

L'agroforesterie comme outil de développement durable dans les pays en voie de
développement

par

Cédric Frenette Dussault

essai présenté au Département de biologie
en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale
(maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale)

FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, juillet 2008

Sommaire

« Vous ne pouvez pas construire un monde meilleur basé sur des ventres vides et la misère humaine. » Telle fut l'affirmation de Norman Borlaug – considéré comme le père de la Révolution verte – lors de son discours d'acceptation du prix Nobel de la paix en 1970. Ces quelques mots résument bien l'importance que la problématique de la faim dans le monde occupe – ou plutôt devrait occuper – au sein des préoccupations politiques. Les problèmes reliés à l'agriculture conventionnelle moderne sont un incitatif à la recherche de solutions moins dommageables pour l'environnement pour nourrir les êtres humains. Historiquement, la Révolution verte fut une des premières tentatives de s'attaquer au problème de la famine. Les résultats escomptés ne furent cependant pas ceux obtenus. Plusieurs problèmes environnementaux se sont amplifiés et la répartition des denrées alimentaires est devenue hautement inéquitable. Dans leur recherche d'une option pouvant concilier la préservation des écosystèmes, l'atteinte de la sécurité alimentaire et une plus grande justice sociale, plusieurs chercheurs et spécialistes tentent de développer des solutions concrètes. Parmi celles-ci se trouve l'agroforesterie, une forme d'agriculture pouvant contribuer au développement durable.

L'agroforesterie se situe à l'interface de l'agriculture et de la foresterie. L'intégration d'arbres et du bétail au sein des cultures agricoles crée des agroécosystèmes complexes. Les services écosystémiques découlant de l'agroforesterie amènent plusieurs bénéfices écologiques, économiques et sociaux comparativement à l'agriculture conventionnelle : biodiversité plus élevée, amélioration de la qualité du sol, productivité primaire totale accrue, séquestration du carbone, stabilité économique, valorisation de l'économie locale et atteinte de la souveraineté alimentaire.

Bien que ces bénéfices ne soient pas tous développés également – des études sont encore nécessaires afin d'éclaircir certains points, notamment en ce qui a trait aux impacts sociaux – l'agroforesterie se démarque en tant qu'option valable à l'agriculture conventionnelle dans les pays en voie de développement. L'agroforesterie pourrait aider à réduire plusieurs

problèmes récurrents, tels que la pauvreté et la dégradation de l'environnement, par la création de richesses. Pour ce faire, il est possible de se baser sur les exemples de l'agriculture biologique, de la séquestration du carbone et de l'évaluation monétaire des biens et services écosystémiques pour créer de la valeur ajoutée à l'aide des systèmes agroforestiers. Cependant, plusieurs améliorations sont nécessaires avant que son implantation soit possible à plus grande échelle. Les contraintes techniques et financières ainsi que l'importance du contexte culturel devront notamment être approfondies afin de bien comprendre le comportement d'adoption des pratiques agroforestières. L'agroforesterie demeure néanmoins un outil des plus importants pour le développement durable des populations dites défavorisées.

Remerciements

Plusieurs remerciements doivent être adressés afin de témoigner de l'impact que plusieurs personnes ont eu sur mon cheminement intellectuel qui m'a permis de rédiger cet essai. J'aimerais tout d'abord remercier Mme Caroline Cloutier pour avoir accepté de superviser la rédaction de cet essai. Ses commentaires constructifs m'ont aidé à donner une structure appropriée au texte afin de le mettre en valeur et de rendre le sujet moins hermétique. J'aimerais également souligner l'apport de Mme Colette Ansseau, professeure au département de biologie de l'Université de Sherbrooke. Ses efforts colossaux dans le domaine de l'écologie internationale ont permis la création de ce programme de maîtrise unique et de stages des plus enrichissants. Sans elle, la rédaction de cet essai n'aurait pas eu lieu. Des remerciements sont aussi adressés au professeur José Casermeiro pour son accueil et ses discussions qui m'ont permis de développer un intérêt pour le domaine de l'agroécologie. Finalement, merci à M. Jean Doyon pour avoir participé, par l'entremise de discussions très intéressantes sur l'agroforesterie, à la rédaction de cet essai.

Table des matières

SOMMAIRE.....	i
REMERCIEMENTS.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
GLOSSAIRE	viii
LISTE DES ACRONYMES	x
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - LA STRUCTURE ET LE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES AGROFORESTIERS.....	4
1.1 Problèmes reliés à l’agriculture au niveau mondial	4
1.2 La Révolution verte	8
1.3 Les pratiques agricoles émergentes	9
1.3.1 Agriculture biologique	9
1.3.2 Biotechnologies alimentaires	10
1.4 Définition de l’agroforesterie.....	11
1.5 Classification des systèmes agroforestiers.....	14
1.6 Structure et fonctionnement écologique des systèmes agroforestiers	18
1.6.1 Importance de la configuration spatiale dans un système agroforestier	18
1.6.2 Compétition et complémentarité des différentes strates de végétation.....	21
1.6.3 Luminosité en système agroforestier	22
1.6.4 Nutriments et matière organique du système agroforestier.....	24
1.6.5 Hydrologie des systèmes agroforestiers.....	26
1.6.6 Importance du choix des espèces.....	28
1.7 Réflexions sur l’agroforesterie	29

CHAPITRE 2 - L'AGROFORESTERIE ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE.....	31
2.1 Définition du développement durable	31
2.2 Bénéfices écologiques de l'agroforesterie	34
2.2.1 Biens et services écosystémiques	35
2.2.2 Biodiversité en système agroforestier.....	36
2.2.3 Productivité primaire	38
2.2.4 Amélioration de la qualité du sol.....	40
2.2.5 Autres bénéfices écologiques de l'agroforesterie.....	42
2.3 Bénéfices économiques de l'agroforesterie	44
2.3.1 La diversité des revenus et la stabilité socioéconomique	44
2.3.2 Création de valeur ajoutée par la certification : parallèle avec l'agriculture biologique et la culture de café	46
2.4 Bénéfices sociaux de l'agroforesterie.....	48
2.4.1 Valorisation de l'économie locale par la création d'emplois.....	48
2.4.2 Approvisionnement en matières premières.....	50
2.4.3 Souveraineté alimentaire.....	51
 CHAPITRE 3 - L'IMPLANTATION DE L'AGROFORESTERIE ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DES POPULATIONS DITES DÉFAVORISÉES	 54
3.1 Les systèmes agroforestiers dans les pays en voie de développement.....	55
3.2 Application de l'agroforesterie dans les pays en voie de développement.....	56
3.2.1 Création de valeur ajoutée par l'agroforesterie dans les pays en voie de développement : les biens et services écosystémiques	58
3.2.2 L'exemple de la biodiversité et de la séquestration du carbone.....	60
3.3 Limites à l'adoption de l'agroforesterie à grande échelle	64
3.3.1 Contraintes techniques et financières	65
3.3.2 Contexte culturel.....	67
 CONCLUSION	 71
LISTE DES RÉFÉRENCES	73
ANNEXE 1 - BIBLIOGRAPHIE.....	104

Liste des tableaux

1.1	Critères de base pour définir un système agroforestier	13
2.1	Thèmes principaux du développement durable	32
3.1	Types de paiements pour la conservation de la biodiversité	61
3.2	Facteurs favorisant l'adoption et le maintien de l'agroforesterie	65

Liste des figures

1.1	Estimation de la population mondiale pour la période 1950-2050	6
1.2	Systèmes agroforestiers classifiés selon la nature de leurs composantes	15
1.3	Classification de l'agroforesterie selon l'arrangement temporel	16
1.4	Schéma du patron de déplétion d'une ressource théorique en présence d'interactions compétitives, neutres ou complémentaires	21
2.1	Les différents services offerts par les écosystèmes	36
2.2	Fluctuation du prix du café sur les marchés mondiaux	45
3.1	Pourcentage de la population vivant sous le seuil de la pauvreté	54
3.2	Principaux systèmes agroforestiers de la zone tropicale	57
3.3	Rentabilité comparative de différents agroécosystèmes	59
3.4	Les zones les plus riches en biodiversité au niveau mondial	62

Glossaire

Agriculture conventionnelle	Agriculture basée sur l'utilisation massive de fertilisants et de pesticides chimiques, de machinerie et de systèmes d'irrigation
Agrisylviculture	Système agricole intégrant une strate arborée ainsi que des cultures herbacées ou céréalières
Agroécosystème	Écosystème modifié pour lui donner une fonction agricole
Agrosylvopastoralisme	Système agricole intégrant une strate arborée, des cultures herbacées ou céréalières ainsi que du bétail et des pâturages
Biodiversité	« Variété des différentes espèces, variabilité génétique de chaque espèce, et variété des différents écosystèmes ainsi formés » (Environnement Canada, 2008)
Capacité de support	Dans un contexte agricole, densité maximale d'individus pouvant être supportée à long terme par un écosystème donné sans qu'il n'y ait d'effets négatifs observables affectant les processus écologiques de l'écosystème (Krebs, 2001)
Cultures intercalaires	Système de culture herbacée ou céréalière intégrant des bandes d'arbres selon un patron spatial défini et régulier
Développement durable	Développement comblant les besoins des générations actuelles sans compromettre ceux des générations futures

Héliophile	Se dit d'une plante ayant un taux de croissance maximal à luminosité élevée
Niche écologique	Ensemble des ressources utilisées par une espèce dans son milieu naturel
Phénologie	Étude des différentes phases du développement végétal à travers le temps
Productivité primaire	Production de biomasse végétale par unité de surface et de temps
Produits forestiers non ligneux	Ressources, autres que le bois, obtenues des écosystèmes forestiers
Résilience	Capacité d'un système à revenir à un état initial à la suite d'une perturbation
Sécurité alimentaire	Condition sociale définie comme l'accessibilité pour tous à une nourriture en quantité suffisante et de qualité
Services et biens écosystémiques	Bénéfices que les populations humaines retirent des écosystèmes
Sylvopastoralisme	Système agricole intégrant une strate arborée, des pâturages ainsi que du bétail
Taungya	Système de gestion permettant aux agriculteurs l'intégration de cultures vivrières dans les plantations forestières lors de la phase d'implantation de cette dernière (Agyeman <i>et al.</i> , 2003)

Liste des acronymes

CCNUCC	Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDB	Convention sur la diversité biologique
CEC	Crédits d'émissions de carbone
FAO	Food and Agriculture Organization
FSC	Forest Stewardship Council
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
OGM	Organisme génétiquement modifié
ONG	Organisation non gouvernementale
PFNL	Produits forestiers non ligneux
WAC	World Agroforestry Centre

Introduction

Une des grandes préoccupations au niveau mondial est la lutte contre la famine :

« En novembre 1996, tous les regards étaient tournés vers Rome, où les chefs d'État et de gouvernement de plus de 180 pays participant au Sommet mondial de l'alimentation ont déclaré leur intention d'éradiquer l'un des pires fléaux pesant sur la conscience collective de la société : la faim. » (FAO, 2006b, p. 4).

L'absence de sécurité alimentaire pose un sérieux problème quant à l'accès des populations à une alimentation de qualité et en quantité suffisante et ce, principalement dans les pays en voie de développement. Pour la période 2000-2002, on a estimé à 852 millions le nombre de personnes souffrant de malnutrition (FAO, 2004). La situation est d'autant plus problématique sachant que la population mondiale est en pleine croissance (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2005). De plus, la tendance risque de se maintenir pour les décennies à venir.

Au niveau international, plusieurs organisations, sous la gouverne des Nations Unies, travaillent sur le terrain pour lutter contre la faim : la Food and Agriculture Organization (FAO), le Fonds international de développement agricole et le Programme alimentaire mondial. Bien que les efforts de première instance de ces organismes soient d'une importance capitale, des critiques concernant leur pertinence ont été émises (BBC News, 2002; 2008). On a notamment accusé la FAO d'avoir tourné le dos aux associations de lutte contre la faim au profit de l'industrie des biotechnologies agroalimentaires (Grain, 2004).

De plus, des considérations éthiques rendent la problématique de la faim dans le monde encore plus complexe. Le droit à une nourriture suffisante et de qualité des peuples des pays pauvres est confronté au désir de production de biocarburant des nations occidentales (BBC News, 2007). Le développement des technologies des biocarburants pourrait mettre

en péril la sécurité alimentaire des pays en voie de développement (Runge et Senauer, 2007). Comment justifier une telle entreprise lorsque des millions de personnes souffrent de malnutrition et de famine ? La pertinence d'une telle réflexion est appuyée par la présente crise alimentaire mondiale qui met en évidence la fragilité du système de production et de répartition des denrées alimentaires, mais également par les inégalités dans le fonctionnement économique de l'agriculture au niveau mondial (Filion *et al.*, 2008). Notamment, les subventions accordées aux agriculteurs des pays riches désavantagent fortement les paysans des pays en voie de développement (Tilman *et al.*, 2002; Beattie et Williams, 2006).

Les pratiques agricoles modernes menacent la sécurité alimentaire. Les différents impacts néfastes de l'intensification des pratiques agricoles ont amplifié maints problèmes environnementaux : déforestation, érosion, désertification, perte de biodiversité et contamination de l'eau potable (Altieri et Pengue, 2006; FAO, 2006a). Les populations les plus affectées par de telles pratiques sont celles habitant les zones les plus défavorisées du globe. Les dommages environnementaux créés par l'agriculture moderne ont accru la marginalisation socioéconomique des nations du tiers-monde (Duraiappah, 1998).

Un moyen de faire face à ce type de problème passe par un cadre de développement durable. Cette approche holistique a été proposée par le désormais célèbre rapport Brundtland. Elle offre des solutions intégrant les volets écologiques, économiques et sociaux de toute problématique (World Commission on Environment and Development, 1987).

En quête d'une alternative écologiquement soutenable, socialement acceptable et économiquement profitable à l'agriculture conventionnelle, plusieurs chercheurs ont proposé l'agroforesterie, une activité agricole complexe intégrant les arbres aux cultures et à l'élevage du bétail (Nair, 1993).

Cet essai se veut une analyse de la question, qui a été abordée de la façon suivante : l'agroforesterie peut-elle constituer un outil de développement durable en zone

défavorisée, c'est-à-dire dans les pays où prévalent des conditions socioéconomiques défavorables à la croissance économique, à la protection de l'environnement et au bien-être des populations humaines ?

Le contenu de l'essai s'articule de la façon suivante. Tout d'abord, les problèmes de l'agriculture moderne et leur lien avec la faim dans le monde sont exposés au chapitre 1. Par la suite, l'agroforesterie est définie et la structure et le fonctionnement des systèmes agroforestiers sont synthétisés via une recherche de littérature scientifique. Ensuite, le chapitre 2 s'articule autour du développement durable. Les bénéfices obtenus de l'agroforesterie sont décomposés selon leur nature : écologique, économique ou sociale. Finalement, le chapitre 3 examine le rôle potentiel de l'agroforesterie dans le développement durable des pays en voie de développement.

Chapitre 1

La structure et le fonctionnement des systèmes agroforestiers

L'agriculture est une activité humaine vitale, car elle permet de combler un besoin fondamental de l'humain : se nourrir. Malheureusement, l'agriculture telle qu'elle est actuellement pratiquée dans le monde inquiète plusieurs. Le manque de vision à long terme et la mauvaise gestion des territoires agricoles menacent la sécurité alimentaire.

1.1 Problèmes reliés à l'agriculture au niveau mondial

Même si la production agricole globale n'a jamais été aussi élevée, la dégradation environnementale et l'appauvrissement des terres ont quant à eux subi une intensification sévère. De plus en plus de terres agricoles sont nécessaires pour nourrir la population mondiale grandissante, ce qui amplifie la problématique de la déforestation (Zak *et al.*, 2004; FAO, 2006a) et de la désertification (FAO, 1995; Abraham *et al.*, 2003). Le taux de déforestation se situe présentement à un niveau alarmant de 13 millions d'hectares par an (FAO, 2006a). L'agriculture intensive accentue l'érosion des sols et peut mener à leur salinisation en milieu aride (Pimentel *et al.*, 1995; Lal, 2001). On estime à 1,6 milliard d'hectares la superficie des terres, principalement situées en Afrique et en Asie, affectées par l'érosion (Lal, 1998). Globalement, la diminution de rendement des terres arables force les agriculteurs, surtout ceux qui travaillent pour leur propre subsistance, à utiliser des terres inaptes à l'agriculture.

La pollution de l'eau et la surexploitation des nappes souterraines sont aussi des phénomènes fréquents en raison de l'utilisation massive de pesticides et de fertilisants chimiques ainsi que de l'irrigation excessive dans certains cas (Zalidis *et al.*, 2002; Holland, 2004). On évalue présentement qu'un milliard d'êtres humains n'a pas accès à de l'eau potable (Department for International Development, 2001). Conséquemment, des

problèmes de santé sont prévisibles surtout dans les pays en voie de développement où les usines de traitement d'eau potable sont inadéquates, voire inexistantes, et où les services de santé sont insuffisants (Pimentel *et al.*, 1997a). Également, l'augmentation des superficies de monocultures est une menace directe à la biodiversité et ce, particulièrement dans les pays en voie de développement où la biodiversité est plus abondante (Altieri et Pengue, 2006). Le risque y est encore plus grand en l'absence d'un mécanisme d'application des lois existantes et avec une gouvernance laxiste orientée vers la déréglementation (Collier, 1998).

L'intensification de l'agriculture n'a pas seulement que des impacts environnementaux. La dépendance de plus en plus grande aux fertilisants et aux pesticides chimiques ainsi que la tendance à la mécanisation des activités agricoles empêchent la survie des fermes de petite taille. Il en résulte une concentration de la propriété et indirectement une répartition moins équitable des revenus (Conway, 1997). Les fermes de grande taille remplacent généralement la main d'œuvre des petites fermes par de la machinerie, ce qui diminue le nombre d'emplois disponibles en agriculture. De cette manière, le pouvoir d'achat des petits agriculteurs et des habitants des régions rurales est grandement réduit. Pour cette raison, même si les prix des denrées alimentaires ont fortement diminué avec les années, les problèmes de malnutrition subsistent, car les populations les plus pauvres, notamment celles en milieu rural, n'ont toujours pas accès à une nourriture de qualité et en quantité suffisante pour des raisons économiques (Fanslow, 2007). Avec environ 852 millions de personnes souffrant de malnutrition à travers le monde et des taux de mortalité infantile élevés dans les pays en voie de développement, la sécurité alimentaire est loin d'être atteinte (FAO, 2004).

Avec une population toujours grandissante (Figure 1.1), remplacer les modes de production actuels ne peut se faire sans obligation de résultats. Même si l'agriculture moderne est loin d'être parfaite, il est impensable que de nouvelles techniques plus respectueuses de l'environnement soient adoptées à moins de démontrer hors de tout doute que la productivité ne diminuera pas. En effet, il est peu probable que les décideurs politiques priorisent la protection de l'environnement avant l'accès à la nourriture.

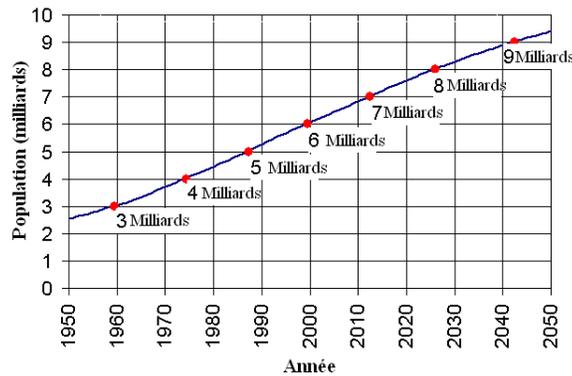


Figure 1.1 Estimation de la population mondiale pour la période 1950-2050

Source : U.S. Census Bureau (2007)

Présentement, on estime que les surfaces agricoles peuvent combler les besoins nutritionnels de toute la population mondiale (Daily *et al.*, 1998). Cependant, le problème réside dans la répartition. Le manque de fonds des pays en voie de développement dédié à l'achat de vivres ainsi que leurs systèmes agricoles précaires empêchent une répartition équitable des ressources alimentaires (Hinrichsen, 1997; Lappe *et al.*, 1998).

Le problème de la production et de la répartition alimentaire est également causé par les disparités économiques entre les pays riches et les pauvres. Les généreuses subventions accordées aux agriculteurs occidentaux, particulièrement aux États-Unis, ont, en plus d'avoir accentué plusieurs problèmes environnementaux, fait chuter le prix réel des produits agricoles (Tilman *et al.*, 2002). Ces subventions sont généralement inexistantes pour les agriculteurs des pays en voie de développement, car leurs gouvernements n'ont généralement pas accès à autant de ressources que ceux des pays riches. Il en résulte que les producteurs des pays en voie de développement ne peuvent pas offrir des produits compétitifs sur le marché et sont contraints de demeurer dans la pauvreté (Beattie et Williams, 2006). Pour ces raisons, l'existence des subventions agricoles est largement remise en question (Steinberg et Joslin, 2003). Malgré le fait que les États-Unis soient les porte-étendards du libre-échange, leur agriculture demeure largement subventionnée (Economic Research Service, 2002; Friedmann, 2002; U.S. Department of Agriculture, 2006).

Présentement, la crise alimentaire qui sévit à travers le monde réduit encore plus l'accès des populations pauvres aux denrées alimentaires de base (Agence France Presse, 2008a). Les prix de plusieurs aliments de base – riz, maïs, blé, soya – ont subi des augmentations vertigineuses, de l'ordre de 40 à 100 % du prix payé en 2007, en l'espace d'un an seulement (Agence France Presse, 2008c). Plusieurs émeutes et événements violents ont eu cours dans différentes parties de l'Afrique et de l'Asie du Sud-Est, deux des régions les plus fortement touchées par cette crise, afin de protester contre la flambée des prix des denrées alimentaires (Agence France Presse, 2008b). Ces augmentations sont d'autant plus sévères en sachant que les populations les plus pauvres consacrent jusqu'à 75 % de leurs revenus à l'alimentation (Filion *et al.*, 2008). Les principales causes de cette crise sont l'augmentation de la consommation des pays émergents, la spéculation financière sur les denrées alimentaires et l'utilisation de grains pour produire des biocarburants (The Economist, 2007; Lappe, 2008). Quelques pistes de solution ont été suggérées afin de réduire l'impact de cette crise : l'interdiction de la spéculation financière, l'arrêt de la production d'éthanol à base de maïs, la diminution de la consommation énergétique ainsi que le développement de la souveraineté alimentaire des pays pauvres (Filion *et al.*, 2008). Ce dernier concept est défini comme :

« [...] (le) droit des populations, des communautés, et des pays à définir leur propre politique alimentaire, agricole, territoriale ainsi que de travail et de pêche, lesquelles doivent être écologiquement, socialement, économiquement et culturellement adaptées à chaque spécificité. La souveraineté alimentaire inclut un véritable droit à l'alimentation et à la production alimentaire, ce qui signifie que toutes les populations ont droit à une alimentation saine, culturellement et nutritionnellement appropriée, ainsi qu'à des ressources de production alimentaire et à la capacité d'assurer leur survie et celle de leur société. » (International Planning Committee on Food Sovereignty, 2002).

Selon cette définition, le commerce n'est pas exclu, mais plutôt encadré et réglementé – contrairement à un système de libre marché – afin que les bénéfices soient retournés aux agriculteurs et aux communautés locales (Windfuhr et Jonsén, 2005).

1.2 La Révolution verte

Historiquement, la Révolution verte fut l'une des premières tentatives de s'attaquer à la production et à la répartition de la nourriture. En effet, jusqu'au milieu du 20^{ième} siècle, les besoins en nourriture ont principalement été comblés en augmentant les superficies cultivées (Evenson et Gollin, 2003). Cependant, avec les progrès de la médecine moderne, l'espérance de vie s'est allongée de manière substantielle. Avec une population mondiale croissante, les terres productives sont devenues de plus en plus rares et les agriculteurs ont dû commencer à utiliser celles possédant un potentiel agricole plus faible pour pouvoir subvenir à la demande (International Food Policy Research Institute, 2002). Avec une population mondiale ayant franchi le cap des deux milliards et demi d'habitants durant les années 1950 (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2005), cette façon de faire allait bientôt s'avérer insuffisante. Une nouvelle approche était primordiale, voire inévitable.

Au lieu de cultiver plus d'hectares de terre arable, il est plus intéressant de développer des moyens permettant d'augmenter la production agricole par unité de surface : c'est l'idée à la base même de la Révolution verte. Ce principe fut mis en application par l'implantation d'un centre de recherche international voué au développement de cultivars à haut rendement et résistants aux ravageurs de récoltes (Evenson et Gollin, 2003). Deux organisations américaines, soient la Rockefeller Foundation et la Ford Foundation, sont à l'origine de la création de cet institut.

Cette révolution de la production agricole a connu un certain succès au Mexique, en Inde et en Asie, mais il fut relativement restreint en Afrique (Conway, 1997). Son impact fut si grand qu'on évalue le nombre de personnes ayant été sauvées de la famine par les cultivars à haut rendement en termes de milliards (Evenson et Gollin, 2003). Cependant, un changement d'une telle ampleur n'a pas pu être effectué sans heurts. Notamment, plusieurs critiques ont souligné le fait que la Révolution verte a rendu les paysans beaucoup plus dépendants aux différents apports de production (fertilisants, pesticides, machinerie, pétrole), ce qui a eu pour effet de faire disparaître de petites fermes familiales au profit de

grosses entreprises agroalimentaires axées sur l'exportation (Cleaver, 1972). L'économie se portait mieux au niveau national, mais la population ne récoltait que très peu de bénéfices découlant d'une augmentation de la production : le problème résidait au niveau de la répartition. Également, plusieurs problèmes reliés à l'utilisation massive de pesticides ont vu le jour : contamination des nappes phréatiques, résistance des insectes ravageurs aux produits chimiques et perte de biodiversité (Conway, 1997; Fanslow, 2007).

1.3 Les pratiques agricoles émergentes

La Révolution verte voulait assurer la sécurité alimentaire pour tous, mais plusieurs problèmes se sont manifestés, malgré les bonnes intentions à l'origine du projet. Il est toutefois possible de se baser sur les erreurs de la Révolution verte afin de réorienter les pratiques agricoles vers des méthodes qui seraient plus respectueuses de l'environnement et des communautés rurales. Notamment, l'agriculture biologique et les biotechnologies ont été développées pour répondre à un besoin croissant de pratiques plus acceptables, au niveau environnemental, pour la production de nourriture.

