

**Le café d'ombre en forêt de montagne mexicaine : combiner la conservation de la biodiversité et la rentabilité économique des producteurs**

par  
Geneviève Durand

Essai présenté au Département de biologie  
en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale (M.E.I.)

Sous la direction de Monsieur Bill Shipley

FACULTÉ DES SCIENCES  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, septembre 2014



## Sommaire

Depuis les années 1970, un mouvement de modernisation agro-industrielle a transformé une grande partie des plantations traditionnelles de café d'ombre qui se faisaient sous couvert forestier en monocultures de café de plein soleil. Ces changements ont causé des impacts écologiques importants, particulièrement pour la biodiversité puisque le changement de paysage agroforestier à paysage agricole a provoqué la disparition de refuges pour la biodiversité. Les principales zones de caféiculture sont des zones riches en biodiversité et endémisme, ce qui signifie que la biodiversité est un enjeu important associé à la production de café. De plus, ces zones sont fortement touchées par la déforestation et la dégradation des habitats; par conséquent, elles font face à une perte de biodiversité importante. Par ailleurs, la perte de biodiversité est devenue une préoccupation internationale. Au cours de la dernière décennie, dans une quête de solutions face à cette problématique, le milieu scientifique a reconnu les agroécosystèmes de café d'ombre comme étant une opportunité potentielle pour la conservation de la biodiversité.

Le café est cultivé majoritairement par des petits producteurs dans des pays en développement à travers l'Amérique latine, l'Asie et l'Afrique. Par ailleurs, 80 pour cent de la production mondiale de café provient de plantations familiales de moins de 5 hectares. Ces producteurs choisissent les pratiques agricoles adoptées principalement en fonction des bénéfices économiques qu'ils en retirent. Lorsque des producteurs trouvent une option plus profitable, des bénéfices écologiques peuvent être perdus; par conséquent, la conservation de la biodiversité est indissociable de la rentabilité économique des petits producteurs de café d'ombre. Les plantations de café d'ombre procurent plusieurs bénéfices écologiques et socio-économiques tant aux niveaux local que global. La structure et la biodiversité de ces agroécosystèmes permettent de conserver plusieurs services écosystémiques de la forêt mature, tels que la protection contre l'érosion des sols, la captation de l'eau et du carbone, la protection des cultures contre les variations climatiques, les insectes ravageurs et les maladies. De plus, les plantations de café d'ombre permettent la diversification des cultures; par conséquent, les producteurs ont souvent d'autres sources de revenus et sont moins vulnérables aux fluctuations des prix du café. Ainsi, les plantations traditionnelles de café d'ombre comparées aux monocultures de plein soleil permettent aux producteurs de mieux faire face aux principales pressions globales, soit la fluctuation des prix du café, les variations climatiques et les insectes ravageurs et maladies.

Dans la région de la forêt de montagne mexicaine, l'expansion de l'agriculture et l'intensification des techniques agricoles sont des causes importantes de déforestation et, par conséquent, de la fragmentation des habitats tels que la forêt de nuages qui a un statut d'écosystème menacé. Le café y est cultivé par de petits producteurs ruraux souvent isolés et marginaux. Dans ce contexte, l'objectif principal de cet essai était de proposer des recommandations pour conserver la biodiversité, soutenir la productivité agricole et la qualité de vie des producteurs de café d'ombre de la région de la forêt de montagne mexicaine.

Le Mexique est bien positionné pour mettre de l'avant des actions proactives pour la conservation des plantations traditionnelles de café d'ombre puisque le café est cultivé sous un couvert d'ombre diversifié sur 39 pour cent de la superficie de production de café. Par ailleurs, dans le but d'atteindre des objectifs de conservation des plantations traditionnelles de café d'ombre, en aidant les petits producteurs de café d'Amérique latine à faire face à la baisse des prix du café, des organisations non-gouvernementales telles que l'Institut Smithsonian et la Rainforest Alliance ont élaboré des programmes de certification du café d'ombre. De plus, le gouvernement mexicain a créé un programme national de paiement pour services environnementaux (PSE) qui permet une compensation économique aux agriculteurs de culture sous ombre pour la conservation de la biodiversité. Cependant, la certification du café d'ombre et les programmes de PSE comportent certaines contraintes et limites. Par exemple, la certification peut s'avérer initialement trop coûteuse pour les petits producteurs. De plus, du côté des programmes de PSE, les efforts du gouvernement mexicain pour la création de marchés pour le maintien de la biodiversité et des services écosystémiques ne furent pas concluants et le financement du programme repose sur les fonds courants nationaux. Par conséquent, les fonds restreints limitent le nombre de producteurs qui bénéficient du programme.

