

Les associations agroforestières et leurs multiples enjeux

Emmanuel TORQUEBIAU

Cirad-tera
Campus international de Baillarguet
TA 60/15
34398 Montpellier Cedex 5
France

Fabienne MARY

Cnearc
Avenue Agropolis
34394 Montpellier Cedex 5
France

Nicole SIBELET

Cirad-tera
Campus international de Baillarguet
TA 60/15
34398 Montpellier Cedex 5
France

L'association d'arbres à d'autres productions végétales ou animales peut prendre de nombreuses formes. Les auteurs dressent un tableau de ces différentes pratiques agroforestières aux interactions complexes, et en analysent les multiples enjeux.



Paysage de bocage. Anjouan, Comores.
Hedge and field landscape. Anjouan, the Comoro Islands.
Photo N. Sibelet.

RÉSUMÉ

LES ASSOCIATIONS AGROFORESTIÈRES ET LEURS MULTIPLES ENJEUX

L'association d'arbres à d'autres productions végétales ou animales peut prendre de multiples formes, que nous proposons de classer en cinq grandes catégories : les cultures sous couvert arboré, les techniques agroforestières en disposition linéaire, les agroforêts, les techniques agroforestières séquentielles et les techniques agroforestières mineures. De par sa biodiversité élevée, sa nature polyvalente et sa structure complexe, l'agroforesterie met en jeu des interactions écologiques, économiques et sociologiques particulières. À partir de quelques études de cas tropicaux, cet article discute des enjeux de ces interactions dans les domaines suivants : la concurrence et la complémentarité écologiques entre les arbres et les cultures, la valorisation économique des pratiques agroforestières, l'adoption et la modification d'innovations agroforestières par les populations rurales.

Mots-clés : agroforesterie, interaction écologique, évaluation économique, innovation, Burundi, Indonésie, Comores.

ABSTRACT

THE MULTIPLE CHALLENGES OF AGROFORESTRY ASSOCIATIONS

Trees may be associated with crops or livestock in many different ways, which we have classified here into five broad categories: crops under tree cover, agroforestry in a linear arrangement, agroforests, sequential agroforestry techniques and minor agroforestry techniques. Because agroforestry is a multipurpose activity which is complex in structure and involves a high degree of biodiversity, it gives rise to a unique and complex system of ecological, economic and sociological interactions. Drawing on a number of case studies in tropical regions, this article discusses the challenges arising from these interactions in the following areas: ecological competition and complementarity between trees and crops, the economic potential of agroforestry practices and the adoption and adaptation of innovative agroforestry techniques by rural populations.

Keywords: agroforestry, ecological interaction, economic evaluation, innovation, Burundi, Indonesia, the Comoro Islands.

RESUMEN

LAS ASOCIACIONES AGROFORESTALES Y SUS MÚLTIPLES DESAFÍOS

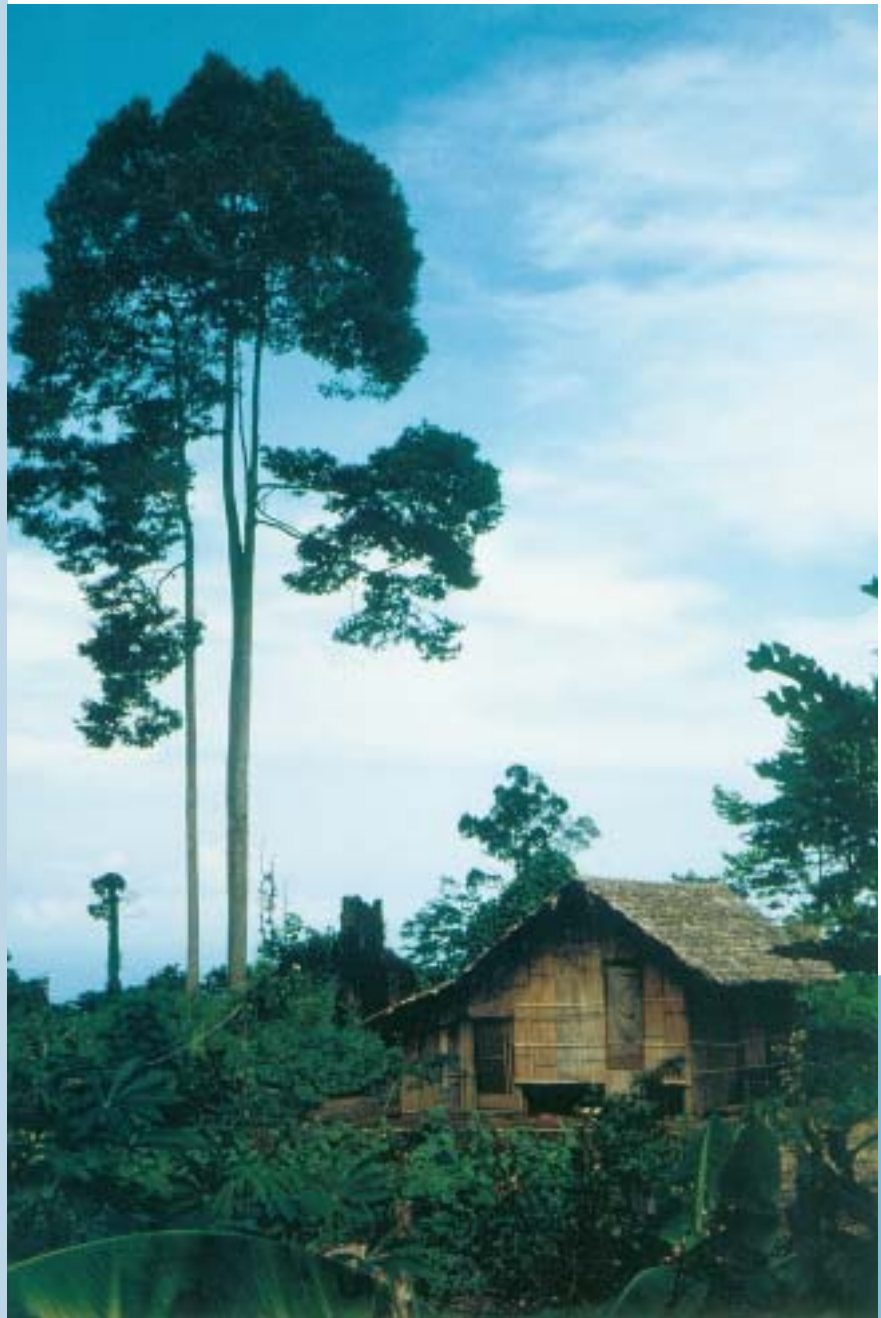
La asociación de árboles con otras producciones vegetales o animales puede realizarse de formas diversas. Nosotros proponemos clasificarlas en cinco amplias categorías: cultivos bajo cubierta arbórea, técnicas agroforestales en disposición lineal, agro-bosques, técnicas agroforestales secuenciales y técnicas agroforestales menores. Por su alta biodiversidad, naturaleza polivalente y estructura compleja, la agroforestería pone en juego interacciones ecológicas, económicas y sociológicas particulares. Partiendo de unos estudios de casos tropicales, este artículo analiza los desafíos de dichas interacciones en los siguientes ámbitos: la competencia y la complementariedad ecológica entre árboles y cultivos, la valorización económica de las prácticas agroforestales, la adopción y modificación de innovaciones agroforestales por las poblaciones rurales.