1.3.1 Agriculture biologique

C'est dans cette optique qu'on peut de plus en plus observer de nouvelles façons de faire dans le milieu agricole. L'agriculture biologique en est un bon exemple. La préoccupation montante concernant l'utilisation de produits chimiques pour augmenter la production et leurs effets néfastes sur la santé et les écosystèmes a donné naissance à cette forme d'agriculture plus respectueuse de l'environnement. Il est clair qu'une diminution de l'utilisation de produits chimiques ne peut avoir qu'un impact positif sur l'environnement. On note également que les agroécosystèmes basés sur des pratiques d'agriculture biologique renferment une plus grande biodiversité comparativement aux systèmes agricoles conventionnels (Siegrist *et al.*, 1998; Soil Association, 2000).

Cependant, les récoltes en agriculture biologique sont de 10 à 15 % inférieures à celles de l'agriculture moderne et les prix sont généralement supérieurs aux produits conventionnels,

ce qui en réduit l'accessibilité pour tous (Lotter, 2003). De plus, les sols doivent être labourés plus fréquemment en raison de la présence de mauvaises herbes étant donné que l'utilisation d'herbicides est prohibée. Cela se traduit par une structure de sol plus dégradée et une dépendance accrue aux combustibles fossiles et ce, surtout pour les fermes de grande superficie (Trewavas, 2001). Également, l'agriculture biologique ne règle pas nécessairement le problème de la répartition tout comme lors de la Révolution verte, car ce n'est pas le but premier recherché (Pollan, 2001). L'application de l'agriculture biologique à grande échelle, même si elle présente des avantages intéressants, est donc limitée.

1.3.2 Biotechnologies alimentaires

Des percées scientifiques ont permis le développement des biotechnologies et leur application au monde agricole. L'idée de base est similaire à celle de la Révolution verte : nourrir les populations aux prises avec des problèmes de sécurité alimentaire. La production d'organismes génétiquement modifiés (OGM) plus riches en protéines, vitamines et autres molécules d'intérêt nutritionnel, résistant aux nombreux ravageurs et n'étant pas affectés par certains herbicides sont les buts recherchés. Les biotechnologies offriront donc la possibilité d'augmenter la productivité à l'aide des nouvelles technologies basées sur la génomique.

Toutefois, outre les bienfaits vantés des biotechnologies alimentaires, plusieurs problèmes demeurent. Notamment, la possibilité, bien que peu connue, de développer des allergies alimentaires dues aux OGM, l'émergence d'insectes ravageurs et de mauvaises herbes hautement résistants aux produits chimiques ainsi que l'acceptabilité du public sont encore sujets à discussion (Gaskell *et al.*, 1999; Kuiper *et al.*, 2001; Benbrook, 2005). De plus, il y a une possibilité de contamination génétique entre des plantes indigènes et des OGM, ce qui peut fortement altérer l'écologie du milieu (Paoletti et Pimentel, 1996). Au niveau économique, on prévoit que les pays dits défavorisés ne profiteront pas des avantages des OGM. En effet, les coûts élevés associés à la recherche et au développement des biotechnologies alimentaires n'incitent pas les entreprises privées de ce secteur à vendre leurs produits à prix abordable vers les marchés des pays du tiers-monde (Altieri et Rosset,

2002). De plus, la dépendance aux intrants chimiques pour la culture des semences génétiquement modifiées, vendues par des multinationales telles que Monsanto, Syngenta et DuPont et les restrictions sévères liées à l'utilisation de ces semences accentuent la pauvreté des petits agriculteurs au lieu de la réduire (Orton, 2003). Ceux-ci n'ont donc plus la possibilité de s'affranchir de ces multinationales. Malgré l'idée de départ, les biotechnologies ne visent pas l'atteinte de la sécurité alimentaire.

Les principales initiatives ayant été entreprises afin de s'attaquer au problème de la famine n'ont pas donné les résultats escomptés. Les deux exemples précédents soulignent l'importance de la répartition des denrées alimentaires et des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement comme conditions nécessaires à l'atteinte de la sécurité alimentaire. Un type d'agriculture gagnant de plus en plus de visibilité au sein de la communauté scientifique pourrait potentiellement répondre à ces critères : l'agroforesterie. Cette forme d'agriculture prétend pouvoir apporter une partie de la solution aux problèmes agricoles actuels et ce, autant au plan écologique qu'économique et social (Nair, 1993, 2007). Avant d'aller plus loin dans l'analyse de l'agroforesterie, qui sera abordée au chapitre 2, une définition, une classification ainsi que la structure et le fonctionnement écologiques de l'agroforesterie sont présentés dans les prochaines sections.

1.4 Définition de l'agroforesterie

L'agroforesterie n'est pas une nouvelle mode ni une façon révolutionnaire de pratiquer l'agriculture. À dire vrai, c'est plutôt l'une des plus anciennes méthodes de production agricole, mais elle fut reléguée aux oubliettes pendant un certain temps à cause de l'intensification de l'agriculture moderne (Nair, 2007). L'agroforesterie est pratiquée depuis des siècles en Afrique, en Amérique Latine, en Chine, en Inde et en Europe (Zou et Sanford, 1990; Nair, 1993). Cependant, l'intérêt accordé par la communauté scientifique à cette pratique date de 30 ans tout au plus. Les possibilités de réconcilier la production agricole et la protection de l'environnement sont à l'origine de l'essor de la recherche en agroforesterie (Agroforestry Systems, 1982).

Avant d'aller plus loin, il faut définir correctement et concrètement ce qu'on entend par agroforesterie. Plusieurs auteurs se sont attaqués à cette tâche en tentant de faire ressortir les points communs à tout système agroforestier. Tout d'abord, il convient de mentionner que l'agroforesterie est un amalgame de plusieurs disciplines : la foresterie, l'agronomie, l'écologie, la pédologie, l'élevage, l'aquaculture et les pêcheries, la gestion du territoire ainsi que l'économie et la sociologie (Agroforestry Systems, 1982). La multidisciplinarité de l'agroforesterie peut en compliquer la définition étant donné les différents points de vue possibles selon le domaine de recherche. Il est donc nécessaire d'identifier les critères qui servent à déterminer si tel ou tel système agricole peut être associé au terme agroforesterie. Le World Agroforestry Centre (WAC), un des principaux organismes scientifiques voués à l'étude de l'agroforesterie à travers le monde, établit la définition suivante :

« (Agroforestry is) A land-use system in which woody perennials (trees, shrubs, palms, bamboos) are deliberately used on the same land management unit as agricultural crops (woody or not), animals or both, either in some form of spatial arrangement or temporal sequence. In agroforestry systems there are both ecological and economic interactions between the different components. »¹ (World Agroforestry Centre, 2008a)

Cette définition, bien que facile à comprendre, demeure vague et imprécise. Tout d'abord, un arrangement spatial ou une séquence temporelle quelconque ne sont pas exclusifs à l'agroforesterie : cela peut s'appliquer à n'importe quel système agricole. Ce critère ne permet pas de discriminer l'agroforesterie d'autres pratiques agricoles. Ensuite, les interactions biologiques et économiques dans de tels systèmes ne sont pas assez claires : doit-on y retrouver des interactions entre la strate arborée et une autre composante ou si les interactions entre deux espèces herbacées sont suffisantes ? Il y a donc certaines faiblesses dans cette définition. De plus, si seules des interactions économiques existent, peut-on encore considérer le système comme de l'agroforesterie ? Somarriba (1992) présente une réflexion plus poussée sur ce sujet. Se basant sur les critères de plusieurs spécialistes en

¹ « (L'agroforesterie est) Un système d'utilisation du territoire dans lequel des espèces pérennes ligneuses (arbres, buissons, palmiers et bambous) sont délibérément utilisées sur la même unité de gestion du territoire que des cultures agricoles (ligneuses ou non), des animaux ou les deux, sous une forme d'arrangement spatial ou de séquence temporelle. Dans les systèmes agroforestiers, on retrouve des interactions écologiques et économiques entre les différentes composantes. » (Traduction libre)

agroforesterie, l'auteur réussit à faire ressortir trois idées généralement considérées comme fondamentales dans la définition de l'agroforesterie (Tableau 1.1).

Tableau 1.1 Critères de base pour définir un système agroforestier

Critères de base de l'agroforesterie
<ul style="list-style-type: none">• Au moins une des composantes est une espèce ligneuse et pérenne• Présence d'au moins deux espèces végétales qui ont des interactions biologiques significatives• Au moins une des espèces est utilisée pour produire du fourrage ou obtenir des produits agricoles provenant d'espèces pérennes ou annuelles

Traduction libre

Source : Somarriba, E. (1992)

Le premier critère est une condition *sine qua non* : il doit absolument y avoir présence d'arbres et/ou d'arbustes. Le second fait ressortir l'importance de la complexité et de la diversité en agroforesterie. Le but recherché est de complexifier le système afin de s'éloigner de la production de type monoculture en ayant au moins deux espèces. Il manque cependant un consensus scientifique sur ce qui constitue des interactions biologiques significatives (Somarriba, 1992). Finalement, le troisième critère est utilisé pour exclure les pratiques de foresterie où seules des espèces arborées seraient cultivées pour obtenir des produits comme de la fibre et du bois de charpente. Cependant, cela n'exclut pas des systèmes agroforestiers comme celui cultivant le cacao sous les cocotiers, car des produits agricoles sont obtenus, c'est-à-dire le cacao et la noix de coco. De plus, même si les présents critères peuvent être associés aux savanes, ces écosystèmes ne sont pas considérés comme des systèmes agroforestiers, car ces milieux sont beaucoup moins anthropisés que les systèmes agroforestiers et la densité d'arbres y est plus faible. Une précision dans la définition devrait tout de même être apportée pour exclure clairement les savanes.

On peut constater, au tableau 1.1, qu'il n'est pas fait mention des animaux qui peuvent être présents dans les systèmes de type sylvopastoral (voir section 1.5.1). Cette omission ne rend pas la définition invalide pour autant. En effet, lorsqu'il y a présence d'animaux d'élevage, c'est généralement parce qu'il y a une strate herbacée qui fait office de pâturage au lieu d'être cultivée pour obtenir un produit agricole destiné à la consommation directe ou à la vente. C'est exactement ce qui ressort du troisième critère du tableau 1.1 tout en respectant les deux autres critères lorsqu'il y a présence d'une strate arborée.

Cette description semble aussi exclure les pratiques émergentes telles que l'apisylviculture (l'apiculture en forêt) et l'aquaforesterie (l'utilisation de bandes d'arbres pour réduire la pollution liée à la pisciculture) qui sont généralement considérées comme des types particuliers d'agroforesterie (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2007). La définition devra se raffiner avec le temps afin de tenir compte de ces nouvelles activités agricoles. De plus, il a été rapporté que l'agroforesterie constitue une alternative à l'agriculture conventionnelle par la création de bénéfices écologiques, économiques et sociaux non négligeables (Agroforestry Systems, 1982; Nair, 1993; Sulzberger, 2008). Par contre, une démonstration scientifique rigoureuse manque encore avant de pouvoir affirmer avec certitude que l'agroforesterie puisse surpasser l'agriculture conventionnelle.

1.5 Classification des systèmes agroforestiers

Les critères du tableau 1.1 permettent de mieux discerner ce qu'est l'agroforesterie. À partir de ceux-ci, un système de classification des systèmes agroforestiers peut être élaboré. La structure des composantes, leurs fonctions, les facteurs socioéconomiques et les conditions climatiques sont les différents modes de classification reconnues (Nair, 1985).

Intuitivement, la classification la plus simple des systèmes agroforestiers se base sur la nature de leurs composantes. C'est exactement sur ce principe que s'appuie la classification structurelle. Celle-ci se décompose en deux blocs : l'arrangement spatial et la séquence temporelle. Le premier cas réfère aux dispositions entre les différents éléments

dans l'espace, tandis que pour le second, le temps y est inclus comme facteur principal de classification.

Les trois composantes principales retrouvées en agroforesterie sont la strate arborée, les cultures agricoles et les animaux d'élevage. Selon le type d'association entre les différentes composantes, on retrouve quatre systèmes agroforestiers principaux : l'agrisylviculture, le sylvopastoralisme, l'agrosylvopastoralisme et les autres systèmes (Figure 1.2). Cette dernière catégorie a été ajoutée afin de ne pas exclure des systèmes agroforestiers moins fréquents tels que l'apisylviculture, mais aussi des systèmes plus simples comme les haies brise-vent utilisées pour réduire l'érosion et la vélocité du vent.

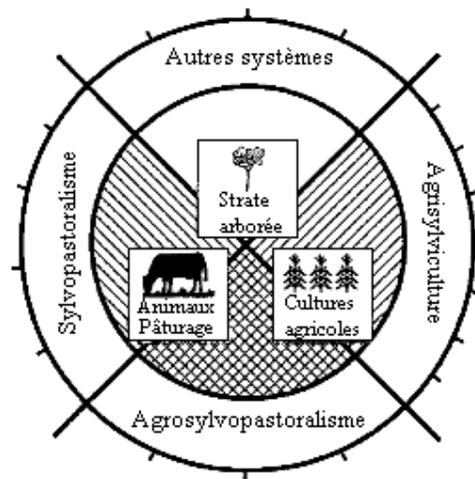


Figure 1.2 Systèmes agroforestiers classifiés selon la nature de leurs composantes

Source : Nair, P.K.R. (1993), p. 25

Le niveau de complexité structurel varie grandement d'un système agroforestier à l'autre. Par exemple, un système considéré comme relativement simple serait celui des cultures intercalaires. Ce dernier fait référence à l'insertion de rangées d'arbres entre les rangs d'espèces herbacées ou arbustives. À l'opposé, on retrouve des arrangements qui semblent, à première vue, n'avoir aucune structure, comme la taungya par exemple. La taungya est un agroécosystème où les agriculteurs – sans droits de propriété – ont le droit d'intégrer

des cultures vivrières dans les plantations forestières lors de la phase d'implantation de ces dernières (Agyeman *et al.*, 2003). Il serait plus exact de parler d'une complexité élevée plutôt que d'une absence de structure spatiale. Les plantations de café cultivé à l'ombre en sont un exemple concret.

La structure temporelle a aussi son importance dans la classification agroforestière basée sur la structure des composantes. Généralement, lorsque le terme agroforesterie est invoqué, il est courant d'imaginer une parcelle où sont cultivés conjointement arbres et plantes herbacées. Cependant, l'occurrence temporelle de chacune des strates de végétation n'est pas nécessairement la même (Figure 1.3). Selon cette classification, autant les arrangements coïncidents que séparés dans le temps peuvent être considérés comme des exemples d'agroforesterie (Nair, 1993).

Arrangement temporel	Illustration schématique	Exemples
Coïncident		Café cultivé à l'ombre; pâturage sous les arbres
Concomitant		Taungya
Intermittent (dans l'espace)		Cultures annuelles sous les cocotiers; silvopastoralisme saisonnier
Interpolé (dans le temps et l'espace)		Jardins domestiques
Superposé		Poivre et caoutchouc
Séparé (dans le temps)		Jachère améliorée dans un système de culture changeante

(L'échelle temporelle varie pour chaque combinaison.)

Figure 1.3 Classification de l'agroforesterie selon l'arrangement temporel

Source : Nair, P.K.R. (1993), p. 27

Le deuxième type de classification est basé sur les fonctions des composantes du système agroforestier. En effet, la nature première de l'agriculture moderne est axée vers la production de biens marchands. La notion de rendement y est importante. Cependant, une

surexploitation des terres agricoles amène son lot de problèmes (*e.g.* Lal, 2001). L'agroforesterie se distingue de cette approche par l'inclusion du concept de durabilité et par le maintien d'une structure complexe de l'agroécosystème (Nair, 1985). Cela implique qu'une importance particulière est accordée à la protection environnementale et à l'arrangement spatial, contrairement à d'autres systèmes plus simples tels que les monocultures. Ainsi, il est possible de classer les différents systèmes agroforestiers selon la nature de leurs produits (*e.g.* céréales, fruits, bois, fourrage) et le type d'actions entreprises pour préserver et restaurer l'intégrité des écosystèmes (*e.g.* conservation de la fertilité du sol, diminution de l'érosion, maintien de la biodiversité) (Nair, 1993).

Le dernier type de classification dont nous traitons ici est celui basé sur les facteurs socioéconomiques et les conditions climatiques. En plus de la structure et des fonctions des composantes, certains auteurs s'intéressent aux facteurs socioéconomiques et aux conditions climatiques associés aux systèmes agroforestiers pour les classer. En effet, l'agroforesterie peut être catégorisée selon le type de technologie, la quantité d'intrants utilisés et le niveau de production (de subsistance, intermédiaire ou commercial) (Nair, 1993). D'autres chercheurs s'intéressent aux contraintes climatiques (*e.g.* température et quantité de précipitations), car elles peuvent empêcher l'implantation de certains types de systèmes agroforestiers dans des écosystèmes particuliers (Nair, 1993). La strate arborée est nécessairement moins abondante en milieu aride qu'en milieu tropical humide.

Au bilan, l'intégration de tous les types de classification – complémentaires – permet de décrire très précisément un type particulier de système agroforestier. Un exemple serait un système sylvopastoral coïncident voué à la protection du sol et à la production de pâturage, en zone tropicale sèche, à des fins de subsistance. Bien que donnant plusieurs informations sur le système agroforestier dans son ensemble, cette forme de classification est peu pratique, voire lourde. C'est pourquoi on retrouve généralement une classification basée principalement sur l'arrangement spatial dans la littérature scientifique.

Une fois que le système agroforestier est bien décrit, l'étape suivante est de comprendre sa structure ainsi que son fonctionnement. La présence d'arbres rend le système plus

complexe que ceux de l'agriculture conventionnelle et des études scientifiques rigoureuses sont nécessaires afin d'éclaircir les différentes interactions entre les strates herbacée et arborée. Les recherches portent principalement sur l'importance de la configuration spatiale, les mécanismes de compétition et la répartition des ressources entre les différentes strates de végétation.

1.6 Structure et fonctionnement écologique des systèmes agroforestiers

Un des éléments majeurs de la recherche en agroforesterie réside dans la compréhension des relations entre la strate arborée et les autres groupes de végétation comme les cultures céréalières, les arbustes ainsi que les plantes herbacées. En effet, toutes les strates de végétation sont, jusqu'à un certain niveau, en compétition pour les différentes ressources disponibles (*e.g.* eau, lumière, nutriments) (Weiner, 1990). Si les différents mécanismes de compétition, mais aussi de complémentarité, ne sont pas connus, aucune prédiction de la production ne peut être effectuée et la gestion du territoire agroforestier ne peut être réalisée de manière adéquate (Schroth *et al.*, 2001). Il importe donc d'approfondir, en premier lieu, les interactions selon la configuration spatiale des arbres et des plantes.

1.6.1 Importance de la configuration spatiale dans un système agroforestier

Si on considère une parcelle de territoire agroforestier, deux situations contrastantes peuvent être conceptualisées. Tout d'abord, imaginons une terre agricole sous culture de maïs avec un seul arbre en son centre. La plupart des spécialistes en agroforesterie s'accorderont pour affirmer que l'effet d'un seul individu de la strate arborée sur le maïs n'est pas significatif. À l'opposé, la situation selon laquelle une parcelle aurait une couverture arborée de 100 % ne permettrait pas une véritable production dans la strate herbacée. Dans la première situation, la présence d'un seul arbre n'apporte aucun bénéfice, tandis que dans la seconde, l'abondance maximale de couvert arboré empêche l'implantation d'une strate herbacée. Ces deux exemples soulignent l'importance de trouver une densité optimale d'arbres afin d'optimiser la coexistence entre les différentes espèces végétales et de diversifier la production.

Les arrangements intercalaires sont probablement l'un des systèmes les plus étudiés, étant donné leur simplicité relative pour mesurer la radiation solaire. Dans une étude sur l'effet de l'espacement des rangées d'arbres sur la productivité des pâturages, Burner et Brauer (2003) en sont venus à la conclusion que la production de biomasse herbacée était supérieure dans les allées plus larges en climat tempéré. Des conclusions similaires peuvent être observées dans des systèmes sylvopastoraux tempérés (où l'arrangement spatial n'est pas ordonné en rang, mais plutôt aléatoire) selon la densité arborée : il y a un seuil de densité au-dessus duquel les baisses de production herbacée sont très marquées à cause d'une diminution substantielle de luminosité (Rozados-Lorenzo *et al.*, 2007). Cependant, il y a une limite supérieure à l'espacement : si les rangs sont trop distancés, les effets bénéfiques de la strate arborée deviennent plutôt négligeables (Osei-Bonsu *et al.*, 2002).

Ces résultats sont valides en zone tempérée, mais on note également une productivité herbacée plus élevée dans les systèmes agrisylvicoles plus espacés en milieu subtropical (Huang, 1997). En climat aride, par contre, même si on observe une tendance similaire, les densités arborées, pour obtenir une production optimale des pâturages, sont beaucoup plus faibles étant donné la compétition pour l'eau (Singh *et al.*, 2007).

Si l'espacement favorise une production accrue de la biomasse, ce facteur affecte négativement la quantité de protéines contenues dans les plantes herbacées et celles-ci sont également moins facilement digérables (Jackson et Ash, 1998; Burner et Brauer, 2003). L'explication serait basée sur l'hypothèse de l'équilibre carbone-nutriments² : les milieux plus ombragés (*i.e.* ceux moins espacés) ont un ratio carbone/azote généralement plus faible, à cause d'une activité photosynthétique plus faible, qui se reflète dans une meilleure composition protéique du feuillage (Aber et Melillo, 2001). Le choix de l'espacement peut ainsi se faire en fonction du but recherché : une plus grande production fourragère ou une meilleure qualité des pâturages.

² L'hypothèse de l'équilibre carbone/nutriments suppose qu'en présence d'une plus grande disponibilité d'azote ou de carbone dans le sol, les plantes synthétiseront des composés à majorité à base d'azote et de carbone respectivement (Bryant *et al.*, 1983). Les composés avec plus de carbone sont généralement moins digestibles (Aber et Melillo, 2001).

Les plantations intercalaires ne sont pas nécessairement bâties selon un modèle 1:1 (*i.e.* une rangée d'arbres alternant avec une de plantes herbacées ou graminoides). Lorsque plusieurs rangées d'arbres sont plantées entre les cultures agricoles, la productivité herbacée est supérieure au système 1:1 de 28 à 44 % (Seiter *et al.*, 1999). Cependant, dans de telles situations, la biomasse arborée réagit de manière inverse, pouvant chuter jusqu'à 40 % par rapport aux systèmes 1:1 (Ares et Brauer, 2005). Ici aussi, le gestionnaire ou l'agriculteur est responsable de prendre une décision visant à optimiser un paramètre en particulier. Le choix du patron spatial est donc généralement une des premières préoccupations lors de l'implantation d'un système agroforestier.

Il est aussi possible d'envisager le choix de l'arrangement spatial d'une autre perspective, c'est-à-dire en fonction de la production arborée. Cela est courant dans les systèmes agrisylvicoles où les agriculteurs retirent un avantage économique de la production d'arbres (bois de construction, bois de chauffage, fruits, noix) tout en maintenant des cultures de subsistance.

L'étude des interactions entre le couvert arboré et le couvert herbacé à différentes densités d'arbres dans les cultures intercalaires permet une meilleure compréhension de certains mécanismes de base, mais il est possible d'avoir différentes répartitions spatiales de la strate arborée : régulière, aléatoire ou regroupée (Krebs, 2001). La première catégorie fait généralement référence aux systèmes de nature anthropique où l'espace entre les arbres est maintenu similaire comme dans le cas des cultures intercalaires ou les plantations sylvicoles. La configuration aléatoire est associée aux parcelles où aucun patron de distribution spatiale n'est observé. Le terme regroupé est, quant à lui, utilisé pour décrire la présence d'îlots d'arbres. Cette notion est importante dans l'étude de la configuration spatiale, car il a été observé qu'à densité égale, une distribution regroupée produit plus de biomasse arborée qu'en situation aléatoire dans un système sylvopastoral (Teklehaimanot *et al.*, 2002). Toutefois, la configuration regroupée est plus fréquemment observée en milieu naturel non perturbé (Djossa *et al.*, 2008). Dans les systèmes agroforestiers fortement anthropisés, il est plus courant de planter des arbres en ligne droite afin de faciliter le travail (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2007). Il y aurait possibilité de

modifier la structure du paysage, à petite échelle, par la coupe sélective et le replantage. Cependant, il manque d'études afin de savoir comment de telles modifications pourraient affecter le système agroforestier.

1.6.2 Compétition et complémentarité des différentes strates de végétation

L'idée de complémentarité entre les différentes espèces est un des concepts fondamentaux de l'agroforesterie : le choix d'espèces aux niches écologiques différentes permettrait la réduction de la compétition interspécifique ainsi que la maximisation de la productivité primaire et ce, à long terme (Nair, 1993). Cependant, plus d'études scientifiques sont nécessaires afin de confirmer ou d'invalider cette hypothèse. En particulier, des recherches sont requises dans la détermination des niches écologiques de différentes espèces afin de mieux comprendre les mécanismes de compétition et de complémentarité. La figure 1.4 schématise trois catégories possibles d'interactions arbre-plante en fonction des ressources disponibles.

