique, les modèles économiques classiques peuvent être adaptés aux situations agroforestières. Cependant les modèles doivent prendre en compte les changements d'échelles (d'espace et de temps). En outre, les résultats des calculs économiques dépendent en grande partie des incitations ou des réglementations, y compris dans les pays à politique très libérale. Ces aspects dépendent fortement de la politique de chaque pays.

Mais les motivations des agriculteurs pratiquant l'agroforesterie sont très diverses et concernent souvent



Photo : M. ARBONNIER

L'agroforesterie, pratiquée depuis des millénaires, comporte de multiples formes d'utilisation du territoire. Ce système, très répandu dans de nombreuses régions du globe et particulièrement sous les tropiques, présente actuellement en région tempérée et méditerranéenne un renouveau dû au contexte économique et environnemental, incitant à une meilleure intégration de l'agriculture et de la sylviculture. Ici, exemple de parc arboré sous *Faidherbia albida*.

*Agroforestry has been practised for thousands of years, and is now represented by a number of varied land uses : it is the main management system in a great many areas throughout the world, mostly in the tropics. In temperate regions, due to the present economic and environmental context, there is a trend towards a better integration of agriculture and forestry, with a revival of agroforestry practices. Above we can see an example of an agroforestry parkland with *Faidherbia albida*.*

aussi des aspects non marchands, liés au patrimoine ou aux aménités. Lorsque la logique de rentabilité économique est seule privilégiée, l'agroforesterie a peu de chances d'être adoptée.

Les objectifs et « modes de décision » des acteurs (agriculteurs ou politiques) commencent à être pris en compte dans des modèles (environnement, paysage, emploi rural, produits à forte valeur ajoutée, « normes culturelles », risque). Mais il reste encore à prendre en compte de nombreux aspects socio-économiques :

- L'attitude des agriculteurs vis-à-vis des arbres et les conséquences sur la gestion de l'exploitation et leur projet de vie.
- L'attitude du public vis-à-vis des arbres en milieu agricole.

- L'impact de l'agroforesterie sur l'organisation et l'infrastructure de l'exploitation agricole.

- Les externalités non marchandes, liées au patrimoine ou aux aménités.

- La logique de décision d'un planteur qui investit pour les générations futures.

- Les objectifs environnementaux.

- Les aspects réglementaires, fiscaux et politiques relatifs à la mise en œuvre de l'agroforesterie.

Il a été clairement mis en avant la nécessité d'associer les populations rurales aux aménagements agroforestiers et de tenir compte de leurs connaissances pratiques. On aboutit ainsi à des projets de développement améliorant le contexte social par la participation de la population.

## EN CONCLUSION

Si l'arbre est toujours partie intégrante de l'espace rural en milieu tropical, les pays tempérés qui, jusqu'à présent, considéraient l'agroforesterie comme une pratique désuète, recommencent à s'y intéresser. Leurs organismes de recherche sont appelés à jouer un rôle important dans l'augmentation des connaissances fondamentales sur ces systèmes complexes, avec des retombées positives pour l'ensemble de la planète. Cette mise en commun des connaissances a permis d'avancer sur des points-clés tels que les interactions entre plantes, en particulier au niveau souterrain, et la modélisation biophysique ou socio-économique des systèmes agroforestiers, avec un effort particulier sur l'intégration des différentes échelles (de la parcelle au territoire).

L'agroforesterie peut contribuer de diverses manières à une gestion rationnelle du territoire. Elle ne doit pas être considérée comme une panacée, mais comme l'un des éléments parmi d'autres permettant de conserver ou d'améliorer l'environnement. L'agroforesterie a des re-

tombées multiples, dont certaines peuvent être positives et d'autres négatives, mais il est possible par une bonne gestion de favoriser les aspects positifs et diminuer les effets négatifs.

Peu d'exemples de systèmes agroforestiers sont économiquement « durables » dans les pays industrialisés, si l'on ne prend pas en compte une rémunération des services « environnementaux ». Mais les systèmes agronomiques actuels ne sont « durables » ni du point de vue économique (surproduction, subventions, régulations...), ni du point de vue écologique (intrants, fertilisants, pesticides, utilisation de ressources non renouvelables, énergie, réduction de la biodiversité...). Une agroforesterie bien conçue peut réellement fonctionner dans les régions tempérées et méditerranéennes. Les exemples d'agroforesterie pratiquée par des exploitants agricoles montrent qu'il ne s'agit pas d'une pratique surannée, mais au contraire d'un nouveau mode de gestion de l'espace rural, complexe, aux retombées variées. Plus qu'une simple juxtaposition de gestion agricole et sylvicole, il s'agit d'une nouvelle gestion propre à

l'agroforesterie, régie par des règles particulières impliquant des connaissances supplémentaires sur les interactions entre plantes, mais aussi entre les multiples acteurs économiques concernés.

Enfin, des recherches sur l'agroforesterie ont été développées depuis une vingtaine d'années en milieu tropical par des structures nationales et internationales de recherche (ICRAF, CIRAD...), et il serait souhaitable de renforcer les échanges Nord-Sud dans ce domaine.

► Daniel AUCLAIR  
INRA-CIRAD  
Unité de Modélisation  
Campus International de Baillarguet  
B.P. 5035  
34032 MONTPELLIER CEDEX 1  
France

### Pour en savoir plus...

En 1998, la revue *Agroforestry Systems* publiera, dans un numéro spécial, une sélection d'articles scientifiques originaux, tirés du recueil des communications présentées à cet Atelier.

**Nos remerciements** vont aux organismes qui ont financé ces journées, en particulier l'Union Européenne et la région Languedoc-Roussillon.

## L'AGROFORESTERIE POUR UN DEVELOPPEMENT RURAL DURABLE

### L'agroforesterie pour un développement rural durable

*Agroforestry for sustainable Land-use*



ATELIER INTERNATIONAL - MONTPELLIER - FRANCE  
23-29 juin 1997

Prix : 150 FF.

En vente chez :  
LAVOISIER Tec et Doc  
14, rue de Provigny  
94236 CACHAN CEDEX  
France

Tél. : 01 47 40 67 00  
Télécopie : 01 47 40 67 02

Les résumés des communications présentées à cet Atelier, en juin dernier à Montpellier, ont été rassemblés dans une publication éditée par le CIRAD-Forêt. Ce sont des documents de travail qui n'ont pas bénéficié d'une évaluation scientifique. Cependant, ils peuvent intéresser tous ceux qui travaillent dans la recherche fondamentale en agroforesterie, la modélisation et ses applications tempérées et méditerranéennes.