Palabras clave: agroforestería, interacción ecológica, evaluación económica, innovación, Burundi, Indonesia, Comores.

Introduction

Associer des arbres à la production agricole est une idée vieille comme l'agriculture. C'est la friche de l'agriculture sur brûlis, la forêt à caféiers d'Éthiopie, le bocage normand, le parc arboré du Sahel, etc. Perçues comme des options d'utilisation des terres pouvant contribuer à résoudre certaines menaces pesant sur l'environnement et les forêts, ces pratiques traditionnelles ignorées de l'agriculture productiviste connaissent un certain renouveau depuis quelques années sous le nom d'agroforesterie. Parce qu'elle associe agriculture et « culture d'arbres » et parce qu'elle est surtout le fait d'agriculteurs, l'agroforesterie a des implications écologiques, économiques et sociologiques différentes de celles de l'agriculture ou de la foresterie prises séparément. Par ailleurs, en agronomie, les expérimentations sont plus rapides car les rotations sont plus courtes qu'en matière forestière où, souvent, l'agriculteur n'a pas été pris en compte.

Du fait de la (bio)diversité due à la présence des arbres, les changements induits par l'innovation agroforestière marquent durablement l'environnement, l'organisation sociale, le fonctionnement économique des exploitations et la structure du paysage. Sous les tropiques, les situations où les activités agricoles sont associées à des arbres sont innombrables (voir par exemple DUPRIEZ et DE LEENER, 1993, pour une vue d'ensemble de l'agroforesterie africaine). À travers quelques études de cas tropicaux, cet article aborde les dimensions écologique, économique, sociale et paysagère des pratiques agroforestières.



Le durian, *Durio zibethinus*, arbre mythique de l'Asie du Sud-Est, dont le fruit est réputé pour sa saveur et son odeur, est aussi utilisé comme garantie dans des mécanismes de prêt informel. Arbre épargné dans un brûlis d'agriculture itinérante, à Sumatra.

The durian tree, Durio zibethinus, well known in south-east Asian mythology and reputed for the odour and flavour of its fruit, is also used to guarantee informal loans. A tree left intact in slash-and-burn cultivation in Sumatra.

Photo E. Torquebiau.

Concepts de l'agroforesterie

Définition

En associant le préfixe agro- à foresterie, les créateurs de l'expression « agroforesterie » marquèrent cette science d'une ambiguïté qui n'est pas encore totalement levée. La forêt n'apparaît que dans certains cas d'agroforesterie. Dans les autres cas, les plus nombreux, les arbres en jeu, isolés, en groupes de dimensions modestes, ne se présentent pas sous la forme d'une forêt, mais sous une physionomie qui évoque plutôt l'arboriculture. Ce qui n'enlève rien à l'un des objectifs essentiels de l'agroforesterie, celui de jouer, dans un contexte agricole, un certain nombre de rôles dévolus à la forêt.

Une définition de l'agroforesterie faisant à peu près l'unanimité aujourd'hui est la suivante : « La culture délibérée de plantes ligneuses pérennes en interaction écologique ou économique avec des cultures saisonnières ou de l'élevage, simultanément ou en séquence temporelle » (NAIR, 1993, modifié). Le concept de plante pérenne (arbre ou arbuste qui reste en vie pendant la saison défavorable) est central dans cette définition. Les interactions écologiques et socio-économiques entre cette composante et la composante agricole sont toujours présentes.

Pour préciser qu'elle soit, cette définition ne lève pas toutes les ambiguïtés. Par exemple, l'association caféiers-arbres d'ombrage, dans laquelle les deux composantes sont pérennes, est classée dans l'agroforesterie. Pour BALDY et STIGTER (1993), l'agroforesterie n'est qu'un cas particulier des cultures multiples, dans lequel l'une des deux composantes est pérenne. Cette définition a le mérite de la simplicité et renvoie à celle que les auteurs donnent des cultures multiples : « [systèmes de culture dans lesquels] deux ou plusieurs plantes occupent la même unité de surface de sol (...) de façon conjointe ou séquentielle ». Les cas où existe une association avec une production animale complètent le tableau de l'agroforesterie.

Classification de l'agroforesterie

L'une des manières d'y voir plus clair est de tenter de classer les différentes pratiques agroforestières. Ce classement peut se faire selon des critères géographiques, climatiques, mais aussi selon des critères d'objectifs : une production supplémentaire (bois, fruits, fourrage, etc.) ou un service (brise-vent, ombrage, lutte contre l'érosion, etc.). Toutes ces classifications, en mélangeant des critères de structure et de fonction, font apparaître de nombreux recouvrements entre catégories. Une classification simple en cinq catégories est ici proposée. Elle est fondée sur des critères structuraux de disposition – dans l'espace ou dans le temps – des composantes de l'association ; autrement dit, sur des critères physiologiques faciles à reconnaître au premier coup d'œil (TORQUEBAU, 2000).

Les cultures sous couvert arboré

À cette première catégorie appartiennent toutes les combinaisons d'arbres et de cultures dans lesquelles la composante arborescente constitue un étage supérieur recouvrant des cultures. Ce sont les arbres dispersés dans les parcelles agricoles. Ils peuvent avoir une fonction écologique

telle que l'ombrage dans les caféières ou l'apport de fertilisant, comme dans certains parcs arborés. Leur présence peut aussi répondre à une fonction utilitaire, comme les arbres servant de support à des cultures grimpantes telles que le poivrier. Ils peuvent enfin avoir une fonction de production complémentaire au sein d'une parcelle, sans que l'interaction écologique, même si elle existe, y soit recherchée. Dans ce dernier cas se trouvent les arbres fruitiers dans les parcelles, les « champs ouverts arborés » des géographes. Souvent, les arbres ont, de fait, plusieurs fonctions (LEONARD, OSWALD, 1996).

Les techniques agroforestières en disposition linéaire

La ligne est une constante de nombreux paysages agricoles, et souvent l'arbre vient s'y loger. Ce sont les brise-vent et autres plantations de lisière, le but de ces dernières étant parfois seulement de marquer le parcellaire. Ce sont les haies vives destinées à contrôler les animaux. En plein champ, les bandes boisées et les haies arbustives ont souvent un rôle anti-érosif. Ce sont des cultures en couloirs si les haies sont répétitives et régulièrement émondées afin de fertiliser les couloirs de culture qui les séparent. Le bocage, paysage d'enclos végétaux constitués de haies, appartient à cette catégorie.