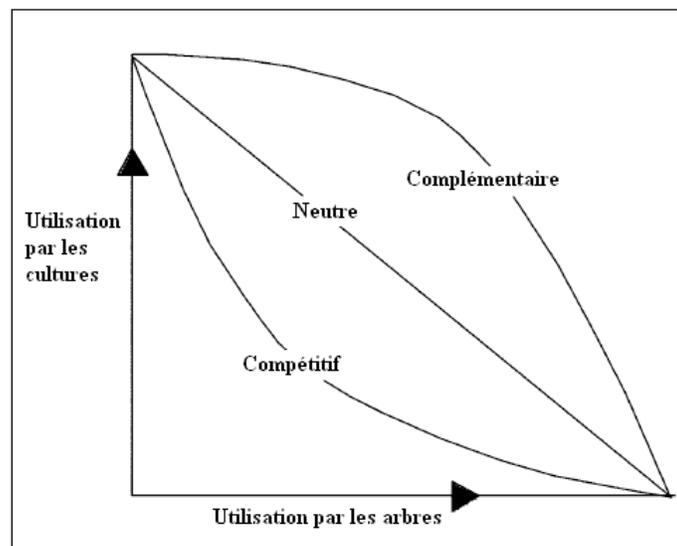


Figure 1.4 Schéma du patron de déplétion d'une ressource théorique en présence d'interactions compétitives, neutres ou complémentaires

Source : Ong, C.K. et Leakey, R.R.B. (1999)

Si aucune interaction, autant négative que positive, n'a lieu, la consommation d'une ressource par la strate arborée se traduit par une baisse proportionnelle de la disponibilité de ladite ressource pour les cultures ou les pâturages (courbe « neutre »). Si les arbres ont accès à des ressources inaccessibles aux autres strates, la disponibilité en ressources chute moins vite (courbe convexe) et les relations sont dites complémentaires. Par contre, lorsque des interactions négatives sont présentes, la déplétion de la ressource se manifeste de manière plus prononcée, d'où la courbe concave. De plus, les interactions ne sont pas fixes : elles peuvent changer avec le temps (Ong et Leakey, 1999).

Avec une connaissance plus complète des interactions arbre-plante, il serait possible de mieux gérer le territoire agroforestier et ce, afin d'atteindre une utilisation optimale des différentes ressources disponibles : la lumière, les nutriments et l'eau. Bien que ces trois facteurs soient présentés individuellement dans les sections suivantes, plusieurs aspects sont complémentaires et auraient pu être intégrés au texte différemment étant donné les fortes interactions entre la lumière, les nutriments et l'eau à l'intérieur des écosystèmes. Les principaux avantages cités de l'agroforesterie sont le maintien d'un microclimat favorable aux cultures sous la canopée (Holmgren *et al.*, 1997), un meilleur cyclage des nutriments (Jackson et Ash, 1998) ainsi qu'une meilleure exploitation des différentes ressources disponibles maximisant la productivité primaire (Nair, 1993). Les sections suivantes analysent plus rigoureusement de telles affirmations en fonction des ressources utilisées par les plantes – la lumière, les nutriments ainsi que l'eau – ainsi que leur impact sur la productivité primaire.

1.6.3 Luminosité en système agroforestier

L'intérêt porté aux mécanismes de compétition s'explique par différents facteurs, notamment la capture de la lumière par la canopée et conséquemment la luminosité dans les strates inférieures. En agroforesterie, la complexité structurelle rend la luminosité non uniforme et il peut être ardu de prédire la quantité d'énergie lumineuse disponible pour les cultures agricoles (Meloni, 1999). Cela a pourtant un impact direct sur la taille des récoltes. Parmi les effets recensés, on note soit une diminution de la productivité des cultures

(Huang, 1997; Nissen et Midmore, 2002), soit une élongation du feuillage provoquée par la luminosité plus faible chez les espèces héliophiles (Fernandez *et al.*, 2002).

Afin de pallier cette contrainte, il est possible de choisir des espèces herbacées appropriées à cultiver sous la canopée. Notamment, les espèces ayant un métabolisme C₄ sont généralement plus performantes sous une plus grande radiation solaire et une température plus élevée, tandis que celles en C₃ ont une production photosynthétique optimale à des conditions de radiation et de température inférieures et où l'eau n'est pas un facteur limitant³ (Aber et Melillo, 2001). Suivant ce raisonnement, la production primaire devrait être optimale avec des plantes C₄ lors de l'implantation d'un système agroforestier lorsque la canopée n'est pas encore développée au maximum. Avec le temps, la transition vers des espèces de type C₃ est souhaitable afin de s'adapter à une luminosité plus faible sous la canopée et maintenir une productivité primaire maximale.

Les adaptations physiologiques ont aussi leur importance. Il a été observé en système sylvopastoral que les plantes soumises à une intensité lumineuse plus faible allouent plus de ressources aux parties aériennes (Fernandez *et al.*, 2004). L'augmentation de surface foliaire augmente la probabilité de capter des photons afin de maintenir la production primaire à un niveau relativement élevé (Mahoney et Swanton, 2008). Cependant, si plus de ressources sont allouées aux parties aériennes, on devrait s'attendre à ce que la régénération après une perturbation (*e.g.* feu ou sécheresse) soit plus faible, ce qui rendrait le système plus vulnérable et moins résilient⁴ (Viglizzo et Roberto, 1998).

Selon le type de production recherché (*e.g.* cultures herbacées ou production de bois), il est possible d'induire des modifications dans le système agroforestier. Afin de réduire l'interception de la lumière par la canopée et augmenter la production primaire des strates inférieures, une taille sélective des branches d'arbres peut être effectuée. Cela permet d'augmenter la luminosité au sol tout en produisant des troncs de meilleure qualité selon

³ Le métabolisme en C₃ et en C₄ fait référence au nombre de d'atomes de carbone des premières molécules formées lors de la photosynthèse (Aber et Melillo, 2001).

⁴ La résilience d'un écosystème réfère à sa capacité de revenir à un état initial suite à une perturbation. Un système est qualifié de hautement résilient s'il peut tolérer de grandes perturbations et faiblement résilient s'il ne peut tolérer de grandes perturbations avant de revenir à l'état d'origine.

les normes de l'industrie forestière (Ares et Brauer, 2005). Cependant, un taillage excessif annule l'impact positif des arbres en milieu aride en faisant disparaître le microclimat favorable aux herbacées sous la canopée (Nair, 1993).

1.6.4 Nutriments et matière organique du système agroforestier

Pour ce qui est des nutriments et de la matière organique, la présence d'arbres peut être soit favorable aux strates inférieures par un recyclage accru des différents éléments, soit défavorable par la compétition pour les ressources disponibles (Nair, 1993). Le choix des espèces ainsi que le design du système agroforestier ont un rôle à jouer dans les interactions entre les différentes strates de végétation (Okorio *et al.*, 1994).

La strate arborée amène une entrée de nutriments sous forme de matière organique aux strates inférieures par une litière plus abondante (Jackson et Ash, 1998), mais également en captant les particules transportées par le vent et l'eau et en utilisant des éléments minéraux situés plus en profondeur dans le sol (Burke *et al.*, 1998). Cet effet est amplifié avec l'âge des arbres pour les principaux nutriments, soient l'azote, le phosphore et le potassium (Ludwig *et al.*, 2004; Oelbermann *et al.*, 2005). Selon ces informations, on devrait s'attendre à ce que les interactions bénéfiques entre les strates surpassent les effets négatifs de la compétition et que la production primaire en soit améliorée. C'est ce qui est effectivement observé en climat aride, mais cette hypothèse s'avère moins évidente à des taux de précipitations croissants (Belsky, 1994).

De plus, si la présence d'arbres permet d'augmenter la disponibilité en nutriments en utilisant des nutriments inaccessibles aux plantes herbacées à cause de leur profondeur dans le sol (Ludwig *et al.*, 2004; Nair et Graetz, 2004), l'utilisation de fertilisants et d'engrais de synthèse ne devrait pas causer d'importantes augmentations de production primaire. Or, selon des travaux réalisés par Szott et Kass (1993), cette hypothèse n'est pas tout à fait exacte et les différences entre l'hypothèse et la réalité sont plutôt reliées à la complexité du système étudié. Dans les systèmes de cultures intercalaires (structure simple), l'ajout de fertilisants crée une augmentation notable dans la productivité primaire

de la strate herbacée (mais pas des arbres). Par contre, dans les systèmes plus ombragés (structure plus complexe comme pour la culture du cacao sous les cocotiers par exemple), l'ajout de fertilisants ne produit pas de différence significative dans la production herbacée. Les récoltes de biomasse plus prononcées ainsi que le taux de croissance plus élevé des systèmes de cultures intercalaires expliqueraient cette différence.

Le degré de perturbation pourrait aussi expliquer pourquoi les systèmes intercalaires réagissent de façon plus marquée à l'ajout de fertilisants. Ferreira Maia *et al.* (2007) ont pu observer que la quantité de matière organique diminue avec l'augmentation de la perturbation du sol. Les systèmes intercalaires sont généralement plus facilement perturbés que les systèmes où il y a une plus grande densité d'arbres, notamment par l'utilisation de machinerie agricole.

Bien que la présence d'une strate arborée augmente la fertilité du sol, des interactions compétitives entre les différentes strates de végétation pour l'accès aux nutriments sont observables (*e.g.* Okorio *et al.*, 1994; De Costa *et al.*, 2005). Afin de diminuer les effets de la compétition sur la production primaire, deux techniques peuvent être employées par les agriculteurs : l'utilisation d'espèces fixatrices d'azote ainsi que la taille des branches.

Les espèces pouvant fixer l'azote atmosphérique peuvent augmenter la teneur en azote du sol de manière significative (Sierra *et al.*, 2002). Cet apport est d'autant plus important pour la fertilité du sol dans les endroits où les fertilisants de synthèse ne sont pas utilisés ou peu disponibles (Schroth *et al.*, 2001). Il faut cependant que les périodes de relâchement de l'azote par les espèces fixatrices soient synchronisées avec celles où les espèces non fixatrices se l'accaparent (Kass *et al.*, 1997). Une bonne connaissance de la phénologie des plantes utilisées dans les systèmes agroforestiers est donc nécessaire. De plus, les espèces les plus performantes pour fixer l'azote ne sont pas les mêmes selon le type de sol rencontré (Mengistu *et al.*, 2002).

Tailler les branches des arbres et les redistribuer sur le sol permet de libérer les nutriments stockés dans les parties et augmente leur disponibilité pour les strates inférieures (Bayala *et*

al., 2002; Oelbermann *et al.*, 2005; Dossa *et al.*, 2008). Les résidus de coupe semblent combler les besoins en potassium du système, mais pas ceux en azote (De Costa *et al.*, 2005). On note également une mortalité accrue des nodules des espèces fixatrices d'azote avec la coupe des branches (Nygren et Ramirez, 1995). Par ailleurs, des études sont encore nécessaires afin de déterminer si la mortalité élevée des nodules favorise le relâchement de l'azote dans le milieu ou si elle interfère avec le processus de fixation de l'azote.

1.6.5 Hydrologie des systèmes agroforestiers

En ce qui a trait à la répartition des ressources en eau, deux hypothèses antagonistes sont possibles : la présence d'arbres diminue la disponibilité en eau pour les strates inférieures (compétition) ou maintient un microclimat à basse évapotranspiration favorable à l'implantation d'une végétation herbacée (complémentarité). Plusieurs travaux supportent la première idée. Tout d'abord, il est presque inévitable qu'il y ait une superposition entre les racines des arbres et des strates inférieures (Ong et Leakey, 1999). On peut donc s'attendre à une diminution de la disponibilité en eau pour les espèces herbacées en présence d'arbres. Des études menées par Isaac *et al.* (2007) ont pu montrer qu'en simulant l'ombrage créé par la strate arborée à l'aide de filets bloquant une partie de la radiation solaire, il est possible d'obtenir une production supérieure de cacao, provenant de l'arbuste *Theobroma cacao* L., que pour des traitements cultivés en plein soleil ou en présence d'arbres. Sans arbre, l'évaporation peut créer un déficit hydrique sévère tandis qu'en présence d'une strate arborée, la compétition pour les ressources hydriques est amplifiée (Aber et Melillo, 2001). Cela montre bien les interactions compétitrices et complémentaires complexes existant dans un système agroforestier.

Cependant, en climats aride et semi-aride, la présence d'arbres peut augmenter la productivité primaire (Holmgren *et al.*, 1997). Dans ce cas-ci, il semble que les bénéfices apportés par la présence d'arbres, c'est-à-dire le maintien d'un microclimat sous la canopée, surpasse la compétition interspécifique. Il faut toutefois mentionner qu'en climat aride, il y a généralement une meilleure séparation des zones racinaires arborées et herbacées, due à une densité d'arbres plus faible, ce qui diminue la superposition racinaire

des différentes espèces (Holmgren *et al.*, 1997). La sécheresse du sol amène un développement racinaire vertical plus marqué chez les arbres pour explorer un plus grand volume de sol, ce qui permet de réduire les interactions négatives entre les espèces par l'exploitation de nappes d'eau souterraines inaccessibles aux plantes herbacées (Zegada-Lizarazu *et al.*, 2007).

Bien que cela soit vrai dans le cas des savanes, une densité plus élevée d'arbres en agroforesterie ne signifie pas nécessairement que la productivité augmentera également. En effet, à la différence des savanes, les systèmes agroforestiers sont caractérisés par une densité d'arbres plus élevée et un plus grand entretien (*e.g.* taille des branches, fertilisation et récolte). Il est raisonnable de penser qu'en dépassant une certaine densité, l'effet bénéfique du microclimat sera annulé par l'augmentation du prélèvement en eau par les arbres (Ong et Leakey, 1999). Il importe donc de pouvoir déterminer la densité adéquate d'arbres.

Dans un autre ordre d'idées, l'entretien du système agroforestier, par l'élagage et la taille des branches, modifie les relations hydriques. Cette pratique est réalisée dans le but d'obtenir des troncs droits (Ares *et al.*, 2003) et de retourner au sol une partie des nutriments accumulés dans la strate arborée (Nygren et Ramirez, 1995). La taille des branches permet aussi d'amoinrir le stress hydrique des strates inférieures (Droppelmann *et al.*, 2000). En effet, une canopée moins abondante diminue les précipitations interceptées par celle-ci et la transpiration des arbres s'en trouve réduite (Jackson *et al.*, 2000; Bayala *et al.*, 2002). L'investissement en main d'œuvre permet ainsi de compenser les relations compétitrices entre les différents groupes de végétation. Il est aussi possible d'effectuer une taille des racines pour séparer physiquement les niches des différentes espèces, mais cette activité est généralement trop exigeante en termes de travail et nécessite parfois de la machinerie (Jackson *et al.*, 2000). De plus, les effets de la coupe racinaire sur la recharge d'eau souterraine sont encore mal compris (Ong *et al.*, 2002).

Il est certain que la présence d'arbres peut nuire à la croissance des cultures. Cependant, lorsqu'on analyse le système dans son ensemble, l'agroforesterie semble être compatible

avec l'idée de complémentarité des niches. L'eau reçue par les précipitations ne peut pas être entièrement utilisée dans les systèmes agricoles conventionnels (Ong *et al.*, 2002). Une proportion des précipitations sera nécessairement perdue par ruissellement, percolation ou évaporation en situation où le couvert végétal n'est pas adéquat. Intégrer des arbres au paysage agricole pourrait permettre de réduire ces pertes et ainsi maximiser la production primaire pour toute une année et non seulement pour la période de croissance des cultures ou des pâturages. Cependant, le choix des arbres est d'une importance capitale afin de ne pas affecter la recharge des nappes d'eau souterraines (Calder *et al.*, 1997).

1.6.6 Importance du choix des espèces

Une importance particulière doit être accordée aux espèces qui feront partie du système agroforestier. En effet, les associations entre espèces ne sont pas toutes équivalentes : certains amalgames fonctionneront mieux tandis que d'autres exhiberont plus d'interactions compétitives (*e.g.* Okorio *et al.*, 1994). De plus, selon la zone bioclimatique, l'implantation du système agroforestier ne sera pas la même (Shankarnarayan *et al.*, 1987; Cooper *et al.*, 1996). Une technologie fonctionnant bien en milieu tropical humide n'est pas nécessairement applicable en milieu aride. Le gestionnaire du territoire ou l'agriculteur doit pouvoir être en mesure de prendre des décisions éclairées quant au choix des espèces présentes afin d'optimiser le rendement du système agroforestier.

Une approche possible dans le choix d'arbres pouvant être combinés à des cultures passe par l'étude de la phénologie foliaire. En effet, étant donné que la densité de la canopée a une influence sur la transmission de la radiation solaire, l'interception des précipitations ainsi que le contenu en eau du sol, le fait d'avoir des arbres à feuilles persistantes n'aura pas le même impact sur les strates inférieures que des arbres à feuilles décidues (Muthuri *et al.*, 2005). Ce facteur est important parce que chaque espèce herbacée possède son niveau de tolérance à l'ombre et un métabolisme de type C₃ ou C₄. En comprenant mieux la phénologie foliaire des arbres, il serait éventuellement possible de créer de meilleures combinaisons végétales. Cependant, beaucoup de travail reste à faire, car il semble que la

chute de feuilles soit davantage contrôlée par des facteurs endogènes que des facteurs exogènes (Broadhead *et al.*, 2003). Cela implique une connaissance pointue des espèces utilisées, ce qui n'est pas toujours le cas.

Il est également pertinent de se questionner sur l'utilisation d'espèces exotiques. Le cas classique est celui des espèces du genre *Eucalyptus*. Les espèces de ce genre sont pour la plupart originaires d'Australie, mais leur distribution s'étend sur tous les continents. Le taux de croissance rapide ainsi que la valeur économique d'*Eucalyptus sp.* en font une essence de choix pour les plantations forestières. Son utilisation en agroforesterie semblerait appropriée, à première vue. Cependant, l'eucalyptus consomme beaucoup plus d'eau que ce qui est obtenu via les précipitations (Calder, 1997). Le stress hydrique sous sa canopée est élevé et la recharge des nappes phréatiques est affectée. Sa forte consommation en eau affecte probablement la croissance des autres strates de végétation.

De plus, il serait surprenant que des espèces exotiques introduites dans un nouveau milieu performant plus que les espèces indigènes. Ces dernières ont évolué depuis des milliers d'années dans un environnement et ont pu développer des adaptations propres à celui-ci. C'est ce qui semble être confirmé par des études comparatives portant sur la croissance arborée de plusieurs espèces et la recolonisation de sites dégradés menées par Oba *et al.* (2001). Les espèces exotiques, même si elles ont produit plus de biomasse, montraient toujours une mortalité de loin supérieure à celle des espèces indigènes. Cependant, les espèces exotiques à croissance rapide (*e.g. Eucalyptus sp., Grevillea sp., Inga sp.*) incite souvent les agriculteurs à les préférer aux essences indigènes (Romero-Alvarado *et al.*, 2002; Takaoka, 2008). Cet exemple montre qu'une importance particulière devrait être accordée au choix des espèces utilisées en agroforesterie.

1.7 Réflexions sur l'agroforesterie

Bien qu'à première vue l'agroforesterie puisse sembler intéressante et ce, sous plusieurs angles, il faut pouvoir justifier son implantation à grande échelle dans le monde agricole.

Plusieurs points restent à éclaircir quant aux bénéfices écologiques, économiques et sociaux en comparaison avec les agroécosystèmes actuels.

En ce qui concerne l'écologie, il faut notamment chercher à savoir si l'agroforesterie peut apporter des bénéfices tels que le maintien de la biodiversité et la conservation des sols, deux problèmes inhérents à l'agriculture moderne. La présence de la strate arborée modifie le système agricole, mais cela n'est pas suffisant pour affirmer que l'agroforesterie amène des avantages substantiels dans la préservation des écosystèmes.

Pour ce qui est de l'économie, étant donné que l'agroforesterie n'est pas la norme dans le monde agricole, plusieurs interrogations sont à éclaircir. Notamment, il faut se questionner sur la capacité de l'agroforesterie à faire compétition à l'agriculture conventionnelle, c'est-à-dire démontrer les avantages économiques que peut apporter l'agroforesterie comparativement à l'agriculture conventionnelle. Augmenter les sources de revenus des paysans pauvres est une préoccupation majeure. De plus, augmenter les revenus est une chose, mais il faut aussi pouvoir créer de la richesse⁵, afin de ne pas se limiter simplement au schème néolibéral conventionnel de production et de consommation (Doyon, communication personnelle).

Enfin, en matière d'impact social, l'agroforesterie doit démontrer que son implantation amène une amélioration des conditions socioéconomiques non seulement des agriculteurs qui pratiquent une agriculture de subsistance, mais également de la communauté locale, car bien que les pratiques agricoles soient généralement localisées sur des parcelles bien définies, les impacts de l'agriculture dépassent souvent ces frontières. Notamment, il faut chercher à savoir si l'agroforesterie peut s'attaquer au problème de la répartition des denrées et de la souveraineté alimentaire, ce que la Révolution verte n'a pas réussi à faire.

⁵ La richesse, comparativement aux gains économiques, implique que la valeur ajoutée n'est pas seulement de nature économique (*e.g.* services écosystémiques non quantifiables monétairement, biens culturels et esthétiques) (Doyon, communication personnelle).

Chapitre 2

L'agroforesterie et le développement durable

Le terme « développement durable » est de plus en plus utilisé dans le vocabulaire des médias d'information et des décideurs, mais il est souvent mal défini ou employé dans un contexte inadéquat. Par contre, ce concept, lorsqu'il est bien compris et bien appliqué, peut grandement bénéficier au développement des sociétés humaines (Retnowati, 2003). Une clarification s'impose afin de mieux saisir toutes les facettes du développement durable tel que nous le définissons et, par conséquent, ce qui constitue la base de notre analyse, à savoir quels sont les avantages de l'agroforesterie et comment de telles pratiques agricoles peuvent contribuer à l'atteinte d'un développement durable dans les pays dits défavorisés.

2.1 Définition du développement durable

L'idée d'un développement qui pourrait s'inscrire sur une échelle temporelle plus longue et qui serait plus respectueux de l'environnement, autant naturel qu'humain, a émergé en 1987 avec la publication du rapport Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987). Ce dernier a été produit par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement. La création de la commission faisait suite à une préoccupation croissante pour la dégradation des écosystèmes et des ressources naturelles (World Commission on Environment and Development, 1987). Cette commission a jeté les bases de plusieurs déclarations et de conventions internationales d'importance capitale lors du sommet de la Terre en 1992 : la Déclaration de Rio, l'Agenda 21, la Convention sur la Diversité biologique (CDB) et la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques (CCNUCC) (United Nations, 1997).

Le rapport Brundtland définit le développement durable selon la durabilité des biens et services écosystémiques à travers le temps, c'est-à-dire par « [...] un développement qui

répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (World Commission on Environment and Development, 1987). Un corollaire de cette définition est la vision à long terme. Il n'est plus possible de se développer sans se soucier des conséquences futures.

La vision la plus répandue du développement durable reconnaît généralement trois sphères principales : les aspects économiques, sociaux et écologiques (International Organization for Sustainable Development, 2005). On leur accorde une valeur égale afin de ne pas favoriser l'une plus que l'autre. De façon plus spécifique, on vise à diminuer la pauvreté des individus, à satisfaire les besoins primaires des moins bien nantis, à atteindre une gestion économique efficace et à préserver le capital de ressources naturelles, c'est-à-dire la qualité et l'intégrité des écosystèmes (MDDEP, 2002). Cette pluralité du développement durable assure sa pérennité à travers le temps par l'équilibre entre les trois sphères (*e.g.* Rasul et Thapa, 2004). Le tableau 2.1 résume les principaux thèmes inclus dans le concept du développement durable. Tout projet s'inscrivant dans un cadre de durabilité devrait viser l'atteinte d'objectifs précis en lien avec ces thèmes.

Tableau 2.1 Thèmes principaux du développement durable

Sphère	Thèmes
<i>Société</i>	Pauvreté, équité sociale, égalité des sexes, accessibilité des soins de santé, sécurité et souveraineté alimentaire, accès à l'eau potable, éducation, emploi, respect et intégration des communautés et des cultures
<i>Écologie et intégrité des écosystèmes</i>	Changements climatiques, couche d'ozone, qualité de l'air et de l'eau, désertification, biodiversité, gestion des ressources naturelles, capacité de support, qualité du sol et érosion
<i>Économie</i>	Efficacité d'utilisation des ressources, saine compétitivité, accès aux marchés, croissance et stabilité économique, internalisation des coûts, augmentation des revenus, création de richesses

Source : United Nations Department of Economic and Social Affairs (2001), p. 300

Bien que l'importance accordée à chacune des sphères du développement durable tende à être égale, on ne peut passer à côté de l'importance de la sphère écologique. En effet, l'économie et la société se basent sur les écosystèmes et les biens et services en découlant pour fonctionner (*e.g.* sans forêt, l'industrie du bois, les emplois y étant reliés et les produits forestiers disparaissent!). La définition du développement durable devrait donc accorder un poids supérieur à l'intégrité des écosystèmes au lieu de soutenir aveuglément l'égalité des trois sphères (Redclift, 1987). Par contre, cela ne signifie pas que les sphères économique et sociale doivent être reléguées au second plan. De plus, la croissance ne peut pas se dérouler de manière indéfinie sur une planète où les ressources sont limitées (Costanza et Daly, 1992). La saine gestion des ressources naturelles doit donc avoir une place particulière au sein du développement durable.

Il est clair que l'agriculture moderne ne vise pas nécessairement l'atteinte des objectifs de développement durable, notamment au niveau écologique. La production et la rentabilité à court terme semblent être les préoccupations principales du monde agricole. Cependant, les actions de l'Homme en agriculture ont un impact sérieux sur la santé des écosystèmes, la qualité de l'environnement et la productivité et la rentabilité à long terme. Lorsqu'on dépasse un certain seuil, c'est-à-dire la capacité de support, l'écosystème ne peut plus revenir à son état initial, même s'il possède une résilience élevée (Bouma 2002). Ceci signifie la fin ou à tout le moins une diminution sévère du potentiel productif de cet écosystème et ce, de façon permanente.

Si l'agroforesterie peut remplacer les modes de production agricole actuels, ou à tout le moins occuper une place plus importante dans le monde de l'agriculture, il faut que cela soit justifiable en termes écologiques, économiques et sociaux. Un intérêt substantiel doit exister dans ces trois sphères afin qu'une éventuelle transition vers l'agroforesterie soit possible. Plus les avantages de passer à ce mode de production seront nombreux, moins les efforts nécessaires pour effectuer ce changement seront grands. Les mérites de l'agroforesterie sont vantés depuis longtemps et affirmer que cette pratique est durable s'avère généralement vrai (*e.g.* Nair, 1993; Gangadharappa *et al.*, 2003; Retnowati, 2003; Sulzberger, 2008). Cependant, il faut pouvoir identifier plus rigoureusement quels sont les

facteurs qui font que l'agroforesterie est supérieure, en termes de durabilité, comparativement à l'agriculture conventionnelle. Bien identifier ces facteurs est primordial, car de telles informations constituent un puissant plaidoyer en faveur d'une réforme des pratiques agricoles. Le présent chapitre analyse l'agroforesterie selon les impacts générés dans les domaines écologique, économique et social afin de voir si cette pratique s'inscrit dans un processus de développement durable. Des exemples de ce qui est présentement réalisé et des suggestions sur ce qui pourrait l'être sont également mentionnés. Un projet durable ne doit pas nécessairement répondre à tous les thèmes du tableau 2.1, mais doit viser l'atteinte du plus grand nombre possible d'objectifs et ce, dans un contexte d'amélioration continue, c'est-à-dire par l'intégration de nouveaux thèmes du développement durable au fil du temps.

2.2 Bénéfices écologiques de l'agroforesterie

La préservation de l'intégrité des écosystèmes, et donc la sphère écologique, est la pierre d'assise du développement durable. Ce concept est cependant peu concret. Il faut pouvoir traduire cette idée de manière à pouvoir évaluer l'état des écosystèmes. Pour ce faire, il est possible d'utiliser des indicateurs afin de quantifier et de qualifier l'état dudit écosystème. Cette approche est toutefois très complexe, car la méthodologie de l'élaboration d'indicateurs pertinents est encore peu développée (Mrosek *et al.*, 2006). De plus, les indicateurs écologiques ne sont pas toujours adéquats, car ils traduisent mal la complexité des écosystèmes (Dale et Beyeler, 2001) et sont souvent spécifiques aux endroits où ils ont été développés (Gil-Sotres *et al.*, 2005). Une autre approche possible est celle des biens et services écosystémiques (Carpenter et Folke, 2006). Elle permet d'identifier les bénéfices économiques et sociaux que fournissent les écosystèmes aux humains. Bien sûr, cette façon de faire est très anthropocentriste et ne valorise en aucun cas la valeur intrinsèque des écosystèmes. Néanmoins, cette approche demeure valable : d'une part, des actions concrètes sont envisageables à court terme pendant que d'autres méthodes sont développées (*e.g.* les indicateurs de durabilité) et, d'autre part, le fait de rattacher une valeur à quelque chose qui devrait être considéré inestimable (*e.g.* la qualité de l'air et de

l'eau) facilite la compréhension et la reconnaissance de l'importance d'écosystèmes sains de la part de gens ou de groupes n'ayant que très peu de considérations pour l'écologie.

2.2.1 Biens et services écosystémiques

Les biens et services écosystémiques sont d'ordres divers : support, approvisionnement, régulation et culture (Figure 2.1). Étant donné que l'agroforesterie est un type d'agriculture, les services recherchés sont généralement de l'ordre de l'approvisionnement alimentaire et en matières premières. La production herbacée, arborée, fruitière, laitière et animale est généralement considérée comme un facteur pouvant mesurer le succès d'un système agroforestier. De plus, la comparaison avec des systèmes agricoles modernes, en termes de biodiversité, de cyclage des nutriments et de structure du sol, peut faire ressortir des résultats intéressants pour pouvoir comparer sa durabilité avec celle de l'agriculture conventionnelle (*e.g.* Harvey et González Villalobos, 2007).

Si le but recherché est le maintien à long terme des pratiques agroforestières, il faut pouvoir identifier quels sont les actions qui maximisent les biens et services écosystémiques (*i.e.* la durabilité écologique). Les recherches en agroforesterie se concentrent principalement sur l'impact des pratiques agroforestières sur la biodiversité, la productivité primaire et la préservation du sol en plus de bénéfices indirects, tels que la séquestration du carbone, la réduction de l'utilisation des produits agrochimiques et la restauration d'écosystèmes dégradés.

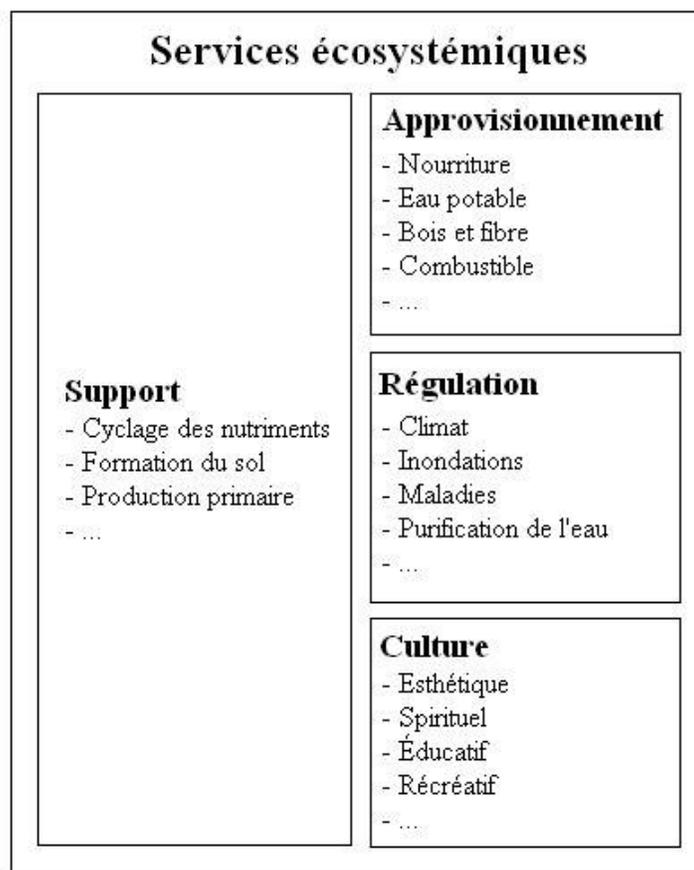


Figure 2.1 Les différents services offerts par les écosystèmes

Traduction libre

Source : Carpenter, S.R. et Folke, C. (2006)

2.2.2 Biodiversité en système agroforestier

La protection de la biodiversité est un thème ayant gagné en popularité depuis quelques années, notamment par la signature de la CDB en 1992. L'importance y étant accordée est proportionnelle aux bénéfices que peuvent en retirer les êtres humains : écosystèmes plus résilients, stabilité et protection contre les événements bioclimatiques dévastateurs, cyclage des nutriments plus efficace, contrôle des ravageurs, valeur culturelle, esthétique et récréative, produits dérivés avec valeur marchande, médicaments et nourriture (Pimentel *et al.*, 1997b). Plus particulièrement, au niveau écologique, la biodiversité spécifique et fonctionnelle semble être directement corrélée avec la production primaire et cet effet

augmente avec le temps (Tilman *et al.*, 1997, 2001). Cette observation s'explique par deux hypothèses : une utilisation plus complète des ressources par la complémentarité d'espèces ayant des niches écologiques différentes et une augmentation des interactions mutualistes à diversité élevée (Hector *et al.*, 1999).

Pour ce qui est de la diversité végétale, les pratiques agroforestières sont inévitablement plus diversifiées que les monocultures, puisque l'agroforesterie, de par sa définition, inclut au moins deux espèces différentes, mais également parce que l'agriculture conventionnelle affecte la biodiversité de diverses façons : destruction et fragmentation d'habitats d'espèces indigènes, intensification de l'utilisation des ressources du sol, compaction du sol, augmentation de la pollution par les produits agrochimiques, diminution de la résistance aux maladies (Tschamtkke *et al.*, 2005). Tous ces facteurs affectent la biodiversité négativement. Il en va de même pour la faune. Des études réalisées par Harvey et González Villalobos, (2007) ont démontré que la biodiversité aviaire est nettement supérieure dans un système agroforestier que dans un système agricole conventionnel.

La principale source de biodiversité des systèmes agroforestiers provient des espèces herbacées (Moguel et Toledo, 1999). Il y a cependant une limite à cette diversité plus élevée. Si les pratiques à l'intérieur du système agroforestier s'intensifient trop sévèrement ou si l'agriculteur ne permet la croissance que de certaines espèces très précises en fonction de leur valeur économique, la biodiversité diminue (Soto-Pinto *et al.*, 2000). C'est pourquoi la rotation des cultures peut être nécessaire afin de permettre la régénération de certaines espèces (Okullo et Waithum, 2007). Ceci démontre bien le compromis qui existe entre la préservation de l'intégrité des écosystèmes et les gains économiques individuels.

Avec ces informations, on peut déduire que pour améliorer l'intégrité et la durabilité écologique d'un agroécosystème conventionnel, l'ajout d'arbres est une solution envisageable pour augmenter la biodiversité. Cela fonctionne tellement bien que la biodiversité peut être égale et même supérieure, dans certains cas, à celle des forêts primaires (Perfecto *et al.*, 1996; Bos *et al.*, 2007). Cela peut laisser croire que l'agroforesterie serait une façon appropriée de protéger la biodiversité peu importe le

milieu d'origine – terre agricole ou forêt. Il faut cependant mentionner que même si on retrouve un niveau de biodiversité relativement similaire entre un système agroforestier et une forêt (*i.e.* un indice de même valeur), la composition des espèces varie selon l'habitat étant donné que les caractéristiques des habitats ne sont pas les mêmes (Reitsma *et al.*, 2001). Cela signifie que si une espèce d'intérêt est présente en milieu forestier, modifier le territoire pour lui donner une orientation agroforestière ne préservera pas nécessairement ladite espèce. Un système agroforestier peut donc avoir un indice de biodiversité similaire à celui d'une forêt, mais avec des espèces différentes. Par contre, si on retrouve les mêmes espèces dans tous les systèmes agroforestiers d'une région donnée, on obtient une diminution de la biodiversité – la diversité gamma⁶ – à l'échelle des écosystèmes.

En résumé, l'agroforesterie est plus durable, en termes de biodiversité, que l'agriculture moderne. Il est cependant moins évident d'affirmer cela lorsque la comparaison est faite avec une forêt naturelle. Cette nuance est importante, car il ne faudrait pas que l'agroforesterie devienne un passeport pour la conversion des forêts primaires en systèmes agroforestiers. Toutefois, en sachant que la perte d'habitat par déforestation est une des causes premières de la perte de biodiversité (Williams, 2003), l'agroforesterie pourrait être utilisée comme alternative afin de freiner les méfaits de la déforestation.

2.2.3 Productivité primaire

L'agroforesterie est basée sur l'hypothèse qu'une plus grande complexité du système permet une utilisation plus complète des différentes ressources disponibles (Nair, 2007). Suivant ce raisonnement, on devrait pouvoir observer une productivité plus forte dans les écosystèmes agroforestiers que dans ceux de monocultures. Encore peu d'études se sont penchées sur les relations entre la diversité et la productivité dans les systèmes agroforestiers. Des études menées par Romero-Alvarado *et al.* (2002) semblent montrer, à tout le moins en climat subtropical humide, qu'il n'y a pas de relation directe entre la production de café et la diversité de la strate arborée, ce qui semble contredire les

⁶ La diversité gamma est une mesure de la diversité totale retrouvée à travers tous les écosystèmes d'une région géographique donnée (Whittaker, 1972).

hypothèses avancées par Hector *et al.* (1999). Cependant, le café cultivé à l'ombre n'est qu'un type particulier de système d'agroforestier et sa production n'est pas nécessairement le seul objectif recherché. Il faut analyser le système d'une manière plus globale afin d'inclure la production primaire de toutes les strates de végétation.

La production primaire arborée totale est généralement supérieure en forêt qu'en système agroforestier (Lott *et al.*, 2000a). Il en est de même lorsqu'on compare les strates herbacées d'agroforesterie et de monocultures : la production est normalement supérieure pour cette dernière (Lott *et al.*, 2000b). Cependant, si les comparaisons s'arrêtaient là, cela ne rendrait pas justice à l'agroforesterie. L'agroforesterie n'est pas simplement un mode de production forestière ou agricole, mais plutôt un équilibre entre les deux qui comprend des caractéristiques de chacun et de nouveaux attributs issus de leur association. Pour un même bassin de ressources, il est impossible que chaque composante du système agroforestier produise autant que celles de systèmes plus simples.

Jusqu'à présent, encore peu d'études comparant la productivité primaire globale de systèmes agroforestiers à celle de systèmes en monoculture ont été réalisées. Des travaux publiés par Dossa *et al.* (2008) montrent cependant que la biomasse totale est de loin supérieure pour les parcelles de café cultivé à l'ombre que pour celles situées en plein soleil (Dossa *et al.*, 2008). Bien qu'il y ait une production de café légèrement plus élevée dans le système sans ombrage, la production arborée compense largement cette différence. Ceci semble confirmer l'hypothèse selon laquelle une utilisation complémentaire des ressources est possible en système agroforestier. Les agriculteurs qui sauront tirer profit de cette caractéristique des systèmes agroforestiers pourront s'accaparer une part du marché des produits agricoles et obtenir des revenus supplémentaires (*e.g.* Jama *et al.*, 2004). La proportion du marché qui pourra être occupée par l'agroforesterie n'est cependant pas encore très documentée.

De plus, la fertilisation est généralement moins fréquente en agroforesterie (Schroth *et al.*, 2001). La majorité des producteurs agroforestiers pratiquent une agriculture de subsistance et n'ont pas les moyens de se procurer des engrais minéraux (Sulzberger, 2008). La

perception selon laquelle la strate arborée diminue la production herbacée semble donc trompeuse. Il serait plus adéquat d'affirmer que la présence d'arbres augmente la production primaire de manière globale.

Malgré tout, un minimum de fertilisation peut être nécessaire selon l'intensité avec laquelle est cultivé l'agroécosystème (Szott et Kass, 1993; Maithya *et al.*, 2006). Schroth *et al.* (2001) suggèrent une fertilisation lors de la phase d'implantation de la strate arborée afin de maximiser les probabilités de réussite. De plus, la rotation des terres peut être requise afin d'augmenter la quantité de matière organique au sol (Seiter *et al.*, 1999). Bien que l'agroforesterie minimise le prélèvement de biomasse lors des récoltes, il faut se rappeler que celui-ci demeure un agroécosystème voué à la production d'aliments et de produits divers. Les impacts environnementaux sont cependant moindres comparativement à l'agriculture conventionnelle (Nair, 1993). Il est donc acceptable d'affirmer que l'agroforesterie est un mode de production plus durable que l'agriculture conventionnelle à tout le moins pour cet aspect (*i.e.* production primaire).

2.2.4 Amélioration de la qualité du sol

Le maintien de la qualité du sol est probablement un des aspects primordiaux de la durabilité de l'agroforesterie, car c'est la matrice de support de la production agricole. Les deux thèmes de recherche principaux y étant associés sont la fertilité et le contrôle de l'érosion (Young, 1989). Cela est d'autant plus important lorsqu'on sait qu'environ 80 % des terres agricoles au niveau mondial sont affectées par un degré d'érosion modéré ou sévère (Pimentel *et al.*, 1995).

La productivité primaire est directement reliée à la quantité de nutriments retrouvés dans le sol (Young, 1989). La baisse de fertilité des sols agricoles conventionnels est une problématique sérieuse menaçant la sécurité alimentaire dans plusieurs pays (FAO, 2004). L'appauvrissement du sol est causé par un déséquilibre, car le prélèvement et la perte des ressources, via les récoltes et l'érosion, sont souvent supérieurs à ce qui est retourné en intrants, notamment la matière organique (Odum, 1971). L'utilisation massive de

fertilisants chimiques et l'emploi de machinerie agricole sont souvent la première réponse à un tel problème (lorsque les moyens financiers le permettent), mais ils entraînent des impacts environnementaux sérieux tels que la diminution du taux de matière organique du sol (Reeves, 1997) et la contamination des cours d'eau et des nappes phréatiques (Zalidis *et al.*, 2002; Holland, 2004). D'une certaine manière, cela rend la production agricole artificielle et instable face aux perturbations. Le fait d'orienter la majorité des efforts et des ressources dans les structures de production au détriment de celles de durabilité et de stabilité fragilise l'agroécosystème et le rend hautement dépendant aux apports externes (Viglizzo et Roberto, 1998). Sa capacité de résilience face aux perturbations s'en trouve grandement réduite.

L'agroforesterie semble apporter une partie de la réponse à ces maux de l'agriculture moderne. En effet, l'agroforesterie est souvent suggérée comme pouvant augmenter les réserves de nutriments du sol, améliorer sa structure et réduire l'érosion (Pimentel *et al.*, 1995; Sanchez, 1995). Trois explications sont fréquemment mentionnées pour justifier cette affirmation : le rôle des arbres en tant que pompe à nutriments (Ludwig *et al.*, 2004; Nair et Graetz, 2004), un plus grand ajout de matière organique provenant de la canopée (Oelbermann *et al.*, 2005) et une meilleure couverture végétale (Young, 1989). Le concept de pompe à nutriments provient du fait que les arbres peuvent exploiter le sol à des profondeurs où les plantes herbacées n'y ont pas accès (Scholes et Archer, 1997). Cela crée un apport en nutriments qui n'existe pas en milieu agricole conventionnel. Les nutriments sont ensuite emmagasinés dans les arbres jusqu'à leur relâchement lors de la chute des feuilles, du renouvellement des racines ou de la mort de l'arbre.

En outre, les résidus végétaux sont généralement laissés au sol dans un système agroforestier, contrairement à un système agricole typique (*e.g.* monoculture de maïs) (Young, 1989). Laisser les résidus au sol permet d'augmenter la matière organique, ce qui permet de maintenir un réservoir de nutriments disponibles pour la croissance des plantes (Manlay *et al.*, 2002) et de garder un certain couvert lors des récoltes afin d'éviter que le sol soit mis à nu (Young, 1989). Également, un taux plus élevé de matière organique résulte en une meilleure structure du sol (Coleman et Crossley, 1996) et diminue les

risques d'érosion hydrique et éolienne (Lal, 2001). Tous ces avantages ne sont que très peu perceptibles sans la présence d'une strate arborée bien établie. L'agroforesterie contribue donc à orienter les pratiques agricoles vers une durabilité accrue des agroécosystèmes en réduisant la dépendance aux fertilisants chimiques et les pertes par érosion.

2.2.5 Autres bénéfices écologiques de l'agroforesterie

Tel que vu précédemment, la préservation de la biodiversité et de la qualité du sol ainsi que le maintien de la productivité primaire sont généralement les objectifs recherchés activement par l'adoption de pratiques agroforestières. L'implantation d'un système agroforestier peut cependant amener des gains écologiques indirects tels que la séquestration du carbone, et la réduction de l'utilisation des pesticides chimiques en plus de restaurer des écosystèmes fortement dégradés.

L'importance qu'occupe le thème des changements climatiques dans l'espace scientifique, mais également public, est indéniable. Les conséquences d'une hausse des températures globales causée par des concentrations élevées de gaz à effet de serre peuvent sembler inquiétantes : perturbations climatiques sévères, fonte des calottes polaires, perte de biodiversité, désertification accrue et populations dites défavorisées subissant les impacts les plus sévères (IPCC, 2007). La communauté scientifique mondiale tente de trouver des solutions de rechange à l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, notamment par la séquestration géologique du carbone. Cependant, un mécanisme de séquestration naturelle est connu depuis longtemps : la photosynthèse. À première vue, tout ce qui touche de près ou de loin à la reforestation ou le maintien de forêts existantes serait un outil efficace de lutte contre les changements climatiques. L'agroforesterie s'inscrit dans cette perspective par son potentiel élevé de séquestration du carbone (Sulzberger, 2008). De cette manière, en plus de pouvoir atténuer les impacts des changements climatiques, il y a possibilité de créer de la richesse via les crédits d'émissions de carbone (CEC) (voir section 3.2.2).

Pour ce qui est de la réduction de l'utilisation des pesticides chimiques, les grandes surfaces de monocultures sont propices à l'invasion par des insectes ravageurs et des mauvaises herbes, car ces milieux constituent des sites riches en ressources alimentaires. Des pesticides chimiques sont généralement utilisés pour contrôler les populations de ravageurs et de mauvaises herbes, mais ils entraînent par le fait même plusieurs problèmes indésirables : diminution des populations fauniques sensibles aux produits chimiques, perte de biodiversité et problèmes de santé humaine (Das *et al.*, 2001; Altieri et Pengue, 2006). Étant donné sa structure plus complexe, l'agroforesterie peut s'attaquer au problème sans passer par l'application de produits chimiques. En effet, plus la complexité du système agroforestier est élevée, c'est-à-dire plus il y a de strates de végétation et d'espèces distinctes, plus les risques d'infestation par des pestes, champignons ou mauvaises herbes sont réduites (Soto-Pinto *et al.*, 2002). La raison la plus probable est que la diversité d'habitats favorise la présence d'organismes antagonistes qui ont pour fonction de neutraliser les organismes considérés nuisibles (Hodges *et al.*, 1993).

De plus, l'utilisation restreinte d'agents chimiques pour contrôler les espèces indésirables entraîne indirectement des effets bénéfiques sur les nappes souterraines et les cours d'eau. La problématique de la contamination des eaux de surface et des nappes phréatiques par l'application excessive de fertilisants et de pesticides chimiques affecte l'intégrité de ces milieux. Leur contamination peut être réduite de manière substantielle dans un système agroforestier puisque les infestations sont moins fréquentes (Schoonover *et al.*, 2005). La conversion de terres agricoles conventionnelles situées près de cours d'eau en systèmes agroforestiers améliore la qualité de l'eau par une filtration accrue de l'eau de ruissellement et une diminution de l'érosion (Straight, 2007).

Enfin, l'agroforesterie peut être employée pour redonner un potentiel productif à des agroécosystèmes dégradés (Long et Nair, 1999). La réhabilitation de sols salinisés suite à de mauvaises pratiques agricoles en est un exemple concret. Dans de tels cas, ces terres ne sont généralement plus utiles pour cultiver quoi que ce soit. Cependant, il est possible de recoloniser ce type de sol avec succès en utilisant des arbres adaptés à ces conditions (Oba *et al.*, 2001). Après un certain temps, la structure du sol ainsi que la quantité de matière

organique peuvent être restaurées en partie, permettant ainsi une activité agricole. Deux choix sont alors possibles : le retour à une agriculture conventionnelle ou la transition vers l'agroforesterie. Il est évident que la première option n'est pas durable, car on retourne aux causes de la dégradation. Par contre, si on opte pour l'agroforesterie, on évite de retomber dans le paradigme de l'agriculture conventionnelle.

2.3 Bénéfices économiques de l'agroforesterie

L'implantation à grande échelle de l'agroforesterie doit passer par la création de richesse et de revenus afin de susciter l'intérêt des paysans pauvres. Pour que l'agroforesterie soit un outil du développement durable en zone défavorisée, il faut que les usagers (*i.e.* principalement les agriculteurs de subsistance) puissent y trouver un intérêt quelconque ou un avantage leur permettant d'améliorer leurs conditions socioéconomiques (Nair, 1993). De manière générale, l'agroforesterie doit maintenir, voire augmenter, les revenus des populations pauvres afin de justifier l'adoption de pratiques agroforestières (Current *et al.*, 1995). De plus, les risques économiques – faillite, revenus négligeables, mauvais fonctionnement du système – associés à l'adoption de nouvelles technologies doivent également être réduits. Un risque élevé réduit généralement l'adoption de pratiques à long terme (Field et Olewiler, 2005).

2.3.1 La diversité des revenus et la stabilité socioéconomique

L'hypothèse que la stabilité écologique trouve son origine dans la diversité biologique date déjà de plusieurs années (MacArthur, 1955; Odum, 1959). Bien que cette idée ne fasse pas l'unanimité au sein de la communauté scientifique (McCann, 2000), plusieurs travaux semblent démontrer que des liens significatifs existent entre la diversité et la stabilité des écosystèmes (Tilman et Downing, 1994; Tilman, 1996). Ce concept a été repris par les économistes : la diversité des activités économiques amène la stabilité et la croissance économique (Wagner et Deller, 1998).

La variabilité des prix des biens agricoles sur les marchés mondiaux peut amener une instabilité dans le revenu des ménages. L'exemple du café est utilisé à la figure 2.2. Un producteur ayant investi la totalité de ses ressources dans la production de café devra encaisser de lourdes pertes lors d'une chute de la valeur marchande du café. Par contre, un producteur possédant une superficie cultivée en café inférieure à celle du premier, mais ayant parallèlement maintenu une activité connexe (*e.g.* production horticole, sylvopastoralisme) sera moins affecté par une fluctuation de la valeur marchande (Michon et de Foresta, 1998). La diversification de la production et par le fait même des revenus des systèmes agroforestiers permet de contrer cette insécurité (Murniati *et al.*, 2001; Retnowati, 2003). La diminution de productivité est largement compensée par les investissements dans les structures qui stabilisent l'agroécosystème – les activités connexes dans ce cas-ci (Viglizzo et Roberto, 1998). L'agroforesterie possède donc un sérieux avantage sur l'agriculture conventionnelle.



Figure 2.2 Fluctuation du prix du café sur les marchés mondiaux

Source : FAO (2008)

La stabilité économique amène une augmentation du revenu des ménages ruraux. Plusieurs exemples de systèmes agroforestiers situés à différents endroits sur la planète montrent que les familles ayant adopté l'agroforesterie obtiennent des revenus supérieurs à ceux provenant de l'agriculture conventionnelle (Murniati *et al.*, 2001; Neupane et Thapa, 2001;

Gangadharappa *et al.*, 2003). L'affirmation selon laquelle l'agroforesterie améliore les conditions socioéconomiques des pauvres est en voie de devenir un élément implicite de l'agroforesterie.

2.3.2 Création de valeur ajoutée par la certification : parallèle avec l'agriculture biologique et la culture de café

L'agroforesterie permet de diminuer l'utilisation de pesticides chimiques (Soto-Pinto *et al.*, 2002). Cela permet de réduire la pollution, mais pourrait également contribuer à augmenter le revenu des agriculteurs tout comme dans le cas de l'agriculture biologique. En effet, le processus de certification des produits biologiques ainsi que la demande accrue pour ce type d'aliments de la part des consommateurs permet d'ajouter de la valeur à la production (Källander et Rundgren, 2008). Pour la période 2002-2005, les ventes mondiales de produits biologiques ont augmenté de 43 %, passant de 23 à 33 milliards de dollars américains (Willer et Yussefi, 2007). La demande peut être tellement forte que dans certains cas, l'offre ne réussit pas à la combler (Källander et Rundgren, 2008). Ceci représente un marché intéressant pour les agriculteurs agroforestiers. Le développement de l'agroforesterie pourrait donc passer soit par l'intégration des principes de la certification biologique, soit par la création d'une certification unique. Dans le premier cas, beaucoup d'études et d'analyses seront nécessaires pour que l'agroforesterie puisse se conformer aux normes strictes de la certification biologique. Dans le second cas, l'idée de développer une certification nouvelle et adaptée à l'agroforesterie peut sembler intéressante, mais à ce jour, encore peu d'infrastructures ont été créées pour supporter un tel projet. Cependant, il existe déjà un exemple dans le cas du café cultivé à l'ombre.