Les agroforêts

Parcelles à la physionomie typiquement forestière, les agroforêts sont des associations multistrates de plusieurs espèces arborées et saisonnières, aux utilisations multiples et complémentaires, parfois nommées « systèmes agroforestiers complexes » (MICHON *et al.*, 1995). Autour des habitations, les jardins-forêts contribuent à de nombreux aspects de l'autoconsommation familiale, tandis que les forêts villageoises, plus étendues, sont souvent orientées vers la vente de produits tels que les fruits, le bois d'œuvre, le caoutchouc. Les parcelles boisées à usages multiples sont une variante simplifiée d'agroforêt.

Agriculture multi-étagée expérimentale au Burundi : haricots, bananiers et *Grevillea robusta*.
Experimental multistorey agriculture in Burundi: beans, bananas and Grevillea robusta.
Photo E. Torquebiau.



Les techniques agroforestières séquentielles

Cette catégorie regroupe des cas où l'interaction entre arbres et cultures a lieu dans le temps. L'agriculture itinérante, par l'intermédiaire de la friche reconstitutrice de la fertilité du sol, en est l'archétype. Les jachères boisées améliorées, dans lesquelles les arbres plantés peuvent aussi avoir un rôle de production, sont également classées dans ce groupe. Dans le système « taungya », l'espace disponible entre les arbres d'une plantation forestière est utilisé, pendant les premières années, pour des cultures agricoles.

Les techniques agroforestières mineures

Cette dernière catégorie rassemble les cas un peu particuliers où des arbres sont associés à des productions animales spécifiques, à l'instar de certaines pêcheries de mangrove (aquaforesterie). Les associations d'arbres à des productions dues à des insectes (entomoforesterie) peuvent également être incluses dans l'agroforesterie. La production de laque à partir d'hémiptères vivant sur les branches de certains arbres, les vers à soie nourris avec les feuilles du mûrier, ou l'apiculture, lorsque la production de miel dépend de fleurs d'arbres (notamment quand les ruches sont installées dans les arbres), en sont des exemples.

Il existe aussi des situations complexes où sont associées deux ou trois catégories de pratiques agroforestières. Par exemple, la « jungle à hévéa » de Sumatra (GUYON *et al.*, 1993) est à la fois une agroforêt et une jachère améliorée faisant partie d'un cycle d'agriculture itinérante. Par ailleurs, les animaux peuvent consommer du fourrage d'arbres, directement ou par affouragement, ou s'alimenter de cultures fourragères ou sur des pâturages cultivés en association avec des arbres. C'est le grand domaine du sylvopastoralisme. Il existe enfin des situations intermédiaires entre ce qui est agroforestier et ce qui ne l'est pas. Comme le

montre la figure 1, le domaine de l'agroforesterie a des limites floues.

La présence d'une composante pérenne dans les associations agroforestières a des conséquences socio-économiques importantes : gestion dans la durée, valeur symbolique et sociale de l'arbre. Elle a aussi des conséquences écologiques, la présence d'arbres pouvant être bénéfique (complémentarité), mais aussi induire une concurrence avec les cultures. Ces phénomènes sont fonction de la disposition spatiale et temporelle des arbres et des cultures. C'est la raison pour laquelle il est utile, comme le montre la figure 2, de classer les techniques agroforestières en fonction du degré de recouvrement, dans l'espace et dans le temps, des arbres et des cultures. Ainsi, l'agroforesterie simultanée est séparée de l'agroforesterie séquentielle, les phénomènes de concurrence ne pouvant se produire que dans le premier cas.

Interactions écologiques en agroforesterie

L'étude scientifique des phénomènes de concurrence et de complémentarité en agroforesterie en est à ses débuts. Les résultats de recherche montrent la complexité des interactions qui s'expriment à différents niveaux : feuillages, racines, sol superficiel ou profond. Concurrence et complémentarité s'expriment aussi de manière différente selon les conditions environnementales : une sécheresse peut annuler l'effet positif induit par la présence d'une légumineuse car la culture associée ne peut profiter de l'azote supplémentaire faute d'eau. L'agroforesterie a par ailleurs des implications environnementales multiples, grâce aux différents rôles que jouent les arbres dans de nombreux équilibres écologiques.

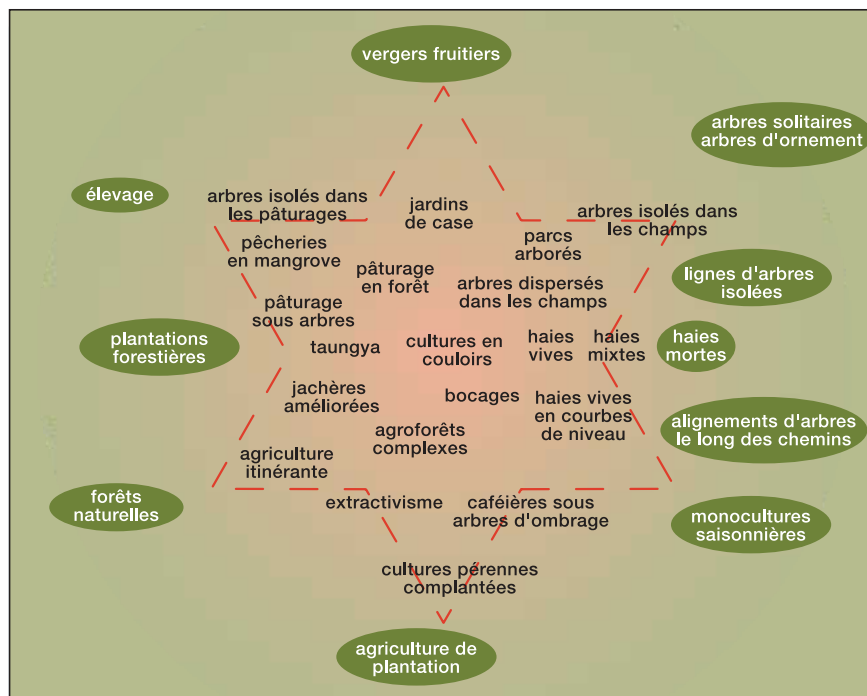


Figure 1. À la périphérie, les ovals représentent des situations non agroforestières. Au centre, le domaine flou de l'agroforesterie est délimité par des tirets indiquant les passages vers ce qui n'est pas de l'agroforesterie. Les caractéristiques agroforestières augmentent vers le centre.
The oval shapes around the periphery represent non agroforestry cases. In the centre, the blurred outlines of agroforestry activities are represented by dashes showing the transition to other activities. Agroforestry characteristics increase towards the centre.