La production de café représente un marché très lucratif au niveau mondial. On estime à 14,5 milliards de dollars américains la valeur des exportations de café sur le marché mondial pour l'année 2007 (International Coffee Organization, 2008). Bien que le café cultivé au soleil avec une variété héliophile soit plus productif que celui cultivé à l'ombre, les propriétés organoleptiques du grain sont inférieures et les impacts environnementaux sont sévères : utilisation massive de fertilisants et pesticides chimiques, perte de

biodiversité, érosion accrue et destruction de la structure du sol (Moguel et Toledo, 1996). Le café cultivé à l'ombre permet de réduire ces impacts négatifs. Présentement, ce type de culture peut être certifié par deux ONG mondialement reconnues – la Smithsonian Migratory Bird Center et la Rainforest Alliance – en raison de son efficacité à préserver la biodiversité. Cette certification permet aux agriculteurs d'obtenir un prix plus élevé pour leur production, aide à maintenir les plantations de café cultivé à l'ombre et évite la transition vers la culture du café cultivé au soleil (Blackman *et al.*, 2005; Perfecto *et al.*, 2005). Même si une telle entreprise n'est pas simple, plusieurs projets pilotes en Amérique latine ont pu démontrer la valeur d'une telle approche comme outil de protection de la biodiversité tout en améliorant les conditions des agriculteurs (Pagiola et Ruthenberg, 2002).

L'exemple du café est appliqué à un type particulier d'agroforesterie, mais il y a possibilité d'application à d'autres systèmes agroforestiers (Gouyon, 2003). Les divers avantages écologiques soulignés plus tôt pourraient servir de base à l'élaboration d'une certification unique à l'agroforesterie. La demande croissante de la part des pays occidentaux pour des produits plus respectueux de l'environnement fait que des produits certifiés conformément à des normes de pratiques agroforestières pourraient éventuellement représenter un marché intéressant (*e.g.* Forsyth *et al.*, 1999). Néanmoins, avant d'en arriver à un système de certification reconnu et fiable, beaucoup de ressources devront être déployées. Cet aspect doit donc être développé avant de pouvoir parler de développement durable.

À cet égard, il est possible de faire le parallèle entre le Forest Stewardship Council (FSC), un organisme voué à la certification des pratiques forestière durables, et l'agroforesterie. Le FSC possède un code de principes et de critères permettant la certification du bois selon différents critères : le respect des lois, la reconnaissance des droits des peuples indigènes, l'amélioration des conditions socioéconomiques des travailleurs forestiers, l'atténuation des impacts environnementaux, l'élaboration de plans d'aménagement détaillés et le maintien des forêts à haute valeur pour la conservation (FSC Canada, 2008). Cette certification permet notamment d'augmenter la valeur du bois vendu sur le marché par l'obtention d'un prix supérieur au bois non certifié – ce qui se traduit par de meilleures

conditions pour les travailleurs forestiers – en plus de réduire les impacts environnementaux négatifs (Cashore *et al.*, 2006).

L'intérêt de cette comparaison réside dans le fait que la certification du FSC pourrait être adaptée à l'agroforesterie (Colchester *et al.*, 2003; Gouyon, 2003). Avec un tel outil, la valeur de la composante arborée des systèmes agroforestiers serait augmentée. Donc, la valeur ajoutée de produits forestiers non ligneux (PFNL) (*e.g.* le café) et de bois certifiés se conjugueraient pour offrir un avantage économique comparatif aux systèmes agroforestiers.

2.4 Bénéfices sociaux de l'agroforesterie

Le portrait de l'agroforesterie comme pouvant contribuer au développement durable des pays dits défavorisés ne serait pas complet sans l'inclusion de la sphère sociale. Or, l'intérêt pour l'agroforesterie s'est d'abord manifesté par des études écologiques. Par la suite, les économistes se sont intéressés à ce type d'agriculture et à son potentiel de rentabilité. Toutefois, encore peu de chercheurs se sont penchés sur l'aspect social (Montambault, et Alavalapati, 2005). Par conséquent, cet aspect accuse un retard comparativement aux dimensions écologiques et économiques des bénéfices de l'agroforesterie (Mercer et Miller, 1997). Néanmoins, quelques bénéfices sociaux de l'agroforesterie ont pu être démontrés : la création d'emplois, l'approvisionnement des paysans en matières premières et la souveraineté alimentaires des communautés locales.

2.4.1 Valorisation de l'économie locale par la création d'emplois

La culture d'arbres sur les fermes des agriculteurs de subsistance est un moteur économique efficace de création d'emplois et de revenus pour les ruraux pauvres (Murdiyarso *et al.*, 2002; Carsan et Holding, 2006). La production de bois par les petits agriculteurs représente une importante part du marché – souvent supérieure au bois provenant des plantations commerciales – qui est envoyé aux scieries pour y être transformé (Bertomeu, 2005). Cette activité génère divers types d'emplois : main d'œuvre

pour la récolte et la transformation du bois, acheteurs de matières premières, commerçants, détaillants et gestionnaires de petites entreprises (Bertomeu, 2005). Il est à noter que même si les agriculteurs pratiquant l'agroforesterie obtiennent un meilleur prix pour le bois en le vendant directement sur le marché local plutôt qu'en passant par un détaillant régional, la demande est rapidement comblée (Tukan *et al.*, 2005). Les agriculteurs ont un meilleur accès aux marchés régionaux et peuvent retirer un bénéfice supérieur avec l'aide d'un détaillant que s'ils demeuraient sur le petit marché local. La demande mondiale pour les produits du bois est constante depuis le début des années 1990, ce qui vient renforcer la pertinence de la culture des arbres dans les systèmes agroforestiers (FAO, 2006a). Globalement, toute la communauté bénéficie de l'agroforesterie, car le commerce du bois permet d'augmenter leur qualité de vie et leur pouvoir d'achat par l'obtention de revenus supplémentaires et la création d'emplois locaux permanents tout en diminuant l'exode rural (Budidarsono *et al.*, 2000; Gangadharappa *et al.*, 2003; Suyanto *et al.*, 2006).

Le bois est un produit permettant de générer plusieurs emplois, des revenus substantiels pour les paysans et il favorise l'adoption de pratiques agroforestières, mais les PFNL montrent également ces mêmes capacités (Leakey *et al.*, 2005). Le même raisonnement s'applique notamment pour la production de fruits et des noix : création d'emplois, meilleurs accès aux marchés régionaux et augmentation des revenus (Tukan *et al.*, 2005). La valeur marchande des PFNL est présentement en hausse sur les marchés mondiaux (FAO, 2006a). Il serait donc intéressant de développer plus en profondeur ce potentiel de l'agroforesterie afin d'en tirer un maximum de bénéfices.

Il est aussi pertinent de mentionner le cas de l'agrotourisme. Cette forme de tourisme est définie de la manière suivante :

« [...] une activité touristique complémentaire à l'agriculture ayant lieu sur une exploitation agricole. Il met en relation des producteurs(trices) agricoles avec des touristes ou des excursionnistes, permettant ainsi à ces derniers de découvrir le milieu agricole, l'agriculture et sa production à travers l'accueil et l'information que leur réserve leur hôte. » (Bourdeau *et al.*, 2002)

Il n'existe à peu près pas d'information publiée sur les relations directes entre l'agroforesterie et l'agrotourisme. Cependant, l'agrotourisme est un moyen reconnu de diversifier et d'augmenter les sources de revenus d'une exploitation agricole (Wicks et Merrett, 2003). Plusieurs activités sont envisageables dans un cadre agrotouristique : chasse, pêche, ornithologie, randonnée pédestre, camping, vente de produits locaux (viande, fruits, fines herbes, miel, noix) et activités éducatives (NRCS, 2000). Une étude menée par Grado *et al.* (2001) a pu montrer que 10 % des revenus du système agroforestier provenaient de la vente contrôlée de permis de chasse. Le principe de la diversité économique, tel que discuté précédemment, pourrait passer par la création d'un secteur agrotouristique au sein de l'agroforesterie. Par contre, les relations entre l'agrotourisme et l'agroforesterie doivent absolument être davantage développées afin de mieux comprendre quels bénéfices pourraient être obtenus de cette association.

2.4.2 Approvisionnement en matières premières

L'agroforesterie permet de combler différents besoins des populations rurales : bois de chauffage, aliments nutritifs et remèdes provenant de plantes médicinales.

Près d'un milliard et demi de personnes dépendent du bois pour combler 90 % de leurs besoins en énergie (Nair, 1993). Cela amplifie directement le problème de la déforestation (Jepma, 1995). Dans un tel contexte, il peut paraître difficile de concilier les besoins de base des ruraux et la protection de l'environnement. Lorsque des forêts situées à proximité de communautés rurales sont protégées par des lois, on peut s'attendre à un prélèvement illégal de ressources si aucune autre solution ne leur est offerte (Murniati *et al.*, 2001).

Les pratiques agroforestières permettent d'apporter une partie de la réponse au problème, car elles réduisent la dépendance des ruraux envers les forêts primaires en leur fournissant plusieurs des matières premières nécessaires à leur subsistance, notamment du bois de chauffage (Current *et al.*, 1995). En plus de diminuer la pression sur les forêts primaires, l'agroforesterie constitue une zone tampon entre celles-ci et les terres agricoles intensives (Murniati *et al.*, 2001). Les zones tampon dans les agroécosystèmes sont nécessaires d'un

point de vue biologique – facilitation de la dispersion animale, diminution de l'érosion du sol – mais également d'un point de vue social (Ma *et al.*, 2002). En effet, leur implantation favorise le support des communautés locales envers des projets de conservation de la biodiversité (Primack, 2002). L'agroforesterie permet donc de diminuer l'effet de bordure entre les forêts primaires et les zones anthropisées tout en limitant les contraintes d'exploitation du territoire des communautés rurales. Bien sûr, il y a une limite à l'extraction du bois provenant des systèmes agroforestiers surtout si le système agroforestier fait partie d'un projet de séquestration de carbone (Wise et Cacho, 2005). Il y a donc un choix à faire selon les objectifs recherchés : obtenir des paiements grâce à la séquestration de carbone ou récolter du bois de chauffage pour combler ses besoins de base.

La culture de PFNL comestibles et de plantes médicinales dans un système agroforestier permet respectivement de combler une part importante des besoins nutritionnels et pharmaceutiques des ruraux pauvres (Nair, 1993). Les PFNL comestibles sont particulièrement importants durant les périodes de pénurie alimentaire et pour la diète des jeunes enfants en milieu rural pauvre (Styger *et al.*, 1999). Dans le cas des plantes médicinales, leur culture permet leur préservation et diminue les risques de surexploitation en plus d'être la principale source de la pharmacopée rurale traditionnelle (Schippmann *et al.*, 2002). Plusieurs de ces plantes sont tolérantes à l'ombre et poussent naturellement en forêt, ce qui signifie qu'elles sont aptes à être cultivées dans un système agroforestier (Rao *et al.*, 2004). Cette pratique est notamment répandue en Chine (Xiao, 1991).

2.4.3 Souveraineté alimentaire

Tel que vu précédemment, une des critiques adressées envers le modèle de développement de la Révolution verte fut l'incapacité à s'attaquer au problème de la répartition des denrées alimentaires. En effet, un pays – le Mexique – se classant parmi les premiers exportateurs mondiaux de céréales ne devrait pas avoir, sous sa gouverne, une population aux prises avec un sérieux problème de famine (Cleaver, 1972). La valorisation de la production et du développement de la technologie a pris le dessus sur un des besoins les

plus fondamentaux de l'être humain : se nourrir. Selon le principe de responsabilité du philosophe Hans Jonas⁷, le schème de la Révolution verte est à proscrire, car elle n'a pas livré les résultats escomptés : réduire la faim dans le monde.

Actuellement, la souveraineté alimentaire est menacée par la déréglementation commerciale, l'accaparement des ressources alimentaires et génétiques par quelques firmes multinationales – la biopiraterie – et les sanctions économiques appliquées sur les pays pauvres comme arme politique (Menezes, 2001). Pour faire un contrepois à cette tendance, les communautés rurales pauvres doivent trouver un moyen de reprendre le contrôle de leur production alimentaire ainsi que de la répartition selon leurs besoins au lieu d'être contraintes aux aléas du néolibéralisme. En y réfléchissant plus en profondeur, le regroupement en coopératives pourrait être une option envisageable, car ses principes – autonomie, indépendance, participation économique et respect des communautés – correspondent à ceux de la souveraineté alimentaire (ICA, 2007).

Une majorité de producteurs agroforestiers pratiquent une agriculture de subsistance (Obiri *et al.*, 2007, Sulzberger, 2008). Ils sont vulnérables aux conséquences induites par la mondialisation économique : fluctuation des prix des denrées alimentaires, accès restreint aux marchés et insécurité financière (Killick, 2001). Leur intégration dans des coopératives agroforestières leur permettrait de lutter contre ces effets négatifs. En se regroupant, ces petits producteurs ont un meilleur accès au crédit et au matériel agricole, économisent sur les coûts de production et obtiennent des revenus substantiels, ce qui renforce leur souveraineté alimentaire (Rice, 2001; Logue et Yates, 2005). De plus, cela entraîne un effet bénéfique sur la préservation de la culture alimentaire locale (Menezes, 2001).

Plusieurs exemples de coopératives agroforestières montrent des résultats encourageants (Downing *et al.*, 2004, Hernández-Castillo et Nigh, 1998). Cette forme d'association leur permet d'avoir un meilleur contrôle sur la production et la répartition des produits

⁷ Hans Jonas (1903-1993) fut un philosophe allemand et auteur d'une œuvre marquante de la philosophie moderne – Le principe de responsabilité : Une éthique pour la civilisation technologique – considérée comme le précurseur du principe de précaution. Le principe de responsabilité fait référence au fait que l'existence possède une valeur absolue indiscutable et que toute technologie pouvant la menacer devrait être bannie.

agricoles (Rosset, 2007). La formation de coopératives agroforestières, en renforçant la souveraineté alimentaire des petites communautés, pourrait probablement diminuer l'impact d'une prochaine crise alimentaire mondiale.

Donc, même si encore peu d'études ont démontré clairement les bénéfices sociaux apportés par l'adoption de pratiques agroforestières, les résultats positifs obtenus jusqu'à maintenant laissent croire que l'étude des bénéfices sociaux provenant de l'agroforesterie devrait se développer dans les années à venir.

Chapitre 3

L'implantation de l'agroforesterie et le développement durable des populations dites défavorisées

On entend généralement par « pays en voie de développement » ou « pays défavorisés » des pays où les taux de pauvreté et de chômage sont élevés et où les services de santé et d'éducation et la protection de l'environnement accusent un retard majeur par rapport aux pays dits développés. Les causes en sont multiples et complexes, mais on compte notamment des sanctions économiques et les conséquences de politiques colonialistes qui se font ressentir encore aujourd'hui (Bryant, 1998). La figure 3.1 donne un aperçu de la répartition de la pauvreté au niveau mondial. Bien que tous les pays n'aient pas la même définition de « seuil de pauvreté » – la Chine obtient un score similaire à celui de l'Amérique du Nord en termes de pourcentage des populations pauvres – il est possible d'observer que les zones les plus défavorisées se concentrent principalement en Amérique latine, au Moyen-Orient, en Afrique et en Asie du Sud-Est.

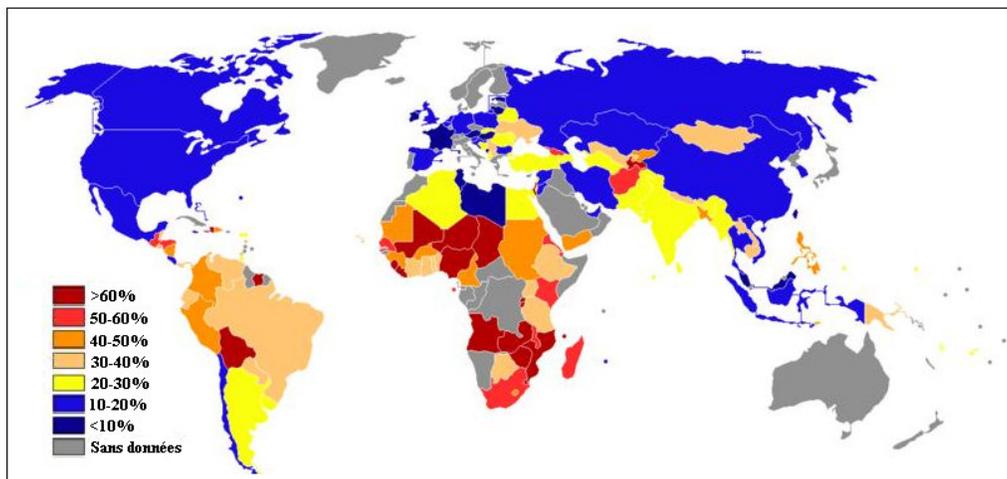


Figure 3.1 Pourcentage de la population vivant sous le seuil de la pauvreté

Source : Central Intelligence Agency (2008)

Une approche de développement durable serait des plus souhaitables dans ces régions afin d'alléger les problématiques environnementales et socioéconomiques et de pallier le sous-développement. Entre autres, le potentiel de l'agroforesterie de contribuer à un développement durable, tel que souligné au chapitre précédent, laisse entrevoir que l'implantation de ce mode d'agriculture pourrait s'avérer grandement avantageux dans ces pays.

3.1 Les systèmes agroforestiers dans les pays en voie de développement

La superficie mondiale de terres agroforestières est actuellement estimée à 300 millions d'hectares (World Agroforestry Centre, 2007). Des projets de recherche scientifique sont menés dans plusieurs pays en voie de développement depuis le milieu des années 70 grâce à une initiative du Centre de Recherche et de Développement international du Canada qui a permis la création du International Council for Research in Agroforestry – lequel est devenu le WAC en 2002. Les trois objectifs principaux de cet organisme sont la réduction de la pauvreté, l'atteinte de la sécurité alimentaire et l'amélioration de la qualité de l'environnement et ce, en cherchant des alternatives à l'agriculture sur brûlis (slash-and-burn) en zone tropicale et en se concentrant sur des moyens permettant de limiter la dégradation des terres des agriculteurs pratiquant une agriculture de subsistance (World Agroforestry Centre, 2008b). Les efforts de recherche et de développement sont concentrés en six zones d'intervention principales : Afrique de l'Est, Afrique centrale et de l'Ouest, Afrique du Sud, Amérique latine, Asie du Sud et Asie du Sud-Est. Ces régions sont caractérisées par une répartition inégale des richesses nationales, un haut taux de chômage, un taux d'analphabétisme relativement élevé, une espérance de vie inférieure à celle des pays occidentaux et des problématiques environnementales affectant fortement les populations rurales pauvres (Central Intelligence Agency, 2008).

Une abondante littérature scientifique sur l'agroforesterie en milieu tropical a été publiée depuis les 30 dernières années (Nair, 2007). La majorité des travaux de recherche se sont concentrés sur les aspects biophysiques de l'agroforesterie (Nair, 1993). Une attention particulière a notamment été accordée aux systèmes agroforestiers en Amérique centrale,

en Inde et en Afrique (Stepler et Nair, 1987). La figure 3.2 présente la répartition des principaux systèmes agroforestiers tropicaux. Il est possible d'observer que les différents projets sont répartis de manière équilibrée entre chacune des six zones d'étude principales. Les pratiques les plus fréquentes sont les jachères améliorées (*i.e.* planter des arbres sur les terres laissées en jachère), les taungyas, les cultures sous couvert forestier (moins structurées que les cultures intercalaires) ainsi que le sylvopastoralisme.

3.2 Application de l'agroforesterie dans les pays en voie de développement

La relation entre la pauvreté et la dégradation de l'environnement est bien connue (United Nations Fund for Population Activities, 2007). Cette relation souvent observée dans les pays dits défavorisés peut sembler sans issue. Le manque d'éducation environnementale, mais également le faible accès aux produits de base explique en partie que la dégradation des écosystèmes se produise en milieu défavorisé (Duraiappah, 1998; Malik, 1998).

Les politiques environnementales n'ont généralement que très peu de succès si des efforts pour diminuer la pauvreté ne sont pas déployés parallèlement (Rozelle, 1997). Il faut donc trouver une façon de s'attaquer directement au problème de la pauvreté. C'est justement à ce niveau que l'agroforesterie devient un choix intéressant. En effet, la démonstration a été faite dans le chapitre 2 que diverses options existent afin de créer de la valeur ajoutée aux systèmes agroforestiers. Pour cette raison – et ceci constitue l'élément essentiel de cet essai permettant de relier l'agroforesterie, le développement durable ainsi que les pays en voie de développement – l'agroforesterie peut constituer un puissant outil dans une optique de développement durable en zone défavorisée (Nair, 2007). Si on peut développer un moyen permettant de tirer profit de l'amélioration des biens et services écosystémiques par l'agroforesterie, l'adoption de pratiques agroforestières serait des plus avantageuses pour les populations dites défavorisées, car on réduit la dégradation des écosystèmes tout en créant des bénéfices. La section suivante propose un moyen d'appliquer l'agroforesterie en attribuant une valeur monétaire⁸ aux biens et services écosystémiques.

⁸ L'évaluation monétaire correspond à l'attribution d'une valeur monétaire aux différents services et biens écosystémiques (Field et Olewiler, 2005).

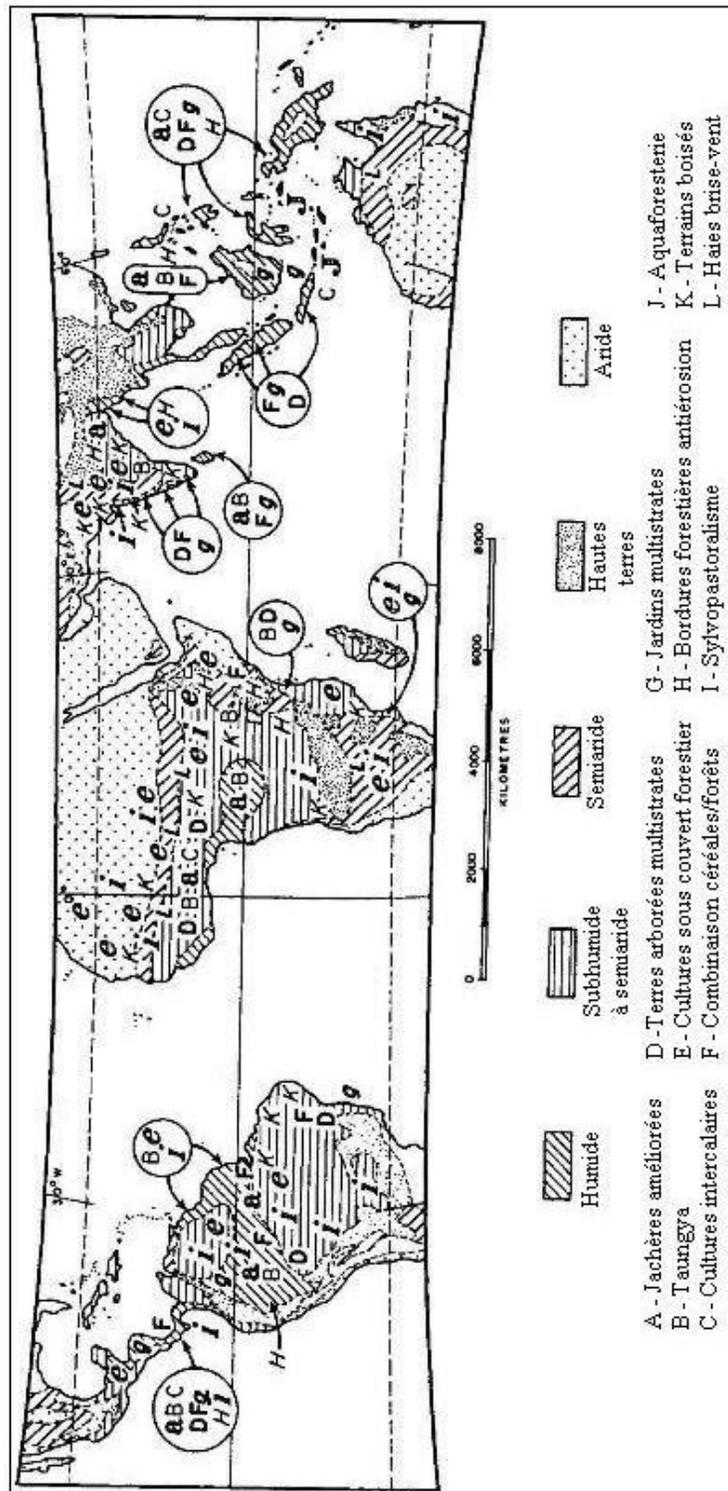


Figure 3.2 Principaux systèmes agroforestiers de la zone tropicale

Source : Nair, P.K.R. (1993), p. 50

3.2.1 Création de valeur ajoutée par l'agroforesterie dans les pays en voie de développement : les biens et services écosystémiques

Bien que le système économique mondial actuel soit fortement critiqué en raison de ses effets sociaux et environnementaux, on constate l'émergence de nouveaux marchés basés sur l'évaluation monétaire des biens et services écosystémiques (*e.g.* paiements pour les services écosystémiques, crédits d'émission de carbone (CEC), certification) qui existent grâce aux préoccupations croissantes pour les principales questions environnementales de l'heure, comme les changements climatiques. Ces biens et services sont généralement reconnus, mais ils sont encore peu intégrés dans les calculs de rentabilité et de rendement économique à cause de la complexité d'un tel exercice. En effet, bien que certains auteurs aient tenté de fixer une valeur monétaire à différents types d'écosystèmes et à leurs biens et services écosystémiques inhérents (Costanza *et al.*, 1997), cette approche demeure contestée (Kumar, 2005). Néanmoins, plusieurs économistes ont plaidé en faveur du développement d'un marché pour les services écosystémiques et des produits avec une certification à connotation environnementale afin de favoriser la conservation des écosystèmes tout en créant de la valeur ajoutée pour les populations concernées (Kumar, 2005). Même si cette approche n'est pas au point, il faut la développer afin qu'elle devienne un outil efficace dans la protection des écosystèmes.

En l'absence d'une réglementation adéquate et bien appliquée, un individu risque d'agir en fonction des bénéfices individuels qu'il peut retirer de telle ou telle action et ce, souvent au détriment de l'intégrité de l'écosystème (Field et Olewiler, 2005). À l'inverse, si une réglementation stricte existe, l'individu devra maintenir l'écosystème dans l'état actuel. Le problème découle du fait que les bénéfices et les coûts ne sont pas de même nature (Field et Olewiler, 2005). Par exemple, dans la situation où un milieu humide sur une terre privée est converti en terre agricole, les gains économiques sont privés, c'est-à-dire qu'ils reviennent au propriétaire, tandis que les coûts sont publics, c'est-à-dire assumés par la communauté entière. Par contre, dans le cas où l'écosystème est préservé, les coûts du maintien du milieu humide sont privés, tandis que les bénéfices sont publics. Cette divergence cause une confrontation entre les intérêts économiques et environnementaux.

Tel qu'expliqué antérieurement, l'agroforesterie permet de maintenir, voire d'améliorer certains biens et services écosystémiques et ce, grâce à sa structure complexe et aux interactions entre les différentes strates de végétation. Ces biens et services profitent à tous, mais leurs coûts peuvent souvent être de nature privée (Field et Olewiler, 2005). La logique utilitariste⁹ nous ordonne de conserver le milieu pour qu'un maximum de personnes obtienne le plus grand bien possible. Pour aller au-delà de ce principe et chercher à satisfaire non seulement le plus de gens possible, mais également les différents groupes d'utilisateurs du milieu, il est possible de créer un marché pour les services écosystémiques (Kumar, 2005). Par exemple, une redevance pourrait être payée au propriétaire afin que les services écosystémiques soient maintenus. Ce raisonnement est à la base des paiements effectués pour la protection d'écosystèmes naturels et des biens et services écosystémiques. La figure 3.3 illustre un projet réel où la rentabilité d'une ferme de 20 hectares, située au Nicaragua, est étudiée selon l'utilisation conventionnelle du territoire et la conversion à un système sylvopastoral avec et sans paiements pour le maintien des services écosystémiques.

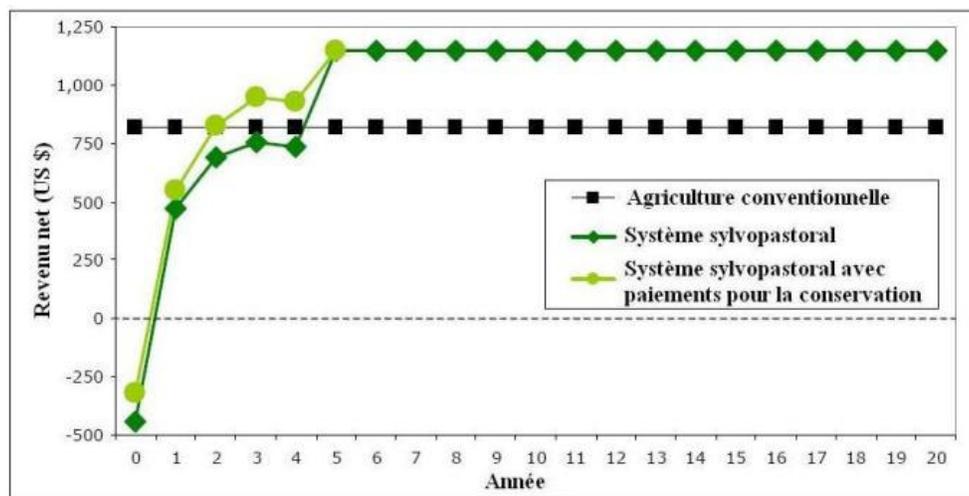


Figure 3.3 Rentabilité comparative de différents agroécosystèmes

Source : Pagiola, S. *et al.* (2004), p. 14

⁹ L'utilitarisme est une théorie philosophique développée au 19^{ième} siècle par le philosophe britannique Jeremy Bentham (1748-1832). Le point central de cette théorie est la recherche du plus grand bien pour le plus grand nombre possible de personnes et ce, afin de maximiser le bien commun.

Il s'agit d'un exemple concret qui montre que les bénéfices écologiques de l'agroforesterie peuvent être traduits en gains économiques. Des revenus nets supplémentaires sont obtenus dès la troisième année avec les paiements pour les services écosystémiques et le retard dû à l'investissement initial a été rattrapé avant la dixième année. La période d'amortissement varie généralement entre 1 et 6 ans pour la majorité des projets (Current et Scherr, 1995). À long terme, l'agroforesterie est plus rentable que l'agriculture conventionnelle, mais la figure 3.3 montre que des incitatifs sont nécessaires pour combler les coûts d'implantation et pour que le système agroforestier soit rentable plus rapidement. Cette approche peut être généralisée aux différents services écosystémiques, notamment pour la conservation de la biodiversité et la séquestration du CO₂.

3.2.2 L'exemple de la biodiversité et de la séquestration du carbone

Il a été montré précédemment que l'agroforesterie se révèle être un outil efficace pour maintenir une plus grande biodiversité que dans les agroécosystèmes conventionnels. L'étape suivante consiste en l'instauration de mécanismes permettant de soutenir une telle activité. Le secteur public est généralement en charge de la conservation de la biodiversité, mais la tendance selon laquelle les budgets alloués aux programmes environnementaux sont en constante diminution semble se généraliser et ce, à travers le monde (Jenkins *et al.*, 2004). De plus, l'approche économique fait valoir que la réglementation gouvernementale et l'utilisation de fonds publics à des fins de conservation de la biodiversité se révèlent peu efficaces et très coûteuses (Kumar, 2005). Il semble que les méthodes directes (*i.e.* payer directement pour obtenir quelque chose) soient plus adéquates (Ferraro et Kiss, 2002). Le tableau 3.1 présente différents types de paiements pour la préservation de la biodiversité.

Tableau 3.1 Types de paiements pour la conservation de la biodiversité

Types de paiements	Mécanismes
<i>Achat de terres à valeur écologique élevée</i>	Achat de terres explicitement vouées à la conservation de la biodiversité
<i>Paiement pour la gestion de la conservation de la biodiversité</i>	Paiements effectués aux propriétaires terriens en échange d'efforts de conservation en fonction d'objectifs précis
<i>Échanges de crédits sous réglementation clairement établie</i>	Émissions de crédits échangeables en fonction de l'effort de conservation de la biodiversité

Source : Adapté de Jenkins, M. *et al.* (2004)

L'achat de terres à valeur écologique élevée pour protéger la biodiversité est une méthode généralement utilisée par les institutions publiques et plusieurs organisations non gouvernementales (ONG) telles que l'International Union for Conservation of Nature, The Nature Conservancy et Conservation International (*e.g.* Bishop *et al.*, 2008). Cette méthode n'est cependant pas applicable à l'agroforesterie. De par sa nature, l'agroforesterie n'est pas vouée, en premier lieu, à la conservation de la biodiversité, mais à la production agricole.

La seconde option du tableau 3.1 semble plus appropriée que l'acquisition de terres à valeur écologique élevée. En effet, bien que l'attribution des paiements se fasse via des institutions occidentales telles que le Global Environment Facility et la Banque mondiale, la gestion peut être laissée aux acteurs locaux (Jenkins *et al.*, 2004). À l'aide d'incitatifs économiques tels que des paiements et des concessions de terres, des objectifs de conservation peuvent être fixés et évalués par la suite. Les utilisateurs peuvent donc être intégrés au processus de préservation des écosystèmes. Plusieurs projets d'agroforesterie utilisant le principe des paiements pour la conservation de la biodiversité sont présentement en cours au Mexique, au Guatemala, au Costa Rica, au Venezuela et en Afrique du Sud (Pagiola *et al.*, 2004). Les résultats ne sont cependant pas encore connus

étant donnée la relative nouveauté de ce type d'études. Cette avenue doit être développée, car comme l'indique la figure 3.4, les zones où la biodiversité est la plus abondante se situent souvent aux endroits les plus défavorisés économiquement.

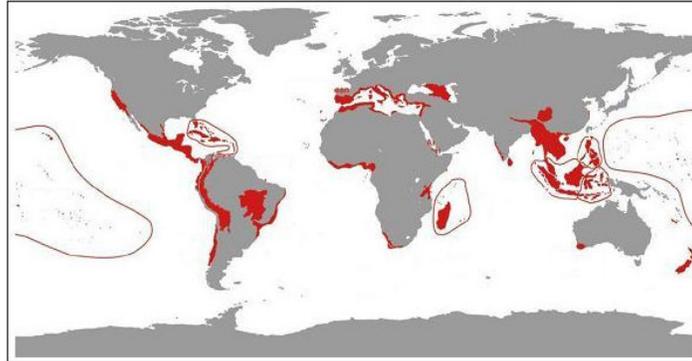


Figure 3.4 Les zones les plus riches en biodiversité au niveau mondial

Source : Myers, N. *et al.* (2000)

Le troisième moyen potentiellement utilisable pour générer des revenus découlant du maintien de la biodiversité des systèmes agroforestiers passe par l'émission et l'échange de crédits. Pour l'instant, cette approche est encore peu développée. Elle est beaucoup plus utilisée pour tout ce qui concerne l'échange de droits d'émissions du carbone. Un système de CEC et la création d'un marché d'échange a été suggéré via le Protocole de Kyoto par trois mécanismes distincts : les échanges de permis de CEC, la Mise en œuvre conjointe et le Mécanisme de Développement Propre. Le principe est fort simple : un pays émettant plus de gaz à effet de serre que la limite établie doit compenser en achetant des crédits aux pays ayant atteint leur cible. L'objectif est de créer un incitatif économique visant la réduction des gaz à effet de serre.

Cela devient intéressant du point de vue de l'agroforesterie, car l'implantation d'un système agroforestier à des fins de production ou de restauration permet de capturer une quantité substantielle de dioxyde de carbone via la plantation d'arbres. Il est estimé qu'avec un milliard d'hectares de terres agroforestières, les émissions de CO₂ pourraient être réduites de 50 milliards de tonnes sur une période de 50 ans, c'est-à-dire une réduction mondiale de 30 % (Sulzberger, 2008). La superficie de terres agroforestières n'a peut-être

pas encore atteint ce chiffre¹⁰, mais il a été estimé par le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qu'environ 600 millions d'hectares de terres agricoles peu productives, situées pour la plupart dans les pays en développement, pourraient être transformées en systèmes agroforestiers pouvant fixer une importante partie du CO₂ émis dans l'atmosphère (World Agroforestry Centre, 2007).

Ces chiffres sont cependant hautement approximatifs. Un système agroforestier peut, en moyenne, fixer de 3 à 25 tonnes de carbone par hectare (t/ha), mais jusqu'à 60 t/ha dans certains cas particuliers (Kürsten et Burschel, 1993). Néanmoins, ces données soulignent la nécessité de développer l'agroforesterie pour son potentiel de séquestration du carbone. De cette manière, il y a possibilité de créer des CEC qui pourront être échangés sur un marché du carbone. Cela est d'autant plus important sachant que les deux tiers des terres agroforestières sont actuellement gérées par des petits producteurs pratiquant une agriculture de subsistance dans des zones défavorisées (Sulzberger, 2008). Cela ne peut qu'être positif sur leurs conditions économiques si un tel système est mis de l'avant.

Quelques précisions doivent néanmoins être apportées. Les paiements doivent notamment être effectués seulement pour l'augmentation et non pour la quantité totale de carbone captée pour traduire la progression de la séquestration (Wise et Cacho, 2005). Cependant, cela pourrait avoir comme effet pervers la coupe des forêts primaires (Chomitz, 1999). En effet, étant donné que le bilan net de la séquestration de carbone est supérieur pour une forêt en régénération qu'une forêt primaire (Aber et Melillo, 2001), les agriculteurs pourraient être tentés de raser leur lot boisé pour ensuite obtenir un maximum de paiements. Afin d'éviter cette pratique néfaste, un programme de contrôle rigoureux – une tâche très complexe – doit être instauré. De plus, lors de la récolte du bois, il faut pouvoir être en mesure de suivre sa transformation (Montagnini et Nair, 2004). Le bois destiné au secteur de la construction et des produits manufacturiers ne contrevient pas à la logique des CEC, c'est-à-dire que même si le bois est coupé, le carbone n'est pas relâché dans l'atmosphère. Le bois de chauffage, par contre, rejette le carbone sous forme de CO₂. Les

¹⁰ On estime à 300 millions d'hectares la superficie mondiale de terres agroforestières (World Agroforestry Centre, 2007).

paiements pour la séquestration doivent donc être ajustés en fonction du devenir du carbone.

La « commercialisation » des services écosystémiques n'est cependant pas sans opposition. Tout d'abord, au niveau technique, un débat a toujours lieu entre les économistes à savoir si les approches directes constituent un moyen plus efficace que les approches indirectes¹¹ pour préserver la biodiversité (Ferraro et Kiss, 2003; Swart, 2003). D'un côté, les approches directes sont généralement jugées plus efficaces et moins coûteuses à implanter (Simpson, 1999), mais si les paiements arrêtent, les efforts déployés auront été vains (Swart, 2003). D'un autre côté, la méthode indirecte permet d'intégrer plus facilement les aspects éthiques et esthétiques des écosystèmes (Swart *et al.*, 2001), mais une telle approche n'a pas encore prouvé sa capacité à s'autofinancer (Ferraro et Kiss, 2003).

Aussi, un point de vue défendu par plusieurs ONG est que cette approche n'aide en rien à créer de la valeur, mais qu'elle entraîne plutôt la marginalisation des pauvres par la privatisation de l'environnement (Friends of the Earth et Global Forest Coalition, 2005). Les interrelations entre la culture locale et les écosystèmes ne sont aucunement tenues en compte et les valeurs non marchandes sont grossièrement sous-estimées (Erikson, 2000; Global Forest Coalition, 2006). Malgré cette opposition, cette approche demeure valable sous un encadrement légal rigoureux et bien défini (Duraiappah, 2006).

Somme toute, les paiements pour les services écosystémiques constituent une avenue intéressante pour les pays dits défavorisés, mais demandent encore de la recherche pour améliorer leur application et réduire les conflits entre les différents acteurs concernés.

3.3 Limites à l'adoption de l'agroforesterie à grande échelle

Pour implanter un projet d'agroforesterie durable en zone défavorisée, il faut s'interroger sur les facteurs d'adoption afin de comprendre ce qui fonctionne et ce qui est à éviter dans

¹¹ Les approches directes sont celles qui paient pour la protection du territoire – par l'achat ou la concession de terres – tandis que les approches indirectes supportent des activités économiques connexes qui ont pour conséquence la protection du territoire (*e.g.* l'écotourisme) (Ferraro et Simpson, 2001).

le cadre d'une telle démarche. L'intérêt pour de telles études a pris son essor au milieu des années 1990 (Mercer, 2004). Les principaux défis de tout projet de recherche de ce type sont de trouver des solutions aux contraintes techniques et financières et de bien saisir l'importance du contexte culturel (Nair, 1993).

3.3.1 Contraintes techniques et financières

Le tableau 3.2 présente quelques facteurs ayant un impact sur l'adoption et le maintien des pratiques forestières dans les pays en voie de développement.

Tableau 3.2 Facteurs favorisant l'adoption et le maintien de l'agroforesterie

Facteurs d'adoption et de maintien
Formation de techniciens locaux et assistance technique disponible
Parcelles de démonstration
Droits de propriété clairement définis
Profitabilité et accès au crédit et aux marchés

Source : Current, D. *et al.* (1995); FAO (2005a); Shively, G.E. (2001)

Plusieurs éléments du tableau 3.2 sont relativement simples à implanter, mais restent encore à mettre en œuvre. Par exemple, le manque de connaissance des agriculteurs et l'absence de programmes de vulgarisation nuisent à l'adoption de l'agroforesterie (Gangadharappa *et al.*, 2003). C'est pourquoi la formation de techniciens locaux ainsi que le support technique de spécialistes en agroforesterie sont vitaux au développement de l'agroforesterie. La présence locale de ces techniciens est un moyen efficace et peu coûteux pour donner un appui direct aux gens désireux d'en apprendre davantage sur les pratiques agroforestières (Current *et al.*, 1995). De plus, les spécialistes – locaux ou étrangers – en agroforesterie jouent un rôle majeur sur la perception que les agriculteurs ont de l'agroforesterie et peuvent ainsi en influencer l'adoption de façon positive (Alavalapati *et al.*, 1995).

La création de parcelles de démonstration peut également favoriser l'adoption de l'agroforesterie (Current *et al.*, 1995). La diffusion de l'information par l'exemple et le contact avec des gens pratiquant l'agroforesterie est un outil efficace favorisant l'adoption (Mercer, 2004). Cela permet de démontrer concrètement la richesse créée par les systèmes agroforestiers. Les agriculteurs ne s'intéressent à l'agroforesterie qu'une fois leurs besoins de subsistance comblés et seulement si la rentabilité d'une telle pratique leur est démontrée (Current *et al.*, 1995). Il faut donc qu'il existe des sites agroforestiers qui mettent en valeur tout ce qui peut améliorer les conditions socioéconomiques des petits paysans. De cette façon, on maximise les probabilités de conversion à l'agroforesterie.

Cependant, le manque d'institutions et d'infrastructures adaptées limitent l'adoption de l'agroforesterie et l'accès des agriculteurs aux marchés (Alavalapati *et al.*, 1995). Ces deux activités requièrent un support technique et financier pour favoriser la durabilité des systèmes agroforestiers à tout le moins durant la phase d'implantation (Suyanto *et al.*, 2006). La faiblesse des institutions et des infrastructures est notamment expliquée par une dette publique démesurée ainsi que des programmes d'ajustement structurel provenant des institutions financières mondiales issues de la conférence de Bretton Woods de 1944 : le Fonds monétaire international et la Banque mondiale (Chossudovsky, 1998). Ces programmes de restructuration ont souvent un impact négatif sur la qualité de l'environnement et les conditions socioéconomiques des habitants, notamment par une baisse de l'investissement dans les programmes environnementaux et sociaux (Rich, 1994). La faiblesse des institutions limite également l'accès des paysans aux marchés (Tukan *et al.*, 2005).

Dans un autre ordre d'idées, une très forte proportion de paysans des pays les plus défavorisés économiquement ne sont pas propriétaires terriens (FAO, 2005b). Ils doivent souvent utiliser des terres dégradées et des territoires en marge de zones protégées – quand ce n'est pas directement à l'intérieur de celles-ci –, couper la forêt ou louer des terres agricoles pour subvenir à leurs besoins. L'absence de droits de propriété limite l'adoption de l'agroforesterie (Caveness et Kurtz, 1993). Les principales raisons en sont le manque de

ressources disponibles, l'insécurité quant à l'accès futur aux terres et les restrictions de plantation imposées aux locataires (Neef et Heidhues, 1994).

Le manque de ressources fait que les agriculteurs ne peuvent recevoir aucun support technique ni financier pour l'implantation d'un système agroforestier – un facteur crucial déterminant le succès d'une telle démarche (Alavalapati *et al.*, 1995). Les investissements à long terme sont découragés dans de telles situations, car le sentiment d'insécurité du fermier est amplifié par l'absence de propriété (Caveness et Kurtz, 1993). Cette problématique est d'autant plus sévère dans les pays ayant été affectés par la guerre (Unruh, 2001). La situation des populations déplacées ou expulsées rend l'adoption de l'agroforesterie encore plus complexe. Quant aux restrictions concernant la culture des terres agricoles imposées aux locataires, elles constituent un frein au développement des pratiques agroforestières, car si le propriétaire ne permet pas la culture d'arbres sur le territoire loué, l'implantation d'un système agroforestier est impossible. De plus, l'absence de titres fonciers des paysans sans terre leur rend l'accès au crédit impossible (Neef et Heidhues, 1994), même si le remboursement est plus sûr avec une production agricole diversifiée (Jama *et al.*, 2004). Le développement du microcrédit¹² popularisé par l'économiste bengali Muhammad Yunus pourrait potentiellement répondre à ce problème.

3.3.2 Contexte culturel

L'adoption de pratiques agroforestières amène des bénéfices écologiques, économiques et sociaux certes, mais encore faut-il que cette adoption se fasse librement et en tenant compte de divers paramètres, notamment les aspects culturels, l'intégration, la concertation et les motivations des communautés concernées. La culture est un aspect indissociable de toute société. À ce sujet, les propos de Smith (1994) et de Colchester (1998), sans être directement dirigés vers l'agroforesterie, constituent un bon point de départ pour l'étude des facteurs culturels relatifs aux projets d'agroforesterie :

¹² Le microcrédit consiste en le prêt de faibles montants d'argent à des gens qui ne peuvent pas obtenir de prêts d'institutions de crédit conventionnelles. Les travaux de l'économiste Muhammad Yunus sur le microcrédit lui valurent le prix Nobel de la paix en 2006.

« [...] *the cultural aspects of a society define individual preference structures. Euro-American society emphasizes individuality and financial success, whereas many Native American societies place emphasis on family and spiritual harmony.* »¹³ (Smith, 1994)

« *The idea that [...] mankind, is apart from nature seems to be one that is deeply rooted in Western civilization. In contrast, to the “animistic” religions of many indigenous people who see culture in nature and nature in culture, Judeo-Christian traditions tell of an origin in which man was given dominion over the beasts.* »¹⁴ (Colchester, 1998)

Ces affirmations soulignent l'importance de considérer les différences culturelles. Celles-ci peuvent être directement reliées à l'échec de l'implantation d'un projet si elles ne sont pas bien comprises et mal intégrées (Borsari, 1999).

La majorité des spécialistes et des chercheurs en agroforesterie ainsi que les principales sources de financement pour l'implantation de projets pilotes proviennent des pays occidentaux, mais les besoins sont surtout concentrés dans les pays en voie de développement. L'acceptabilité doit donc nécessairement passer par la concertation, l'intégration et la participation des différents participants (Nair, 1993). En effet, les différences dans le système de valeurs des populations indigènes et celui des occidentaux font que tout ce qui ne possède pas une valeur marchande est sous-estimé, malgré l'importance accordée à de tels éléments par les populations indigènes (Szymanski et Colletti, 1999).

Afin de mieux comprendre le contexte culturel, plus d'études sociologiques sont nécessaires. Dans une méta-analyse traitant des facteurs affectant l'adoption de pratiques agroforestières, Pattanayak *et al.* (2003) ont pu démontrer que les paramètres sociaux les plus étudiés ne sont pas ceux ayant l'impact le plus significatif sur le comportement

¹³ « [...] les aspects culturels d'une société définissent « les structures de préférence individuelle. Les sociétés euro-américaines mettent l'emphase sur l'individualité et le succès financier. Les sociétés amérindiennes, quant à elles, favorisent plutôt la famille et l'harmonie spirituelle. » (Traduction libre)

¹⁴ « L'idée selon laquelle l'Homme [...] est séparé de la nature semble enracinée dans la civilisation occidentale. En opposition aux religions « animistes » des peuples indigènes qui voient la nature dans la culture et la culture dans la nature, la tradition judéo-chrétienne véhicule l'idée selon laquelle un droit à la domination des bêtes a été accordé à l'Homme. » (Traduction libre)

d'adoption. Les conceptions occidentales présupposées envers les systèmes agroforestiers tropicaux induisent un certain biais dans la recherche. L'identification des facteurs les plus pertinents permettra de mieux comprendre le processus d'adoption – ou de rejet – de l'agroforesterie. Par exemple, on pourrait penser que le niveau d'éducation joue un rôle important dans le processus d'adoption de l'agroforesterie : les gens plus instruits seraient plus ouverts aux nouvelles pratiques agricoles telles que l'agroforesterie. Cependant, le niveau d'éducation est rarement significatif dans l'adoption de l'agroforesterie (Pattanayak *et al.*, 2003). Ceci montre clairement le biais que peuvent amener des suppositions erronées.

Pour ce faire, une approche participative, intégrant les agriculteurs locaux, est nécessaire afin de maximiser l'adoption des pratiques agroforestières (Fischer et Vasseur, 2002). Bien que la recherche en agroforesterie puisse être complexe et hautement technique (*e.g.* Warkentin *et al.*, 1990), les considérations des paysans doivent être prises en compte et ce, pour deux raisons : tout d'abord, afin d'éviter que l'agroforesterie devienne une activité hautement hiérarchique du type « top-down¹⁵ » et totalement déconnectée des besoins réels (González et Nigh, 2005), mais aussi afin d'inclure le savoir et les pratiques traditionnelles (Nair, 2007). Un processus participatif permet notamment aux communautés locales d'avoir une influence directe sur les politiques de développement et clarifie certaines perceptions erronées que les spécialistes étrangers pourraient avoir à propos de ces communautés (Dove, 1992; Sinclair et Walker, 1999). Les femmes pourraient également bénéficier d'une approche participative en agroforesterie. En effet, elles jouent un rôle d'une importance capitale dans la production alimentaire et sont la principale source de main d'œuvre pour certaines pratiques agroforestières (Hoskins, 1987; Quisumbing *et al.*, 1995). Les intégrer dans les décisions concernant l'agroforesterie améliore l'équité entre les sexes et valorise l'économie locale (Fortmann et Rocheleau, 1985). L'intégration du savoir traditionnel apporte une nouvelle dimension aux études scientifiques, car cela démontre que les ruraux ont une connaissance intuitive de certains processus écologiques, cela permet de formuler de nouvelles hypothèses pour faire avancer la recherche et cela

¹⁵ Une gestion dite « top-down » réfère au processus organisationnel hiérarchique. Les décisions sont prises par le niveau de direction le plus élevé et sont transmises aux niveaux hiérarchiques inférieurs. La participation au processus de gestion des niveaux hiérarchiques inférieurs est donc limitée.

apporte des solutions techniques souvent efficaces et peu coûteuses (Kajembe *et al.*, 2005; Stave *et al.*, 2007).

Pour conclure ce chapitre, mentionnons que l'agroforesterie répond à la très grande majorité des Objectifs de Développement du Millénaire¹⁶ définis par l'Organisation des Nations Unies. L'implantation à grande échelle de l'agroforesterie est donc primordiale afin d'améliorer les conditions de vie des plus démunis et de préserver l'intégrité des écosystèmes. Cependant, l'apport de l'agroforesterie devra être reconnu de manière plus explicite dans les politiques de développement afin d'atteindre ces objectifs (Garrity, 2004).