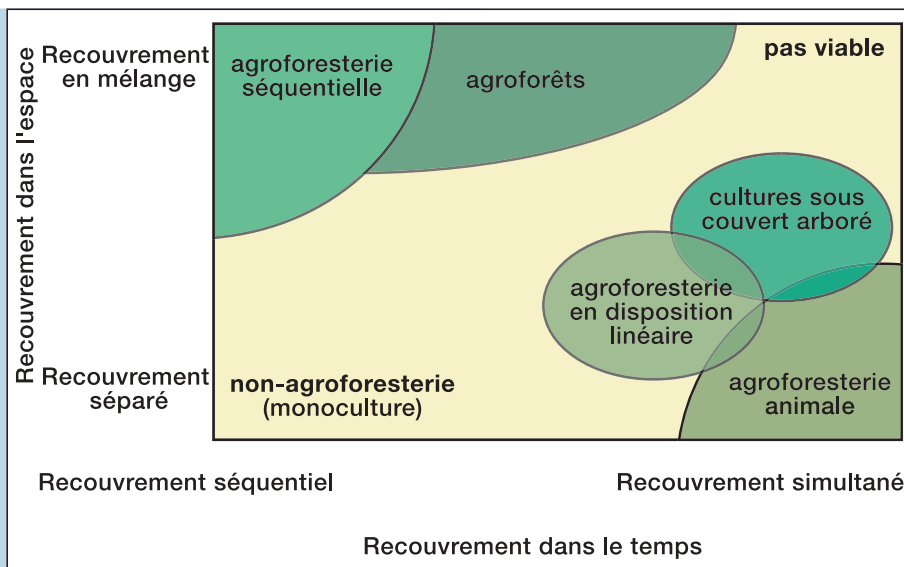


Figure 2. Classification de l'agroforesterie fondée sur le degré de recouvrement spatial et temporel entre les arbres et les cultures (VAN NORDWIJK, PURNOMOSIDIH, 1995, modifié).
Classification of agroforestry based on the varying extent of tree and crop cover over time and space (VAN NORDWIJK, PURNOMOSIDIH, 1995, modified).

On sait par exemple que les arbres peuvent avoir un effet sur le régime des pluies et l'humidité du sol (MOLLISON, 1988). En France, on reconnaît au bocage un effet thermique correspondant à un abaissement de latitude de l'ordre de 400 km (PARCEVAUX, 1990). Ces mêmes haies ont un effet sur le cycle hydrologique et le vent et constituent des réserves de biodiversité floristique et faunistique (POINTERAU, BAZILE, 1995). Les interactions évoluant dans le temps, des expérimentations de longue durée ou des modélisations sont nécessaires, qui permettront de guider la recherche appliquée concernant la gestion de l'association agroforestière, en vue de limiter la concurrence, de favoriser les mécanismes de complémentarité et de stabiliser les conditions d'expression des synergies, ainsi que le montrent les deux exemples qui suivent.

Agriculture multi-étagée au Burundi

La figure 3 présente une expérience permettant d'étudier l'interception de la lumière et la concurrence racinaire dans une parcelle agroforestière plantée de haricots, de bananiers et de grevilles (un arbre de la famille des protéacées). Les résultats montrent que l'effet combiné des arbres et des bananiers sur les haricots n'est pas égal à la somme de leurs effets séparés. L'effet d'ombrage est inférieur à ce à quoi l'on pourrait s'attendre mais la concurrence racinaire est plus importante que prévu. Il apparaît que les interactions lumineuses permettent de jouer sur des effets de complémentarité entre plantes à condition que l'on prête une attention particulière au compartiment racinaire (AKYEAMPONG *et al.*, 1999).

Jachère agroforestière en Zambie

En Zambie, la jachère naturelle, méthode traditionnelle de reconstitution de la fertilité du sol, tend à disparaître sous les effets conjugués de l'augmentation de la population et de la collecte de bois pour les usages domestiques. Les agriculteurs n'ont par ailleurs pas les moyens d'acheter des engrais. En plantant des *Sesbania* (un petit arbre de la famille des légumineuses) sur les sols épuisés, on peut, après deux ans, récolter du bois, remettre les sols en culture et obtenir des rendements élevés en maïs alors qu'il aurait fallu huit à dix ans de jachère naturelle pour parvenir au même résultat. Des mesures ont montré que cette amélioration est obtenue par une porosité accrue du sol (et donc une meilleure infiltration de l'eau) provoquée par les racines des arbres (TORQUEBIAN, KWESIGA, 1996). Ce second exemple permet de fournir des bases à l'évaluation économique des jachères agroforestières. De tels résultats agronomiques sont encore trop rares et l'évaluation économique des associations agroforestières en est rendue difficile.



Fruits de durian vendus sur un marché de Bogor, Indonésie.
Durian fruit sold on a market in Bogor, Indonesia.
Photo F. Hallé.

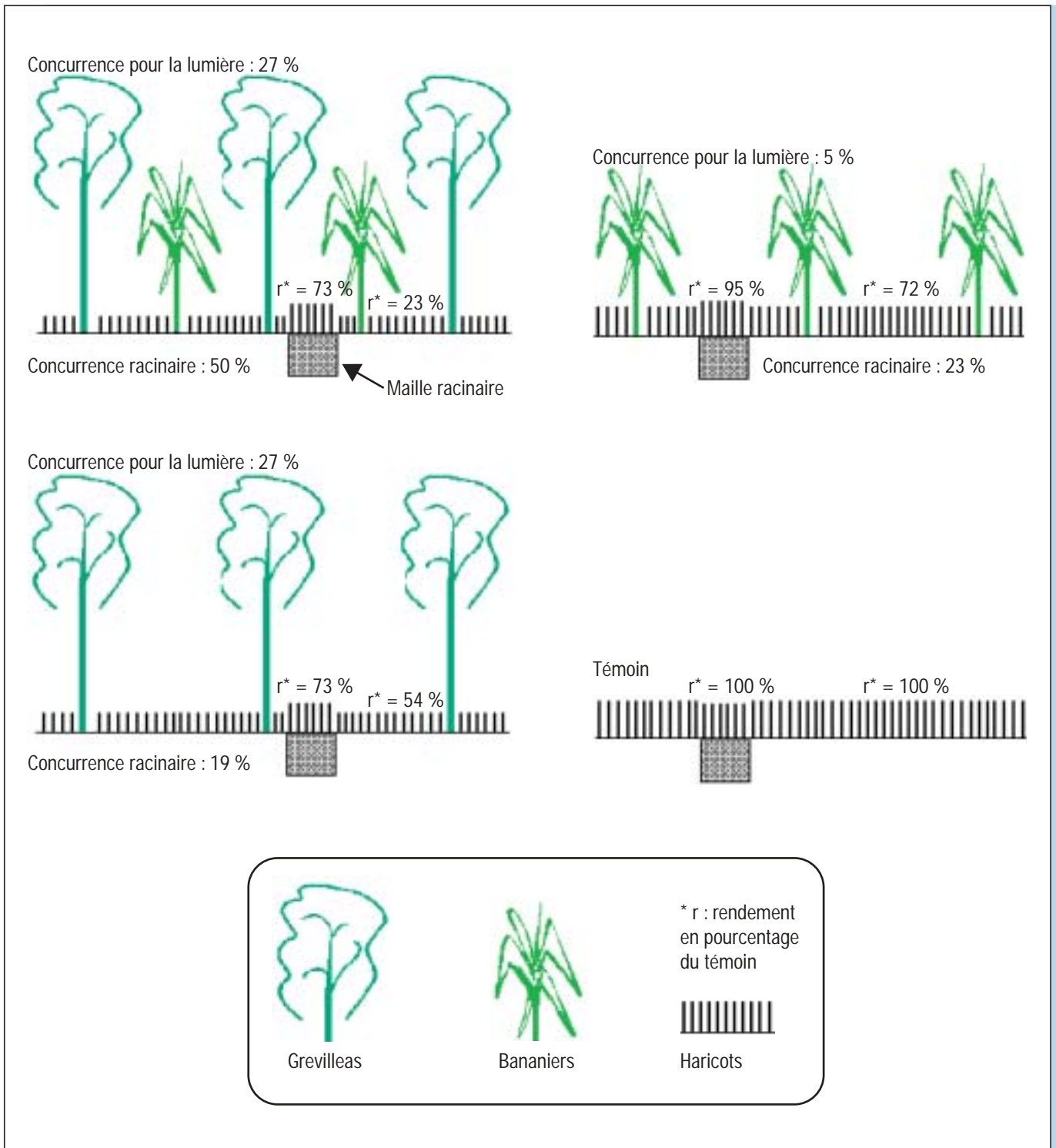


Figure 3. Agriculture multi-étagée expérimentale à Gitega, Burundi : rendements et interactions arbres-cultures. *Experimental multi-storey agriculture in Gitega, Burundi: tree and crop yields and interactions.*

Évaluation économique des associations agroforestières

L'évaluation économique de l'agroforesterie est utile pour guider le choix des associations et la conduite technique des arbres et des cultures. Mais elle est difficile. À l'échelle de la parcelle, des évaluations agro-économiques comparent les résultats de parcelles agroforestières et de parcelles en cultures pures prises comme témoin. Ces comparaisons ne permettent pas de conclure à l'intérêt de l'association agroforestière par rapport au vrai

témoin non agroforestier qui devrait être l'assolement cultures annuelles d'un côté, arbres de l'autre. Elles mesurent tout au plus les avantages et les inconvénients de l'introduction d'arbres dans les cultures.

Une autre difficulté de l'évaluation économique de l'agroforesterie tient à la présence des plantes pérennes dont l'horizon temporel est le long terme. En économie, le paramètre temporel est pris en compte à travers l'actualisation des coûts et des bénéfices, qui traduit la préférence pour des bénéfices à court terme. Or, le calcul des coûts et bénéfices actualisés repose sur un paramètre à la fois difficile à estimer et affectant fortement le résultat du calcul : le taux d'actualisation.

De plus, quand il y a une incertitude forte sur le prix de produits ligneux qu'on ne récoltera que dans plusieurs années, la valeur de ces produits n'est quelquefois plus prise en compte dans la décision d'associer arbres et cultures dans les champs. On ne peut donc plus utiliser les critères économiques classiques construits à partir de la valeur de toutes les productions de l'association agroforestière.

Enfin, le choix de l'horizon temporel (long terme) sur lequel est construit le calcul est délicat : faut-il procéder à un calcul sur une seule rotation ou bien faut-il, pour intégrer le paramètre temps, prolonger l'horizon temporel à deux rotations, ou à une infinité de rotations ? Des recherches ont montré que ces diverses options de calcul conduisent à des résultats différents (MAILLE, 1991). Dans le cas complexe des agroforêts multi-étagées indonésiennes, MICHON *al.* (1995) décrivent une diversification progressive des plantations de damar (*Shorea javanica*, un arbre résinifère de la famille des diptérocarpacées), dont la gestion pied à pied aboutit à une association d'arbres d'âges différents qui vieillissent et sont remplacés à tour de rôle. Dans ces agroforêts sans cycle, sur quelle durée faut-il estimer la valeur des diverses productions à venir ?

À l'échelle de l'exploitation agricole, on peut évaluer l'agroforesterie en relation avec les autres systèmes de culture. Par exemple, au Sahel, la plantation des jeunes plants d'arbres doit être réalisée en début de saison des pluies, au moment où les agriculteurs donnent la priorité aux semis des cultures vivrières. Des problèmes de main-d'œuvre peuvent se poser. L'agroforesterie peut aussi induire un gain de temps et d'espace, comme pour les grevilleas plantés dans les caféières du Buyenzi, au Burundi (encadré 1).



Vieux notable. Anjouan, Comores.
A village elder. Anjouan, the Comoro Islands.
Photo N. Sibelet.

Les enjeux de l'adoption d'une innovation agroforestière

À l'échelle du ménage, on intègre les objectifs de production (en termes de flux) et les objectifs patrimoniaux (en termes de stock) du budget familial. Au cours de son cycle de vie, une famille doit supporter des fluctuations de revenus et de consommation qui déséquilibrent son budget. En l'absence de marchés financiers (prêt à la consommation, placement de l'épargne, assurances, retraite, etc.), la famille utilise les biens réels, durables, de son patrimoine, comme l'or, les bijoux, le bétail et l'arbre, pour faire face aux déséquilibres de son budget, et « lisser sa consommation ». Par exemple, en Indonésie, à Java Ouest (encadré 2), un arbre fruitier de grande valeur commerciale est utilisé comme garantie dans le cadre d'un système de prêt informel localement appelé *gadai* (DURY *et al.*, 1996). À Sumatra, dans la société matrilineaire minangkabau, à chaque naissance d'une fille, le père plante dans le sous-bois des agroforêts appartenant au lignage de sa femme des canelliers qui seront récoltés au moment du mariage de la jeune fille. En Malaisie, les exploitants « préparent leur retraite » en plantant une cocoteraie qu'ils confient à un jeune agriculteur quand ils cessent leur activité. Le jeune agriculteur cultive l'espace intercalaire entre les cocotiers et, en échange de ce foncier, entretient et récolte les noix pour l'exploitant âgé (DUPRAZ, 1989). Ces exemples montrent comment les planteurs d'arbres utilisent la durée de vie et le délai d'entrée en production pour transférer de la valeur dans le temps. Pouvoir disposer de cette valeur à un moment donné du cycle de vie familial est aussi important que le montant lui-même.