¹⁶ Les Objectifs de Développement du Millénaire ont été fixés afin de répondre aux grandes problématiques mondiales : pauvreté, éducation, égalité des sexes, mortalité infantile, santé maternelle, SIDA et paludisme, environnement durable et partenariat pour le développement (United Nations, 2007).

Conclusion

Le présent essai a permis de démontrer clairement que l'agroforesterie peut être un outil puissant pour le développement des populations dites défavorisées. L'amélioration de la qualité de l'environnement, le maintien de l'intégrité des écosystèmes, la création de richesses ainsi que le mieux-être des populations sont les principales raisons qui justifient que l'agroforesterie s'inscrit bel et bien dans un cadre de développement durable. De plus, l'agroforesterie favorise la souveraineté alimentaire des populations dites défavorisées, ce que l'agriculture conventionnelle a été incapable de faire. Ces affirmations prennent tout leur sens pour les populations dites défavorisées. En effet, la complexité et les interrelations entre les différents problèmes écologiques, économiques et sociaux sévissant dans les pays en voie de développement nécessitent des solutions qui s'attaquent à ces problèmes de façon globale. La spécificité des systèmes agroforestiers est de proposer une approche globale et cela justifie qu'ils soient implantés à grande échelle. Si l'agroforesterie était déjà implantée sur une plus grande superficie à travers le monde, la crise alimentaire actuelle n'aurait peut-être pas été d'aussi grande ampleur.

Avant d'en arriver à une implantation de l'agroforesterie à grande échelle, plusieurs éléments restent à corriger. L'assistance technique locale et la démonstration des avantages de l'agroforesterie sont indispensables pour faire connaître ces pratiques aux paysans pauvres. De cette manière, on leur donne une solution de rechange à l'agriculture sur brûlis. L'aide internationale devrait augmenter le financement de petits projets favorisant la diffusion des technologies agroforestières. De plus, des incitatifs économiques ainsi qu'un support monétaire, sous forme de prêts, devraient être mis à la disposition des paysans pauvres afin de pallier les coûts d'implantation des systèmes agroforestiers. Les coûts d'implantation peuvent empêcher les agriculteurs démunis d'adopter des pratiques agroforestières. La participation des acteurs locaux aux projets d'agroforesterie est également nécessaire, car ce sont eux qui connaissent le mieux leurs besoins. Leur intégration permettrait de rajuster le tir afin de ne pas se baser sur des suppositions de recherche erronées.

Dans un autre ordre d'idées, l'aide au développement devrait se concentrer sur l'implantation d'institutions et d'organismes dont le rôle serait d'appuyer l'implantation de systèmes agroforestiers. La faiblesse, voire l'absence, d'institutions compétentes dans les pays en voie de développement limite l'adoption de l'agroforesterie à grande échelle.

Finalement, la sévérité avec laquelle les subventions agricoles des pays occidentaux nuisent aux pays en voie de développement ainsi que les programmes de restructuration austères du Fonds monétaire international et les prêts de la Banque mondiale justifient encore plus fortement l'implantation de l'agroforesterie. Les populations dites défavorisées doivent obtenir leur souveraineté alimentaire; en investissant massivement dans l'agroforesterie, elles pourraient s'affranchir en partie des contraintes socioéconomiques qu'elles doivent subir. L'annulation, ou à tout le moins l'allègement, de la dette des pays du tiers-monde est cependant requise afin de réduire le fardeau économique de ces pays et de faciliter leur propre prise en charge du développement des systèmes agroforestiers. Le développement d'institutions vouées à l'agroforesterie est impossible si les surplus monétaires ne sont alloués qu'au paiement de la dette nationale.

Malgré tous les avantages écologiques, économiques et sociaux amenés par l'agroforesterie, beaucoup de travail reste à faire. Réformer le système économique mondial n'est pas une mince affaire et lutter contre l'inertie des décideurs politiques et économiques demande beaucoup d'efforts et une bonne dose de courage. Néanmoins, il est permis d'avoir espoir que l'agroforesterie puisse un jour être répartie sur une majorité de terres agricoles et ce, à l'échelle mondiale. Les populations dites défavorisées ont le droit de vivre dans de meilleures conditions socioéconomiques, alors c'est maintenant le temps d'agir. Qui sait ? Peut-être qu'un jour les nations dites développées pourront se baser sur ce qui se fait dans les pays en voie de développement pour modifier leurs pratiques agricoles actuelles.

Liste des références

- Aber, J.D. et Melillo, J.M. (2001). *Terrestrial Ecosystems* – 2nd edition (San Diego : Academic Press).
- Abraham, E., Tomasini, D. et Maccagno, P. (2003). *Desertificación – Indicadores y puntos de referencia en América Latina y el Caribe* (Mendoza : Zeta).
- Agence France Presse (2008a). Les appels à la mobilisation se multiplient. Radio-Canada, 10 avril. <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/International/2008/04/10/003-crise-denrees-jeudi.shtml> Consulté le 4 juin 2008.
- Agence France Presse (2008b). Le ras-le-bol des pauvres. Radio-Canada, 8 avril. <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/International/2008/04/08/002-denree-alimentaire-prix.shtml> Consulté le 4 juin 2008.
- Agence France Presse (2008c). L'inquiétude grimpe aux Philippines. Radio-Canada, 14 avril. <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/International/2008/04/11/002-philippines-denree-prix.shtml> Consulté le 4 juin 2008.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (2007). *Le portrait de l'agroforesterie au Québec – Document # 10240F* (Ottawa : Gouvernement du Canada).
- Agroforestry Systems (1982). Editorial – What is Agroforestry ? *Agrof. Syst. 1*: 7-12.
- Agyeman, V.K., Marfo, K.A., Kasanga, K.R., Danso, E., Asare, A.B., Yeboah, O.M. et Agyeman, F. (2003). Réviser le système de plantation taungya : nouvelles propositions du Ghana pour le partage des avantages. *Unasylva* 54: 40-43.

- Alavalapati, J.R.R., Luckert, M.K. et Gill, D.S. (1995). Adoption of agroforestry practices: a case study from Andhra Pradesh, India. *Agrof. Syst.* 32: 1-14.
- Altieri, M. et Pengue, W. (2006). GM soybean: Latin America's new coloniser. *Seedling January*: 13-17.
- Altieri, M. et Rosset, P. (2002). Ten Reasons Why Biotechnology Will Not Ensure Food Security, Protect the Environment or Reduce Poverty in the Developing World. Dans *Ethical Issues in Biotechnology*, R. Sherlock et J.D. Morrey, édés. (New York: Rowman & Littlefield), pp. 175-182.
- Ares, A. et Brauer, D. (2005). Aboveground biomass partitioning in loblolly pine silvopastoral stands: Spatial configuration and pruning effects. *For. Ecol. & Mgmt* 219: 176-184.
- Ares, A., St. Louis, D. et Brauer, D. (2003). Trends in tree growth and understory yield in silvopastoral practices with southern pines. *Agrof. Syst.* 59: 27-33.
- Bayala, J., Teklehaimanot, Z. et Ouedraogo, S.J. (2002). Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso. *Agrof. Syst.* 54: 203-214.
- BBC News (2002). Food Summit "Waste of Time". British Broadcasting Corporation, 13 juin. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/2042664.stm> Consulté le 17 juin 2008.
- BBC News (2007). Will biofuel leave the poor hungry? British Broadcasting Corporation, 3 octobre. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/7026105.stm> Consulté le 17 juin 2008.
- BBC News (2008). UN Food Body "Should Be Scrapped". British Broadcasting Corporation, 5 mai. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/africa/7383628.stm> Consulté le 17 juin 2008.

- Beattie, A. et Williams, F. (2006). US blamed as trade talks end in acrimony. *Financial Times*, 24 juillet. <http://www.ft.com/cms/s/0/dfa460d0-1afd-11db-b164-0000779e2340.html> Consulté le 4 juin 2008.
- Belsky, A.J. (1994). Influences of trees on savanna productivity: Tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecol.* 75: 922-932.
- Benbrook, C.M. (2005). Rust, Resistance, Run Down Soils and Rising Costs – Problems Facing Soybean Producers in Argentina. *Ag. Biotech Infonet* 8: 1-53.
- Bertomeu, M. (2005). Reviving the Philippine wood industry with farm-grown trees: evidence from northern Mindanao. Résumé de conférence présenté au 5th Regional Conference on Environment and Development in the Sierra Madre, 11 au 15 avril 2005. Luzon, Philippines, ICRAF.
- Bishop, J., Kapila, S., Hicks, F., Mitchell, P. et Vorhies, F. (2008). *Building Biodiversity Business* (London : IUCN).
- Blackman, A., Albers, H., Ávalos-Sartorio, B. et Crooks, L. (2005). *Deforestation and Shade Coffee in Oaxaca, Mexico* (Washington : RFF).
- Borsari, B. (1999). Teaching Agriculture in Tropical Africa: Understanding the Local Culture for the Design of a Sustainable Curriculum. *J. of Sust. Dev. in Af.* 1: 30-38.
- Bos, M.M., Steffan-Dewenter, I. et Tschamtker, T. (2007). The contribution of cacao agroforests to the conservation of lower canopy ant and beetle diversity in Indonesia. *Bio. & Cons.* 16: 2429-2444.
- Bouma, J. (2002). Land quality indicators of sustainable land management across scales. *Ag., Ecosyst. & Env.* 88: 129-136.

- Bourdeau, L., Marcotte, P. et Doyon, M. (2002). Revue de littérature – Les définitions de l'agrotourisme. Présentée au groupe de concertation sur l'agrotourisme au Québec du MAPAQ. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/545DAC02-40A3-4E12-AFA7-E96A1E9FECC7/0/ULdefinitions.pdf> Consulté le 17 juin 2008.
- Broadhead, J.S., Ong, C.K. et Black, C.R. (2003). Tree phenology and water availability in semi-arid agroforestry systems. *For. Ecol. & Mgmt* 180: 61-73.
- Bryant, J.P., Chapin, F.S. et Klein, D.R. (1983). Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40: 357-368.
- Bryant, R.L. (1998). Power, knowledge and political ecology in the third world: a review. *Prog. in Phys. Geog.* 22: 79-94.
- Budidarsono, S., Arifatmi, B., de Foresta, H. et Tomich, T.P. (2000). Damar Agroforest Establishment and Sources of Livelihood: A Profitability Assessment of Damar Agroforest System in Krui, Lampung, Sumatra, Indonesia – Southeast Asia Policy Research Working Paper no. 17 (Bogor : ICRAF).
- Burke, I.C., Lauenroth, W.K., Vinton, M.A., Hook, P.B., Kelly, R.H., Epstein, H.E., Aguiar, M.R., Robles, M.D., Aguilera, M.O., Murphy, K.L. *et al.* (1998). Plant-soil Interactions in Temperate Grasslands. *Biogeochem.* 42: 121-143.
- Burner, D.M. et Brauer, D.K. (2003). Herbage response to spacing of loblolly pine trees in a minimal management silvopasture in southeastern USA. *Agrof. Syst.* 57: 69-77.
- Calder, I.R., Rosier, P.T.W., Prasanna, K.T. et Parameswarappa, S. (1997). Eucalyptus water use greater than rainfall input – a possible explanation from southern India. *Hyd. & Earth Syst. Sci.* 1: 249-256.
- Carpenter, S.R. et Folke, C. (2006). Ecology for Transformation. *TREE* 21: 309-315.

- Carsan, S. et Holding, C. (2006). Growing farm timber: practices, markets and policies – The Meru timber marketing pilot programme case studies and reviews (Nairobi : ICRAF).
- Cashore, B., Gale, F., Meidinger, E. et Newsom D. (2006). Confronting Sustainability: Forest Certification in Developing and Transitioning Countries, School of Forestry and Environmental Studies Report no. 8 (New Haven : Yale University Press).
- Caveness, F.A. et Kurtz, W.B. (1993). Agroforestry adoption and risk perception by farmers in Senegal. *Agrof. Syst.* 21: 11-25.
- Central Intelligence Agency (2008). The World Factbook.
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2046.html>
Consulté le 30 avril 2008.
- Chomitz, K.M. (1999). Evaluating Carbon Offsets from Forestry and Energy Projects: How Do They Compare? World Bank Policy Research Working Paper No. 2357 (Washington : The World Bank).
- Chossudovsky, M. (1998). La mondialisation de la pauvreté (Montréal : Éditions Écosociété).
- Cleaver, H.M. (1972). The Contradictions of the Green Revolution. *The American Ec. Rev.* 62: 177-186.
- Colchester, M. (1998). Salvaging Nature: Indigenous Peoples, Protected Areas and Biodiversity Conservation – Discussion Paper No. 55 (Genève : UNRISD)
- Colchester, M., Sirait, M.T. et Wijardjo, B. (2003). The Application of FSC Principles No. 2 and 3 in Indonesia: Obstacles and Possibilities (New York : The Rainforest Foundation).

- Coleman, D.C. et Crossley, D.A. (1996). *Fundamentals of Soil Ecology* (San Diego : Academic Press).
- Collier, U. (1998). The environmental dimensions of deregulation: an introduction. Dans *Deregulation in the European Union*, U. Collier, éd. (London : Routledge), pp. 3-22.
- Conway, G. (1997). *The Doubly Green Revolution – Food for All in the Twenty-First Century* (Ithaca : Cornell University Press).
- Cooper, P.J.M., Leakey, R.R.B., Lao, M.R. et Reynolds, L. (1996). Agroforestry and the mitigation of land degradation in the humid and sub-humid tropics of Africa. *Exp. Ag.* 32: 235-290.
- Costanza, R. et Daly, H.E. (1992). Natural Capital and Sustainable Development. *Cons. Biol.* 6: 37-46.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J. *et al.* (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nat.* 387: 253-260.
- Current, D., Lutz, E. et Scherr, S.J. (1995). The costs and benefits of agroforestry to farmers. *The World Bank Res. Obs.* 10: 151-180.
- Current, D. et Scherr, S.J. (1995). Farmer costs and benefits from agroforestry and farm forestry projects in Central America and the Caribbean: implications for policy. *Agrof. Syst.* 30: 87-103.
- Daily, G., Dasgupta, P., Bolin, B., Crosson, P., du Guerny, J., Ehrlich, P., Folke, C., Jansson, A.M., Jansson, B.O., Kautsky, N. *et al.* (1998). Global Food Supply: Food Production, Population Growth, and the Environment. *Science* 281: 1291-1292.

- Dale, V.H. et Beyeler, S.C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecol. Ind.* 1: 3-10.
- Das, R., Steege, A., Baron, S., Beckman, J. et Harrison, R. (2001). Pesticide-related illness among migrant farm workers in the United States. *Int. J. of Occ. & Env. Health* 7: 303-312.
- Department for International Development (2001). Addressing the Water Crisis – Healthier and more Productive Lives for Poor People, Government of England. <http://www.dfid.gov.uk/pubs/files/tspwater.pdf> Consulté le 4 juin 2008.
- De Costa, W.A.J.M., Surethran, P. et Attanayake, K.B. (2005). Tree-crop interactions in hedgerow intercropping with different tree species and tea in Sri Lanka: 2. Soil and plant nutrients. *Agrof. Forum* 63: 211-218
- Djossa, B.A., Fahr, J., Wiegand, T., Ayihouénou, B.E., Kalko, E.K. et Sinsin, B.A. (2008). Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. *Agrof. Syst.* 72: 205-220.
- Dossa, E.L., Fernandes, E.C.M., Reid, W.S. et Ezui, K. (2008). Above- and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. *Agrof. Syst.* 72: 103-115.
- Dove, M.R. (1992). Foresters' beliefs about farmers: a priority for social science research in social forestry. *Agrof. Syst.* 17: 13-41.
- Downing, M., Volk, T.A., Schmidt, D.A. (2004). Development of new generation cooperatives in agriculture for renewable energy research, development, and demonstration projects. *Biom. & Bioen.* 28: 425-434.

- Droppelmann, K.J., Lehmann, J., Ephrath, J.E. et Berliner, P.R. (2000). Water use efficiency and uptake patterns in a runoff agroforestry system in an arid environment. *Agrof. Syst.* 49: 223-243.
- Duraiappah, A.K. (1998). Poverty and environmental degradation : a review and analysis of the nexus. *World Dev.* 26: 2169-2179.
- Duraiappah, A.K. (2006). *Markets for Ecosystem Services – A Potential Tool for Multilateral Environmental Agreements* (Winnipeg : IISD).
- Economic Research Service (2002). 2002 Farm Bill – Title I: Commodity Programs Highlights. <http://www.ers.usda.gov/Features/farmbill/titles/titleIcommodities.htm>
Consulté le 4 juin 2008.
- Environnement Canada (2008). Glossaire.
http://www.ec.gc.ca/water/fr/info/gloss/f_gloss.htm Consulté le 17 juin 2008.
- Erikson, J.D. (2000). Endangering the economics of extinction. *Wild. Soc. Bul.* 28: 34-41.
- Evenson, R.E. et Gollin, D. (2003). Assessing the Impacts of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300: 758-762.
- Fanslow G. (2007). Prosperity, Pollution, and the Green Revolution. *Rice Today* 6: 35-39.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (1995). *Land and environmental degradation and desertification in Africa* (Rome : FAO).
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2004). *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde – Suivi des progrès accomplis en vue de la réalisation des objectifs du Sommet mondial de l'alimentation et de la Déclaration du Millénaire* (Rome : FAO).

- FAO (Food and Agriculture Organization) (2005a). Realizing the economic benefits of agroforestry: experiences, lessons and challenges. Dans *State of the World's Forests*, FAO Forestry Department, éd. (Rome : FAO), pp. 88-97.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2005b). *The State of Food and Agriculture – Agricultural Trade and Poverty: Can Trade Work for the Poor?* FAO Agriculture Series no. 36 (Rome : FAO).
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2006a). *Évaluation des ressources forestières mondiales 2005 – les 15 résultats principaux* (Rome : FAO).
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2006b). *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2006 – Éradiquer la faim dans le monde : bilan 10 ans après le sommet mondial de l'alimentation* (Rome : FAO).
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2008). *Introduction to the Coffee Market*. http://www.coffee-ota.org/3_5_market.asp Consulté le 27 mai 2008.
- Fernandez, M.E., Gyenge, J.E., Dalla Salda, G. et Schlichter, T.M. (2002). Silvopastoral systems in northwestern Patagonia I: growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. *Agrof. Syst.* 55: 27-35.
- Fernandez, M.E., Gyenge, J.E. et Schlichter, T.M. (2004). Shade acclimation in the grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and foliage orientation. *Agrof. Syst.* 60: 159-166.
- Ferraro, P.J. et Kiss, A. (2002). Direct Payments to Conserve Biodiversity. *Science* 298: 1718-1719.
- Ferraro, P.J. et Kiss, A. (2003). Response to “Will Direct Payments Help Biodiversity?” *Science* 299: 1981-1982.

- Ferraro, P.J. et Simpson, R.D. (2001). Cost-Effective Conservation: A Review of What Works to Preserve Biodiversity. *Res. 143*: 17-20.
- Ferreira Maia, S.M., Xavier, F.A.S., Oliveira, T.S., Mendonça, E.S. et Filho, J.A.A. (2007). Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. *Agrof. Syst. 71*: 127-138.
- Field, B. et Olewiler, N. (2005). *Environmental Economics – 2nd edition* (New York : McGraw-Hill Ryerson).
- Filion, G., Langlois, S. et Marin, L. (2008). La crise alimentaire : problème global, impact local. Radio-Canada, 23 avril.
<http://www.radio-canada.ca/nouvelles/International/2008/04/22/008-crise-alimentaire-accueil.shtml> Consulté le 4 juin 2008.
- Fischer, A. et Vasseur, L. (2002). Smallholder perceptions of agroforestry projects in Panama. *Agrof. Syst. 54*: 103-113.
- Forsyth, K., Haley, D. et Kozak, R. (1999). Will Consumers Pay More for Certified Wood Products? *J. of For. 9*: 19-22.
- Fortmann, L. et Rocheleau, D. (1985). Women and agroforestry: four myths and three case studies. *Agrof. Syst. 2*: 253-272.
- Friedmann, H. (2002). The International Political Economy of Food: a Global Crisis. Dans *Food in the USA – A Reader*, C.M. Counihan, éd. (London : Routledge), pp. 325-346.
- Friends of the Earth et Global Forest Coalition (2005). *Nature for sale – the new markets 1: selling our carbon* (Amsterdam : Friends of the Earth International).

- FSC Canada (Forest Stewardship Council of Canada) (2008). Principles and Criteria. <http://www.fsccanada.org/principlesandcriteria.htm> Consulté le 4 juin 2008.
- Gangadharappa, N.R., Shivamurthy, M. et Ganesamoorthi, S. (2003). Agroforestry - A viable alternative for social, economic and ecological sustainability. Résumé de conférence présenté lors du 12^{ième} Congrès forestier mondial, 21 au 28 septembre 2003. Québec, Canada, FAO.
- Garrity, D.P. (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agrof. Syst.* 61: 5-17.
- Gaskell, G., Bauer, M.W., Durant, J. et Allum, N.C. (1999). Worlds Apart? The Reception of Genetically Modified Foods in Europe and the U.S. *Science* 285: 384-387.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C. et Seoane, S. (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biol. & Biochem.* 37: 877-887.
- Global Forest Coalition (2006). You Cannot Save It If You Cannot Sell It? How Environmental Services Markets Impoverish People. <http://www.wrm.org.uy/gfc/CANNOTSAVEIT.pdf> Consulté le 4 juin 2008.
- González, A.A. et Nigh, R. (2005). Smallholder participation and certification of organic farm products in Mexico. *J. of Rur. St.* 21: 449-460.
- Gouyon, A. (2003). Eco-Certification as an Incentive to Conserve Biodiversity in Rubber Smallholder Agroforestry Systems: A Preliminary Study (Nairobi : ICRAF).
- Grado, S.C., Hovermale, C.H. et St. Louis, D.G. (2001). A financial analysis of a silvopasture system in southern Mississippi. *Agrof. Syst.* 53: 313-322.

- Grain (2004). FAO declares war on farmers, not on hunger – Open letter to Jacques Diouf. http://www.grain.org/front_files/FAO-pressrelease-june-2004-en.pdf Consulté le 17 juin 2008.
- Harvey, C.A. et González Villalobos, J.A. (2007). Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Bio. & Cons.* 16: 2257-2292.
- Hector, A. Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M.C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P.G., Finn, J.A., Freitas, H., Giller, P.S., Good, J. *et al.* (1999). Plant Diversity and Productivity Experiments in European Grasslands. *Science* 286: 1123-1127.
- Hernández-Castillo, R.A. et Nigh, R. (1998). Global Processes and Local Identity among Mayan Coffee Growers in Chiapas, Mexico. *Am. Anth.* 100: 136-147.
- Hinrichsen, D. (1997). Gagner la course à l'alimentation. *Pop. Rep.* 13: 1-23.
- Hodges, C.F., Campbell, D.A. et Christians, N. (1993). Evaluation of *Streptomyces* for bio-control of *Bipolaris sorokiniana* and *Sclerotinia homoeocarpa* on the phylloplane of *Poa pratensis*. *J. of Phyt.* 139: 103-109.
- Holland, J.M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Ag., Ecosyst. & Env.* 103: 1-25.
- Holmgren, M., Scheffer, M. et Huston, M.A. (1997). The Interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecol.* 78: 1966-1975.
- Hoskins, M.W. (1987). Agroforestry and the Social Milieu. Dans *Agroforestry: A Decade of Development*, H.A. Steppeler et P.K.R. Nair, éd. (Nairobi : ICRAF), pp. 191-204.

- Huang, W. (1997). Influence of different *Taxodium ascendens* stands on the open ranges and system performances in Jiangsu Province, China. *Agrof. Syst.* 37: 241-252.
- ICA (International Co-operative Alliance) (2007). Statement on the Co-operative Identity. <http://www.ica.coop/coop/principles.html> Consulté le 17 juin 2008.
- International Coffee Organization (2008). Exports by Exporting Countries to all Destinations. <http://www.ico.org/prices/m1.htm> Consulté le 27 mai 2008.
- International Food Policy Research Institute (2002). The Green Revolution – Curse or Blessing ? (Washington : IFPRI).
- International Organization for Sustainable Development (2005). What is Sustainable Development (SD) ? <http://www.iosd.org/sustainable.asp> Consulté le 2 avril 2008.
- International Planning Committee on Food Sovereignty (2002). La souveraineté alimentaire : un droit pour tous – déclaration du forum des ONG/OSC pour la souveraineté alimentaire. <http://www.foodsovereignty.org/new/documents.php> Consulté le 4 juin 2008.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Changes) (2007). Climate Change 2007 – Synthesis Report (Cambridge : Cambridge University Press).
- Isaac, M.E., Ulzen-Appiah, F., Timmer, V.R. et Quashie-Sam, S.J. (2007). Early growth and nutritional response to resource competition in cocoa-shade intercropped systems. *Plt Soil* 298: 243-254.
- Jackson, J. et Ash, A.J. (1998). Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of northeastern Australia: influence of trees on pasture productivity. *Agrof. Syst.* 40: 159-176.

- Jackson, N.A., Wallace, J.S. et Ong, C.K. (2000). Tree pruning as a means of controlling water use in an agroforestry system in Kenya. *For. Ecol. & Mgmt 126*: 133-148.
- Jama, B., Kiwia, A. et Njui, A. (2004). Market-oriented agroforestry: options and strategies for their dissemination in East and Central Africa (Nairobi: ICRAF).
- Jenkins, M., Scherr, S.J. et Inbar, M. (2004). Markets for Biodiversity Services: Potential Roles and Challenges. *Env. 46*: 32-42.
- Jepma, C.J. (1995). *Tropical Deforestation: A Socio-Economic Approach* (London : Earthscan Publications)
- Kajembe, G.C., Julius, F., Nduwamungu, J., Mtakwa, P.W. et Nyange, D.A. (2005). Impact of indigenous-based interventions on land conservation: a case study of a soil conservation and agroforestry project, Arumeru District, Tanzania. *Land Deg. & Dev. 16*: 311-325.
- Källander, I. et Rundgren, G. (2008). *Building Sustainable Organic Sectors* (Bonn : IFOAM).
- Kass, D.C.L., Sylvester-Bradley, R. et Nygren, P. (1997). The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. *Soil Biol. & Biochem. 29*: 775-785.
- Killick, T. (2001). Globalization and the Rural Poor. *Dev. Pol. Rev. 19*: 155-180.
- Krebs, C.J. (2001). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance – 5th edition* (Menlo Park : Benjamin Cummings).
- Kuiper, H.A., Kleter, G.A., Noteborn, H.P.J.M. et Kok, E.J. (2001) Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. *Plt J. 27*: 503-528.