L'analyse qui suit (SIBELET, 1995) aborde les implications historiques et sociologiques liées à l'introduction d'arbres dans un terroir très peuplé des Comores (600 hab./km²), le Niumakélé, où, depuis trente ans, l'arbre a joué un rôle majeur dans l'évolution de l'agriculture, notamment face à la forte poussée démographique (taux de croissance annuel moyen de 3,2 %). L'ancien système de production, fondé sur l'association riz (ou manioc) - maïs - ambrevade (le pois cajan, ou pois d'Angole), avec une année de jachère sur deux, a évolué à la suite de nouvelles pratiques de fertilisation, le développement du couvert arboré et l'embocagement. L'agriculture, restée exclusivement manuelle, est aujourd'hui associée à l'élevage, sous forme de bovins attachés à un piquet tournant, sur des parcelles entourées de haies vives. Les haies sont principalement constituées de sandragon (*Pterocarpus indicus*) et de gliricidia (*Gliricidia sepium*), deux espèces légumineuses arborescentes.

Les animaux sont alimentés par deux apports fourragers quotidiens provenant essentiellement des terroirs périphériques. La production de fumier génère des transferts de ferti-

lité de cette périphérie vers les terroirs intensifiés proches des villages. Les haies vives viennent cependant limiter ce transfert en procurant une partie du fourrage (jusqu'à 20 % des besoins). Le rôle d'ordre qualitatif de ce fourrage est le plus important, la production de la haie étant principalement utilisée en période de soudure. La fumure organique bovine a permis de passer à la culture continue et d'intensifier les systèmes de culture vivriers à base de racines et tubercules qui coexistent avec des cultures de rente (girofle, ylang-ylang, vanille).

Cette intensification a permis de passer en quelques années d'un espace ouvert en pleine dégradation à un espace embocagé ayant une productivité très supérieure (production multipliée par 2,7 en trente ans, alors que la population a doublé pendant cette même période) qui s'étend peu à peu à partir des zones favorables (autour des villages). L'intensification globale résultante associe une exploitation plus extensive des terroirs périphériques à une intensification poussée du terroir central. Une multiplication par dix des rendements sur les parcelles les plus intensifiées a été observée : dans les hauts, l'ancien système riz - maïs - ambrevade produisait 2 515 000 cal/ha (3 ans sur 5), le système agroforestier avec fertilisation bovine d'aujourd'hui (manioc - taro - banane - maïs - ambrevade pérenne) fournit 20 600 000 cal/ha (3 ans sur 4).



Haie de *Pterocarpus indicus* et de *Gliricidia sepium*. Anjouan, Comores.
Hedge of *Pterocarpus indicus* and *Gliricidia sepium*. Anjouan, the Comoro Islands.
Photo N. Sibelet.

L'étude historique montre que le rôle de l'arbre a varié selon les époques. L'augmentation de la pression démographique a tout d'abord entraîné un raccourcissement de la jachère. Dans un premier temps (1960-1980), les mouvements de plantation de girofliers puis d'ylang-ylang dispersés dans les parcelles vivrières ont permis, grâce à des prix favorables, de modérer cette tendance à la diminution du temps de jachère. Cette agroforesterie de type « cultures sous couvert arboré » a pu se développer sur une partie du territoire sans remettre en cause le système traditionnel riz - maïs - ambrevade, jusqu'au moment où les rendements des cultures vivrières (sous couvert arboré ou non) sont devenus insuffisants et où la multiplication des arbres ne pouvait plus se poursuivre sans remettre en cause la production de riz, du fait de la concurrence pour l'utilisation du sol, de l'ombre sur les cultures et des dégâts causés par les oiseaux vivant dans les arbres.

Dans un second temps, c'est le bocage qui a permis de construire un système plus productif fondé sur l'arbre et la fertilisation bovine. La haie vive permet de protéger du vol

bovins et nouvelles cultures, et de lutter contre la divagation des animaux. Elle fournit également une partie du fourrage, d'importance stratégique. Le développement des haies a été possible car les nouvelles cultures à base de tubercules tolèrent mieux l'ombrage que le riz et ne craignent pas les oiseaux. Étalées sur l'année, elles permettent la présence de bovins qui eux-mêmes sont indispensables par la fumure qu'ils apportent.

L'analyse historique de ces deux grandes phases de l'agroforesterie montre aussi la nécessité de confronter les perceptions des agronomes et des paysans. Pour les agronomes, la clôture est surtout appréciée pour ses rôles antiérosif et fertilisant. Elle est un facteur d'équilibre du milieu : par sa production fourragère importante, elle limite les transferts de fertilité des zones périphériques vers le terroir fertilisé. Conscients de ces avantages, les paysans classent néanmoins en tête la fonction de protection contre le vol et contre la divagation des animaux. Cette classification des avantages de l'agroforesterie, différente chez les paysans et les agronomes, soulève des questions pour la recherche agronomique et l'évaluation économique.

Analyse sociologique du processus d'innovation

L'étude des stratégies des acteurs a montré que la diversification agroforestière était soumise, comme l'ensemble du système d'innovations dans lequel elle est incluse, à des lois sociales elles-mêmes fonction des positions qu'occupent les individus dans la société. La capacité d'innovation des paysans est latente et se manifeste le moment venu, en proportion des moyens disponibles.

Dans le cas du Niumakélé, plusieurs grands groupes stratégiques d'acteurs se distinguent. Un premier groupe a une stratégie sociale, soit par innovation précoce, soit en donnant son agrément. Ce sont les notables (les actifs et les vieux notables), qui cherchent à maintenir ou augmenter leur notabilité, fondée, en ordre décroissant, sur l'hérédité, la religion, l'éloquence et la capacité de négociation, l'affabilité et la générosité, le bon sens ou l'habileté artisanale, la sorcellerie, le grand âge et l'instruction scolaire. Ces notables sont ceux qui permettent à l'innovation d'être mise en pratique dans la société. Ils délivrent aux autres acteurs le visa idéologique leur permettant de mettre en pratique l'innovation, en conformité avec les principes de la société. Si le rôle des notables actifs est facilement repérable, celui des vieux (sages) est moins perceptible. Et l'ignorer – comme ce fut souvent fait – est aller au-devant d'obstacles.

La seconde stratégie, d'innovation massive, est d'ordre économique. N'ayant pas la même marge de manœuvre que les notables, ce groupe (la grande majorité des agriculteurs) innove plus tardivement, mais souvent plus massivement, car l'innovation représente pour eux un intérêt économique important sinon vital. Les premiers innovateurs ayant confirmé l'efficacité de l'innovation et

Encadré 1.

LES GREVILLEAS DES CAFIÈRES DU BUYENZI (NORD-BURUNDI) (BERTHELOT, 1993).

La caféiculture, première source de devises au Burundi, a toujours demandé beaucoup de travail, notamment pour le paillage des parcelles, imposé par les autorités dès l'arrivée des premiers plants de café en 1926. Les caféières sont paillées pour réduire l'érosion, importante sur ces terrains en pente. Le paillage est effectué chaque année, en juillet-août, au moment de la récolte du maïs et du sorgho et de la préparation des semis de saison sèche. Traditionnellement, les plants de caféier sont paillés avec les résidus de sorgho, les feuilles de bananier, ou des plantes cultivées à cet effet (*Hyparrhenia*, *Eragrostis*). Avec des grevilleas plantés tous les 5 m en bordure des caféières, la moitié de la parcelle bénéficie d'un paillage par chute des feuilles, diminuant d'autant les besoins en paillage apporté et le temps nécessaire au transport de ces matériaux. Cependant, les paysans constatent une division par deux des rendements du café pour les plants situés à proximité des arbres (soit pour 20 à 25 % des plants selon la forme de la parcelle), ce qui diminue le rendement global de la parcelle d'environ 10 %. C'est d'ailleurs pourquoi les services techniques interdisent cette pratique agroforestière. Néanmoins, pour les agriculteurs interrogés, le gain de temps et d'espace induit par la présence des grevilleas dans les caféières ainsi que les avantages procurés par les autres productions fournies par l'arbre, en particulier le bois d'œuvre, compensent la diminution des rendements en café.

Conclusion

le visa idéologique étant décerné, les non-notables innoveront, mais différemment.

Le classement des avantages et inconvénients de l'introduction des arbres est donc différent, non seulement entre paysans et agronomes, mais aussi entre groupes sociaux distincts. Il y a donc ici un paramètre supplémentaire à prendre en compte. L'arbre, malgré un long délai d'entrée en production, est adopté sous diverses formes, sans l'appui du crédit. Les paysans se montrent donc prêts à assumer l'investissement que représente la plantation d'arbres dès qu'ils sont sûrs d'en récolter les « fruits », dès que leur survie économique à court terme n'est pas mise en danger par cet investissement, d'où l'intérêt de l'association avec les cultures annuelles ou l'élevage, enfin dès que le visa idéologique est obtenu.

L'agroforesterie repose sur la mise en valeur simultanée de plusieurs (au moins deux) ressources biologiques, dont l'une, l'arbre, a des caractéristiques pérennes et souvent des usages multiples. Cela induit de nombreuses interactions entre ces ressources et entre celles-ci et les autres composantes du système agraire, y compris l'homme : concurrence racinaire qui se manifeste lorsque les arbres atteignent de grandes dimensions, stratégies patrimoniales de capitalisation sur pied, appropriation et modifications d'innovations, structuration des paysages et modifications sociables durables.

L'étude de l'agroforesterie montre que la diversité appliquée à l'agriculture conduit à des cas plus complexes que des situations agricoles ou forestières où l'on poursuit un seul objectif de production. Les changements dus à l'agroforesterie marquent de façon plus pérenne le paysage et la société que l'agriculture pure. L'agroforesterie implique plus directement le paysan que la foresterie. Ainsi, les enseignements tirés de l'agroforesterie et les méthodes qui s'y révèlent efficaces peuvent être transposées aux autres activités du monde rural. Entre autres, l'approche interdisciplinaire intrinsèque de l'agroforesterie fait office de plaidoyer pour l'appliquer à d'autres situations.

Encadré 2.

LE GADAI DE DURIAN (*DURIO ZIBETHINUS*) À JAVA (VILCOSQUI, 1994).

Le *gadai* est un emprunt informel, effectué le plus souvent en espèces, et pour lequel l'emprunteur donne en garantie un bien productif (ici un arbre cultivé dans les jardins agroforestiers). Les intérêts, pendant la durée du prêt, sont constitués par l'usufruit du bien (ici la production fruitière, le plus souvent commercialisée). Ce prêt dure de 1 à 4 ans, et la fin de l'emprunt, à l'initiative de l'emprunteur, est concrétisée par le remboursement de la somme empruntée, amenant la restitution du bien gagé à son propriétaire. Comme la production fruitière est irrégulière, une durée minimale est parfois précisée, correspondant à l'intérêt demandé par le prêteur. En dehors des prêts intrafamiliaux, le *gadai* est le seul système de crédit, sur trois années en moyenne, permettant de disposer, sous 24 heures, de plus de 100 000 roupies indonésiennes (Rp). Les observations effectuées sur 85 *gadai* de durians montrent que le montant moyen du prêt atteint 180 000 Rp, soit la valeur moyenne de la production fruitière. Le taux d'intérêt est très variable, puisqu'il s'échelonne de 0 à 210 % par an (moyenne 65 %). La durée du prêt et la grande irrégularité de la production fruitière expliquent en partie cette forte variation du taux d'intérêt, calculé sur des prêts déjà remboursés. Si l'on considère la rapidité et la facilité d'obtention de ce crédit, ainsi que la flexibilité de son calen-

drier de remboursement, le *gadai* ne peut néanmoins être considéré comme un prêt à taux usuraire, comparé aux autres taux d'intérêt pratiqués localement, y compris dans les systèmes de prêt formel (DURY, 1997). La Banque populaire indonésienne octroie en effet des prêts ruraux à moyen terme à des taux effectifs de 12 à 20 % par an.

Dans le village étudié, 20 % des familles possèdent au moins un durian ; ce sont principalement des familles aisées ou appartenant à une « classe moyenne », du point de vue de leur patrimoine, mais ayant un revenu annuel plutôt faible : 1 641 000 Rp contre 2 267 000 Rp en moyenne dans le village. Cependant, en dépit de leur richesse relative, et du fait de leurs revenus peu élevés, ces familles empruntent et mettent un arbre en *gadai* lorsqu'elles manquent de liquidités au moment de dépenses exceptionnelles, ou lorsque leurs activités économiques, souvent risquées, traversent des difficultés, comme cela est fréquemment le cas dans le commerce local. Parmi les 85 emprunteurs interrogés lors de l'étude, 50 % avaient utilisé la somme empruntée pour la consommation courante, 12 % pour l'achat de biens durables (télévision, réfrigérateur, réparation de la maison, etc.) et 18 % pour l'investissement.

Références bibliographiques

AKYEAMPONG E., HITIMANA L., TORQUEBIAU E., MUNYEMANA P. C., 1999. Multi-strata agroforestry with beans, bananas and *Grevillea robusta* in the highlands of Burundi. *Experimental Agriculture*, 35 : 357-369.

BALDY C., STIGTER C. J., 1993. Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. Paris, France, Inra, 196 p.

BERTHELOT E., 1993. Gestion de l'arbre dans les exploitations agricoles du Buyenzi, Burundi. Mémoire DA, Cnearc, Montpellier, France.

DUPRAZ P., 1989. Étude économique des comportements des petits planteurs de cacao sous cocotier en Malaisie Péninsulaire à partir de l'hypothèse de cycle de vie. Mémoire Daa, Économie du développement agricole, agroalimentaire et rural, Ensam-esr/Cirad-dsa, Montpellier, France.