- Kumar, P. (2005). Market for Ecosystem Services (Winnipeg : IISD).
- Kürsten, E. et Burschel, P. (1993). CO₂-mitigation by agroforestry. *Wtr, Air, and Soil Pol.* 70: 533-544.
- Lal, R. (1998). Global Soil Erosion by Water and Carbon Dynamics. Dans *Soils and Global Change*, R. Lal, J. Kimble, E. Levine et B.A. Stewart, éd. (Boca Raton : CRC Press), pp. 131-142.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Deg. & Dev.* 12: 519-539.
- Lappe, F.M. (2008). The Only Fitting Tribute. *The Nation*, 20 mars. <http://www.thenation.com/doc/20080407/lappe> Consulté le 4 juin 2008.
- Lappe, F.M., Collins, J., Rosset, P. et Esparza, L. (1998). *World Hunger – Twelve Myths* (New York : Grove Press).
- Leakey, R.R.B., Tchoundjeu, Z., Schreckenberg, K., Shackleton, S.E. et Shackleton, C.M. (2005). Agroforestry Tree Products (AFTPs): Targeting Poverty Reduction and Enhanced Livelihoods. *Int. J. of Ag. Sust.* 3: 1-23.
- Logue, J. et Yates, J. (2005). Productivity in cooperatives and worker-owned enterprises: ownership and participation make a difference – Background paper for the World Employment Report 2004-05 (Geneva : International Labour Office).
- Long, A.J. et Nair, P.K.R. (1999). Trees outside forests: agro-, community, and urban forestry. *New For.* 17: 145-174.
- Lott, J.E., Howard, S.B., Ong, C.K. et Black, C.R. (2000a). Long-term productivity of a *Grevillea robusta*-based overstorey agroforestry system in semi-arid Kenya: I. Tree growth. *For. Ecol. & Mgmt* 139: 175-186.

- Lott, J.E., Howard, S.B., Ong, C.K. et Black, C.R. (2000b). Long-term productivity of a *Grevillea robusta*-based overstorey agroforestry system in semi-arid Kenya: II. Crop growth and system performance. *For. Ecol. & Mgmt* 139: 187-201.
- Lotter, D.W. (2003). Organic Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 21: 59-128.
- Ludwig, F., de Kroon, H., Berendse, F. et Prins, H.H.T. (2004). The influence of savanna trees on nutrient, water and light availability and the understorey vegetation. *Plant Ecol.* 170: 93-105.
- Ma, M., Tarmi, S. et Helenius, J. (2002). Revisiting the species–area relationship in a semi-natural habitat: floral richness in agricultural buffer zones in Finland. *Ag., Ecosyst. & Env.* 89: 137-148.
- MacArthur, R.H. (1955). Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecol.* 36: 533-536.
- Mahoney, K.J. et Swanton, C.J. (2008). Nitrogen and Light Affect the Adaptive Traits of Common Lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Sci.* 56: 75-85.
- Maithya, J.M., Kimenye, L.N., Mugivane, F.I. et Ramisch, J.J. (2006). Profitability of agro-forestry based soil fertility management technologies: the case of small holder food production in Western Kenya. *Nut. Cyc. in Agroecosyst.* 76: 355-367.
- Malik, S.J. (1998). *Rural Poverty and Land Degradation: A Reality Check for the CGIAR* (Rome : FAO).
- Manlay, R.J., Chotte, J.L., Masse, D., Laurent, J.Y. et Feller, C. (2002). Carbon, nitrogen and phosphorus allocation in agro-ecosystems of a West African savanna III: Plant and soil components under continuous cultivation. *Ag., Ecosyst. & Env.* 88: 249-269.

- McCann, K.S. (2000). The diversity-stability debate. *Nat.* 405: 228-233.
- MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs Québec). (2002). À propos du développement durable. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/definition.htm> Consulté le 21 février 2008.
- Meloni, S. (1999). A simplified description of the three-dimensional structure of agroforestry trees for use with a radiative transfer model. *Agrof. Syst.* 43: 121-134.
- Menezes, F. (2001). Food Sovereignty: A Vital Requirement for Food Security in the Context of Globalization. *Dev.* 44: 29-33.
- Mengistu, S., Keftasa, D. et Yami, A. (2002). Productivity of four sesbania species on two soil types in Ethiopia. *Agrof. Syst.* 54: 235-244.
- Mercer, D.E. (2004). Adoption of agroforestry innovations in the tropics: A review. *Agrof. Syst.* 61: 311-328.
- Mercer, D.E. et Miller, R.P. (1997). Socioeconomic research in agroforestry: progress, prospects, priorities. *Agrof. Syst.* 38: 177-193.
- Michon, G. et de Foresta, H. (1998). Agro-forests: Incorporating a Forest Vision in Agroforestry. Dans *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, L. Buck, J.P. Lassoie et E.C.M. Fernandes, éd. (Boca Raton : CRC Press), pp. 381-406.
- Moguel, P. et Toledo, V.M. (1996). El café en México – Ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43: 40-51.
- Moguel, P. et Toledo, V.M. (1999). Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Cons. Biol.* 13: 11-21.

- Montagnini, F. et Nair, P.K.R. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agrof. Syst.* 61: 281-295.
- Montambault, J.R. et Alavalapati, J.R.R. (2005). Socioeconomic research in agroforestry: a decade in review. *Agrof. Syst.* 65: 151-161.
- Mrosek, T., Balsillie, D. et Schleifenbaum, P. (2006). Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level: Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton Forest and Wild Life Reserve in Ontario, Canada. *For. Pol. & Ec.* 8: 593-609.
- Murdiyarso, D., van Noordwijk, M., Wasrin, U.R., Tomich, T.P. et Gillison, A.N. (2002). Environmental benefits and sustainable land-use options in the Jambi transect, Sumatra. *J. of Veg. Sci.* 13: 429-438.
- Murniati, D., Garrity, P. et Gintings, A.N. (2001). The contribution of agroforestry systems to reducing farmers' dependence on the resources of adjacent national parks: a case study from Sumatra, Indonesia. *Agrof. Syst.* 52: 171-184.
- Muthuri, C.W., Ong, C.K., Black, C.R., Ngumi, V.W. et Mati, B.M. (2005). Tree and crop productivity in *Grevillea*, *Alnus* and *Paulownia*-based agroforestry systems in semi-arid Kenya. *For. Ecol. & Mgmt* 212: 23-39.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. et Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nat.* 403: 853-858.
- Nair, P.K.R. (1985). Classification of Agroforestry Systems. *Agrof. Syst.* 3: 97-128.
- Nair, P.K.R. (1993). *An Introduction to Agroforestry* (Dordrecht : Kluwer Academic Publishers).

- Nair, P.K.R. (2007). The Coming of Age of Agroforestry. *J. of Sci. of Food & Ag.* 87: 1613-1619.
- Nair, V.D. et Graetz, D.A. (2004). Agroforestry as an approach to minimizing loss from heavily fertilized soils: The Florida experience. *Agrof. Syst.* 61: 269-279.
- Neef, A. et Heidhues, F. (1994). The role of land tenure in agroforestry: lessons from Benin. *Agrof. Syst.* 27: 145-161.
- Neupane, R.P. et Thapa, G.B. (2001). Impact of agroforestry intervention on soil fertility and farm income under the subsistence farming system of the middle hills, Nepal. *Ag., Ecosyst. & Env.* 84: 157-167.
- Nissen, T.M. et Midmore, D.J. (2002). Stand basal area as an index of tree competitiveness in timber intercropping. *Agrof. Syst.* 54: 51-60.
- NRCS (National Resources Conservation Service) (2000). Alternatives Enterprises: For Higher Profits and Healthier Land – United States Department of Agriculture. <ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/Economics/AltEnterprise/Alternatvbroch.pdf> Consulté le 17 juin 2008.
- Nygren, P. et Ramirez, C. (1995). Production and turnover of N₂ fixing nodules in relation to foliage development in periodically pruned *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae) tree. *For. Ecol. & Mgmt* 73: 59-73.
- Oba, G., Nordal, I., Stenseth, N.C., Stave, J., Bjora, C.S., Muthondeki, J.K. et Bii, W.K.A. (2001). Growth performance of exotic and indigenous tree species in saline soils in Turkana, Kenya. *J. of Arid Env.* 47: 499-511.
- Obiri, B.D., Bright, G.A., McDonald, M.A., Anglaaere, L.C.N. et Cobbina, J. (2007). Financial analysis of shaded cocoa in Ghana. *Agrof. Syst.* 71: 139-149.

- Odum, E.P. (1959). *Fundamentals of ecology*, 2nd edition (Philadelphia : Saunders).
- Odum, H.T. (1971). *Environment, Power and Society* (Hoboken : John Wiley & Sons).
- Oelbermann, M., Voroney, R.P., Kass, D.C.L. et Schlönvoigt, A.M. (2005). Above- and below-ground carbon inputs in 19-, 10- and 4-year-old Costa Rican Alley cropping systems. *Ag., Ecosyst. & Env.* 105: 163-172.
- Okorio, J., Byenkya, S., Wajja, N. et Peden, D. (1994). Comparative performance of seventeen upperstorey tree species associated with crops in the highlands of Uganda. *Agrof. Syst.* 26: 185-203.
- Okullo, J.B.L. et Waithum, G. (2007). Diversity and conservation of on-farm woody plants by field types in Paromo Subcounty, Nebbi District, north-western Uganda. *Af. J. of Ecol.* 45: 59-66.
- Ong, C.K. et Leakey, R.R.B. (1999). Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. *Agrof. Syst.* 45: 109-129.
- Ong, C.K., Wilson, J., Deans, J.D., Mulayta, J., Raussen, T. et Wajja-Musukwe, N. (2002). Tree-crop interactions: manipulation of water use and root function. *Ag. Wtr Mngmt* 53: 171-186.
- Orton, L. (2003). *GM crops: going against the grain* (London: Action Aid).
- Osei-Bonsu, K., Opoku-Ameyaw, K., Amoath, F.M. et Oppong, F.K. (2002). Cacao-coconut intercropping in Ghana: agronomic and economic perspectives. *Agrof. Syst.* 55: 1-8.
- Pagiola, S., Agostini, P., Gobbi, J., de Haan, C., Ibrahim, M., Murgueitio, E., Ramírez, E., Rosales, M. et Ruíz, J.P. (2004). Paying for Biodiversity Conservation Services in

Agricultural Landscapes, Environmental Economics Series Paper 96 (Washington : World Bank).

Pagiola, S. et Ruthenberg, I.M. (2002). Selling Biodiversity in a Coffee Cup: Shade-grown Coffee and Conservation in Mesoamerica. Dans *Selling Forest Environmental Services – Market-Based Mechanisms for Conservation and Development*, S. Pagiola, J. Bishop et N. Landell-Mills, éd. (London : Earthscan Publications), pp. 103-126.

Paoletti, M.G. et Pimentel, D. (1996). Genetic Engineering in Agriculture and the Environment. *Biosci.* 46: 665-673.

Pattanayak, S.K., Mercer, D.E., Sills, E. et Yang, J.C. (2003). Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agrof. Syst.* 57: 173-186.

Perfecto, I., Rice, R.A., Greenberg, R. et Van der Voort, M.E. (1996). Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *Biosci.* 46: 598-608.

Perfecto, I., Vandermeer, J., Mas, A. et Soto-Pinto, L. (2005). Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecol. Ec.* 54: 435-446.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. *et al.* (1995). Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science* 267: 1117-1123.

Pimentel, D., Houser, J., Preiss, E., White, O., Fang, H., Mesnick, L., Barsky, T., Tariche, S., Schreck, J. et Alpert, S. (1997a). Water Resources: Agriculture, the Environment, and Society. *Biosci.* 47: 97-106.

- Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. et Cliff, B. (1997b). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *Biosci.* 47: 747-757.
- Primack, R.B. (2002). *Essentials of Conservation Biology – 3rd edition* (Sunderland : Sinauer Associates, Inc. Publishers).
- Pollan, M. (2001). How Organic Became a Marketing Niche and a Multibillion-Dollar Industry. *The New York Times Magazine May 13*: 30-65.
- Quisumbing, A.R., Brown, L.R., Feldstein, H.S., Haddad, L. et Pena, C. (1995). Women: The Key to Food Security – Food Policy Report. (Washington : IFPRI).
- Rao, M.R., Palada, M.C. et Becker, B.N. (2004). Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems. *Agrof. Syst.* 61: 107-122.
- Rasul, G. et Thapa, G.B. (2004). Sustainability of ecological and conventional agricultural systems in Bangladesh: an assessment based on environmental, economic and social perspectives. *Ag. Syst.* 79: 327-351.
- Redclift, M. (1987). *Sustainable Development – Exploring the Contradictions* (London : Routledge).
- Reeves, D.W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil & Till. Res.* 43: 131-167.
- Reitsma, R., Parrish, J.D. et McLarney, W. (2001). The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in southeastern Costa Rica. *Agrof. Syst.* 53: 185-193.

- Retnowati, E. (2003). Sustainable Development through a Complex Agroforestry System in Indonesia. Résumé de conférence présenté lors du 12^{ième} Congrès forestier mondial, 21 au 28 septembre 2003. Québec, Canada, FAO.
- Rice, R.A. (2001). Noble goals and challenging terrain: organic and fair trade coffee movements in the global marketplace. *J. of ag. & env. eth.* 14: 39-66.
- Rich, B. (1994). *Mortgaging the Earth – The World Bank, Environmental Impoverishment, and the Crisis of Development* (Boston : Beacon Press).
- Romero-Alvarado, Y., Soto-Pinto, L., García-Barrios, L. et Barrera-Gaytan, J.F. (2002). Coffee yields and soil nutrients under the shades of *Inga* sp. vs. multiple species in Chiapas, Mexico. *Agrof. Syst.* 54: 215-224.
- Rosset, P. (2007). Food Sovereignty and Agrarian Reform: Alternative Model for Rural World – LРАН Briefing Paper. <http://www.social.org.br/revistalran.pdf#page=64> Consulté le 17 juin 2008.
- Rozados-Lorenzo, M.J., González-Hernández, M.P. et Silva-Pando, F.J. (2007). Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. *Agrof. Syst.* 70: 53-62.
- Rozelle, S. (1997). Poverty, population and environmental degradation in China. *Food Pol.* 22: 229-251.
- Runge, C.F. et Senauer, B. (2007). How Biofuels Could Starve the Poor. *Foreign Affairs*, édition de mai/juin. <http://www.foreignaffairs.org/20070501faessay86305/c-ford-runge-benjamin-senauer/how-biofuels-could-starve-the-poor.html> Consulté le 17 juin 2008
- Sanchez, P.A. (1995). Science in agroforestry. *Agrof. Syst.* 30: 5-55.

- Schippmann, U., Leaman, D.J. et Cunningham, A.B. (2002). Impact of Cultivation and Gathering of Medicinal Plants on Biodiversity: Global Trends and Issues. Résumé de conférence présenté lors du Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 12 et 13 octobre 2002. Rome, Italie, FAO.
- Scholes, R.J. et Archer, S.R. (1997). Tree-grass interactions in savannas. *Ann. Rev. in Ecol. & Syst.* 28: 517-544.
- Schoonover, J.E., Williard, K.W.J., Zaczek, J.J., Mangun, J.C. et Carver, A.D. (2005). Nutrient attenuation in agricultural surface runoff by riparian buffer zones in southern Illinois, USA. *Agrof. Syst.* 64: 169-180.
- Schroth, G., Lehmann, J., Rodrigues, M.R.L., Barros, E. et Macêdo, J.L.V. (2001). Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. *Agrof. Syst.* 53: 85-102.
- Seiter, S., William, R.D. et Hibbs, D.E. (1999). Crop yield and tree-leaf production in three planting patterns of temperate-zone alley cropping in Oregon, USA. *Agrof. Syst.* 46: 273-288.
- Shankarnarayan, K.A., Harsh, L.N. et Kathju, S. (1987). Agroforestry in the arid zones of India. *Agrof. Syst.* 5: 69-88.
- Shively, G.E. (2001). Poverty, consumption risk, and soil conservation. *J. of Dev. Ec.* 65: 267-290.
- Siegrist, S., Schaub, D., Pfiffner, L. et Mader, P. (1998). Does organic agriculture reduce soil erodibility ? The Results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Ag., Ecosyst. & Env.* 69: 253-264.

- Sierra, J., Dulormne, M. et Desfontaines, L. (2002). Soil nitrogen as affected by *Gliricidia sepium* in a silvopastoral system in Guadeloupe, French Antilles. *Agrof. Syst.* 54: 87-97.
- Simpson, R.D. (1999). The Price of Biodiversity. *Iss. in Sci. & Tech.* 15: 65-70.
- Sinclair, F.L. et Walker, D.H. (1999). A Utilitarian Approach to the Incorporation of Local Knowledge in Agroforestry Research and Extension. Dans *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, L. Buck, J.P. Lassoie et E.C.M. Fernandes, éds. (Boca Raton : CRC Press), pp. 245-276.
- Singh, G., Mutha, S. et Bala, N. (2007). Effect of tree density on productivity of a *Prosopis cineraria* agroforestry system in North Western India. *J. of Arid Env.* 70: 152-163.
- Smith, D.H. (1994). The issue of compatibility between cultural integrity and economic development among Native American tribes. *Am. Ind. Cult. Res. J.* 18: 177-205.
- Soil Association (2000). *The Biodiversity Benefits of Organic Farming* (Bristol : SA Press).
- Somarriba, E. (1992). Revisiting the Past: an Essay on Agroforestry Definition. *Agrof. Syst.* 19: 233-240.
- Soto-Pinto, L. Perfecto, I. et Caballero-Nieto, J. (2002). Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agrof. Syst.* 55: 37-45.
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernandez, J. et Caballero-Nieto, J. (2000). Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Ag., Ecosyst. & Env.* 80: 91-69.

- Stave, J., Oba, G., Nordal, I. et Stenseth, N.C. (2007). Traditional Ecological Knowledge of a Riverine Forest in Turkana, Kenya: Implications for Research and Management. *Biodiv. Cons.* 16: 1471-1489.
- Steinberg, R.H. et Joslin, T.E. (2003). When the Peace Ends: The Vulnerability of EC and US Agricultural Subsidies to WTO Legal Challenge. *Journal of International Economic Law* 6: 369-417.
- Steppler, H.A. et Nair, P.K.R. (1987). *Agroforestry – a decade of development* (Nairobi : ICRAF).
- Straight, R. (2007). Working trees: clean water... and so much more. *Compass* 8: 3-5.
- Styger, E., Rakotoarimanana, J.E.M., Rabevohitra, R. et Fernandes, E.C.M. (1999). Indigenous fruit trees of Madagascar: potential components of agroforestry systems to improve human nutrition and restore biological diversity. *Agrof. Syst.* 46: 289-310.
- Sulzberger, E. (2008). Agroforestry addresses climate change and poverty. <http://www.worldagroforestrycentre.org/news/default.asp?NewsID=0DEA0949-9D90-4514-B61D-32D7C4D32531> Consulté le 7 avril 2008.
- Suyamto, D.A., van Noordwijk, M., Lusiana, B., Ekadinata, A. et Khasanah, N. (2006). Prospects of adoption of tree-based systems in a rural landscape and its likely impacts on carbon stocks and farmers' welfare – ICRAF Working Paper no. 14 (Bogor : ICRAF).
- Swart, J.A.A. (2003). Will Direct Payments Help Biodiversity? *Science* 299: 1981.
- Swart, J.A.A., van der Windt, J.H. et Keulartz, J. (2001). Valuation of Nature in Conservation and Restoration. *Rest. Ecol.* 9: 230-238.

- Szott, L.T. et Kass, D.C.L. (1993). Fertilizers in agroforestry systems. *Agrof. Syst.* 23: 157-176.
- Szymanski, M. et Colletti, J. (1999). Combining the socio-economic-cultural implications of community owned agroforestry: The Winnebago Tribe of Nebraska. *Agrof. Syst.* 44: 227-239.
- Takaoka, S. (2008). Long-term growth performance of *Cordia africana* and *Grevillea robusta* trees in the Mount Kenya region. *Agrof. Syst.* 72: 169-172.
- Teklehaimanot, Z., Jones, M. et Sinclair, F.L. (2002). Tree and livestock productivity in relation to tree planting configuration in a silvopastoral system in North Wales, UK. *Agrof. Syst.* 56: 47-55.
- The Economist (2007). The End of Cheap Food. *The Economist*, 6 décembre. http://www.economist.com/research/articlesBySubject/displaystory.cfm?subjectid=7216688&story_id=10252015 Consulté le 4 juin.
- Tilman, D. (1996). Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecol.* 77: 350-363.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. et Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nat.* 418: 671-677.
- Tilman, D. et Downing, J.A. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. *Nat.* 367: 363-365.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P.B., Ritchie, M. et Siemann, E. (1997). The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes. *Science* 277: 1300-1302.

- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. et Lehman, C. (2001). Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. *Science* 294: 843-845.
- Trewavas, A. (2001). Urban myths of organic farming. *Science* 410: 409-410.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. et Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. L.* 8: 857-874.
- Tukan, J.C., Roshetko, J.M., Budidarsono, S. et Manurung, G.S. (2005). Market Chain Improvement: Linking Farmers to Markets in Nanggung, West Java, Indonesia. *ISHS Acta Hort.* 699: 1-11.
- United Nations (1997). UN Conference on Environment and Development (1992). <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html> Consulté le 2 avril 2008.
- United Nations (2007). The Millenium Development Goals Report (New York : United Nations Press).
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2001). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies – 2nd edition (New York : United Nations Press)
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2005). World Population Prospects – The 2004 Revision (New York : United Nations Press).
- United Nations Fund for Population Activities (2007). State of World Population 2007 (New York : United Nations Press).

- Unruh, J.D. (2001). Land dispute resolution in Mozambique: institutions and evidence of agroforestry technology adoption – Capri Working Paper no. 12 (Washington : IFPRI).
- U.S. Census Bureau (2007). International Data Base – World Population Information. <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpopinfo.html> Consulté le 26 février 2008.
- U.S. Department of Agriculture (2006). USDA Budget Summary 2006. <http://www.usda.gov/agency/obpa/Budget-Summary/2006/06.FFAS.htm> Consulté le 4 juin 2008.
- Viglizzo, E.F. et Roberto, Z.E. (1998). On Trade-Offs in Low-Input Agroecosystems. *Ag. Syst.* 56: 253-264.
- Wagner, J.E. et Deller, S.C. (1998). Measuring the Effects of Economic Diversity on Growth and Stability. *Land Ec.* 74: 541-556.
- Warkentin, M.E., Nair, P.K.R., Ruth, S.R. et Sprague, K. (1990). A knowledge-based expert system for planning and design of agroforestry systems. *Agrof. Syst.* 11: 71-83.
- Weiner, J. (1990). Plant Population Ecology in Agriculture. Dans *Agroecology*, C.R. Carroll, J.H. Vandermeer et P.M. Rosset, édés. (New York : McGraw-Hill), pp. 235-262.
- Wicks, B.E. et Merrett, C.D. (2003). Agritourism: An Economic Opportunity for Illinois. *Rur. Res. Rep.* 14: 1-8.
- Whittaker, R.H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.

- Willer, H. et Yussefi, M. (2007). *The World of Organic Agriculture* (Bonn : IFOAM).
- Williams, M. (2003). *Deforesting the Earth – From Prehistory to Global Crisis* (Chicago : Chicago University Press).
- Windfuhr, M. et Jonsén, J. (2005). *Food Sovereignty – Towards Democracy in Localized Food Systems* (London : ITDG Publishing)
- Wise, R. et Cacho, O. (2005). A bioeconomic analysis of carbon sequestration in farm forestry: a simulation study of *Gliricidia sepium*. *Agrof. Syst.* 64: 237-250.
- World Agroforestry Centre (2007). *Annual Report for 2006: Tackling Global Challenges Through Agroforestry* (Nairobi : WAC Press).
- World Agroforestry Centre (2008a). *Agroforestry Glossary – Agroforestry System*. <http://www.worldagroforestrycentre.org/InformationResources/A-B.asp> Consulté le 17 février 2008.
- World Agroforestry Centre (2008b). *Our History: More than 30 years of agroforestry research and development*. <http://www.worldagroforestry.org/af1/index.php?id=77> Consulté le 14 juin 2008.
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future* (Oxford : Oxford University Press).
- Xiao, P.G. (1991). The Chinese approach to medicinal plants: Their utilization and conservation. Dans *Conservation of Medicinal Plants*, O. Akerele, V. Heywood et H. Synge, édés. (Cambridge : Cambridge University Press), pp. 305-313.
- Young, A. (1989). *Agroforestry for Soil Conservation* (Wallingford : CAB International).

- Zak, M.R., Cabido, M. et Hodgson, J.G. (2004). Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future ? *Biol. Cons.* 120: 589-598.
- Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K. et Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Ag., Ecosyst. & Env.* 88: 137-146.
- Zegada-Lizarazu, W., Garcia-Apaza, E., Ephrath, J. et Berliner, P. (2007). Above and below ground development of *Acacia saligna* shrubs grown under different irrigation frequencies in an arid environment. *Plt & Soil* 297: 157-169.
- Zou, X. et Sanford, R.L. (1990). Agroforestry Systems in China: a Survey and Classification. *Agrof. Syst.* 11: 85-94.

Annexe 1
Bibliographie

- Clay, J. (2003). *World Agriculture and the Environment* (Washington : Island Press).
- Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. (2000). *North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice* (Madison : American Society of Agronomy).
- Gordon, A.M. et Newman, S.M. (1997). *Temperate Agroforestry Systems* (Cambridge : CAB International).
- Nair, P.K.R. (1989). *Agroforestry Systems in the Tropics* (Dordrecht : Kluwer Academic Publishers).
- Pagiola, S., von Ritter, K. et Bishop, J. (2004). *Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation – Environment Department Paper no. 101* (Washington : The World Bank)