DUPRIEZ H., DE LEENER P., 1993. Arbres et agricultures multi-étagées d'Afrique. Bruxelles, Belgique, Terres et Vie, Paris, France, L'Harmattan, 249 p.

DURY S., 1997. Les comportements d'épargne des ménages ruraux : spécification d'un modèle dynamique et estimation sur données d'enquêtes (Java, Indonésie). Montpellier, France, Inra-esr, série Études et Recherches, n° 108.

DURY S., VILCOSQUI L., MARY F., 1996. Durian trees (*Durio zibethinus* Murr.) in Javanese home gardens : their importance in informal financial systems. *Agroforestry Systems*, 33 : 215-230.

GOUYON A., DE FORESTA H., LEVANG P., 1993. Does jungle rubber deserve its name ? An analysis of rubber agroforestry systems in Southeast Sumatra. *Agroforestry Systems*, 22 : 181-206.

LEONARD E., OSWALD M., 1996. Une agriculture forestière sans forêt. Changements agro-écologiques et innovations paysannes en Côte d'Ivoire. *Natures, Sciences, Sociétés*, 3 (4) : 202-216.

MAILLE P. J., 1991. Refining a previous analysis of the Economics of a Eucalyptus/Agricultural Crop Combination. *Agroforestry Systems*, 14 : 145-148.

MICHON G., DE FORESTA H., LEVANG P., 1995. Stratégies agroforestières paysannes et développement durable : les agroforêts à damar de Sumatra. *Natures, Sciences, Sociétés*, 3 (3) : 207-221.

MOLLISON B., 1988. Permaculture. A designers' manual. Tyalgum, Australie, Tagari Publications.

NAIR P. K. R., 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht, Pays-Bas, Kluwer Academic Publishers, Nairobi, Kenya, ICRAF, 292 p.

PARCEVAUX S. de, 1990. Dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie. Paris, France, Cifl, Inra, Météo France.

POINTEREAU P., BAZILE D., 1995. Arbres des champs : haies, alignements, prés vergers ou l'art du bocage. Toulouse, France, Solagro, 139 p.

SIBELET N., 1995. L'innovation en milieu paysan ou la capacité des acteurs locaux à innover en présence d'intervenants extérieurs. Nouvelles pratiques de fertilisation et mise en bocage dans le Nioumakélé (Anjouan, Comores), Thèse, Ina-pg, Paris, France.

TORQUEBIAU E., 2000. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life Sciences*, 323 : 1009-1017.

TORQUEBIAU E., KWESIGA F., 1996. Root development in a *Sesbania sesban* fallow - maize system in Eastern Zambia. *Agroforestry Systems*, 34 : 193-211.

VAN NOORDWIJK M., PURNOMO-SIDIH, 1995. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30 : 161-173.

VILCOSQUI L., 1994. L'arbre, support de garantie dans un système de crédit informel indonésien : le *gadaï*. Mémoire Daa, Cnearc-Esat, Montpellier, France, 58 p.

Jeunes Comoriens.

Young native people of the Comoro Islands.

Photo N. Sibelet.



Synopsis

THE MULTIPLE CHALLENGES OF AGROFORESTRY ASSOCIATIONS

Emmanuel TORQUEBAU,
Fabienne MARY,
Nicole SIBELET

Associating trees with crops or livestock production, an age-old practice now arousing increasing interest under the name of agroforestry, can take on many different forms. Because trees are long-lived, changes induced by agroforestry have a long-lasting impact on the environment, on social and economic processes, and on landscape structure. Agroforestry is classified here into five categories:

- crops under tree cover (upper storey trees, agroforestry parklands, scattered trees in croplands, etc.);
- agroforestry in a liner arrangement (windbreaks, living fences, hedges, alley cropping, etc.);
- agroforests (homegardens, village forest gardens, multipurpose woodlots, etc.);
- sequential agroforestry techniques (improved fallows, "taungya" system, etc.);
- minor agroforestry techniques (trees plus fish or insect production, etc.).

Livestock farming can also involve agroforestry, for example when tree fodder is used or animals are allowed to graze under trees. Some complex agroforestry associations provide intermediate examples, such as the "rubber jungle" of Sumatra which is an agroforest derived from an improved fallow.

High biodiversity

Because agroforestry is a multipurpose activity which is complex in structure and involves high degree of biodiversity, it gives rise to a unique and complex system of ecological, economic and sociological interactions which differ from those of agriculture or forestry. Tropical regions offer a variety of examples of such interactions. Ecological competition or complementarity between trees and crops is illustrated by a case of multi-storey agriculture with beans, bananas and trees in Burundi. Here, below-ground competition between beans on the one hand, and bananas or bananas plus trees on the other, was more important than competition for light, demonstrating the importance of the root component in associating trees and crops. In Zambia, fallow lands improved by planting fast-growing trees were found to recover their soil properties after only two years, while natural fallows took 8 to 10 years.

The economic issues arising from agroforestry practices are difficult to assess because tree growing is undertaken with a long term perspective, which makes it difficult to estimate discount rates. In complex agroforestry systems such as multi-storey agroforests, individual tree management leads to "multi-cycle" plantations where there is no fixed duration to formulate production planning. Under other conditions, trees can compete with crops for farm resources such as land or labour. In subsistence economies without financial markets, trees can be used to guarantee informal loans. Share cropping agreements can be settled between landowners and tenant farmers, where the latter raise crops between trees and maintain them for the former.

Adopting agroforestry systems

The adoption and adaptation of agroforestry innovations by rural people show that the role of trees as perceived by farmers and scientists may differ. In the Comoro Islands, hedges planted around cropland for soil fertility improvement and erosion control were actually maintained by farmers because of their usefulness in controlling cattle movements and as protection against theft. A study of the adoption process revealed that stakeholder groups differ in adopting major innovations such as tree planting in cropland. Older, influential people are among the first to adopt the innovation, because of their authority and influence. They deliver an ideological "certificate of approval" which allows large-scale adoption by other farmers.

Consequences and implications of agroforestry

The multicomponent and multipurpose nature of agroforestry results in specific interactions between farming resources (crops, trees, animals) and between these resources and other components, including people: competition or complementarity, non-monetary economic strategies, appropriate adoption practices, long-term social and landscape change, etc. Agroforestry also has environmental implications in terms of tree impact on ecological factors such as wind, temperature, erosion, biodiversity, etc. These diverse factors make agroforestry a sort of model from which lessons can be drawn for other rural production systems.

Jachère améliorée à *Sesbania sesban* :
détail du sous-bois et de la litière du sol.
Chipata, Zambie, 1992.
Improved fallow land with Sesbania sesban:
detail of undergrowth and leaf litter.
Chipata, Zambia, 1992.
Photo E. Torquebiau.