Les différents éléments analysés dans cet essai ont permis d'émettre quelques recommandations générales qui peuvent s'appliquer à la région de la forêt de montagne mexicaine et également à d'autres pays producteurs de café d'ombre. En premier lieu, différents acteurs tels que les organisations gouvernementales et non-gouvernementales, les coopératives, les associations et groupes de recherche en agronomie et en écologie doivent travailler ensemble au niveau global afin de conserver les plantations traditionnelles de café d'ombre. Ces acteurs doivent encourager la conservation de la biodiversité à travers l'adoption de pratiques agricoles respectant la biodiversité

floristique et faunique, par exemple conserver les épiphytes, planter des arbres et des plantes indigènes, protéger les sites de nidification et éviter l'utilisation d'intrants chimiques. De plus, par le partage de connaissances, les associations intersectorielles agroécologiques et la coopération entre les producteurs et le milieu scientifique peuvent aider la recherche et l'adoption de pratiques agricoles pour l'amélioration de la productivité d'un système qui favorise la conservation de la biodiversité. Les coopératives et les organisations non-gouvernementales jouent un rôle important en permettant aux petits producteurs un accès au crédit et aux marchés et permettent ainsi d'augmenter la participation des producteurs aux programmes de certification. Il est également important que ces acteurs encouragent la diversification des cultures puisque cette stratégie de production permet d'augmenter les ressources disponibles pour les producteurs et leurs familles et d'obtenir un revenu additionnel par la vente de ces produits sur le marché.

Les programmes de certification du café d'ombre doivent tenir compte de la réalité propre à chaque région pour permettre d'augmenter la participation des producteurs et les bénéfices réels. De plus, ils doivent développer et inclure des mécanismes pour mesurer les changements suite à leur mise en place. Par la suite, ils doivent rendre cette information accessible et réaliser des campagnes pour rejoindre un plus grand nombre de consommateurs. Face à des résultats significatifs, les consommateurs seront davantage intéressés par le café d'ombre certifié; par conséquent, ce type de café gagnera de la popularité. Parallèlement, les programmes gouvernementaux de PSE doivent être élaborés dans une stratégie à l'échelle de paysage qui vise le maintien de corridors biologiques, le maintien de zones tampon pour les aires naturelles protégées (ANP) et la protection de sites de conservation prioritaire déterminés par des organismes de conservation et des conventions internationales telles que RAMSAR pour les sites humides de conservation prioritaire. Cette stratégie a été adoptée par la Commission forestière nationale (CONAFOR) au Mexique. Suivant l'exemple précurseur du gouvernement mexicain, les gouvernements d'autres pays devraient implanter des programmes de PSE et inclure des paiements pour la conservation de la biodiversité (PCB) en systèmes agroforestiers tels que les plantations de café d'ombre. Le développement de stratégies de mise en marché de crédits pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques associés semble être nécessaire afin d'optimiser la réussite des programmes de PSE. Dans cette perspective, plus d'études doivent être réalisées pour quantifier la biodiversité et les services écosystémiques associés aux plantations traditionnelles de café d'ombre.

## Remerciements

Je remercie sincèrement les personnes qui ont contribué à enrichir cet essai. En premier lieu, je remercie Bill Shipley pour avoir supervisé la rédaction de cet essai de façon à ce que j'adopte de la rigueur dans mon analyse. Je remercie Caroline Cloutier, coordonnatrice du programme d'écologie internationale, pour ses encouragements et ses précieux commentaires sur la structure et le contenu de mon essai. Je remercie Sophie Calmé, directrice du programme d'écologie internationale, pour avoir pris le temps de discuter avec moi de plusieurs aspects importants de la culture du café d'ombre, ainsi que pour avoir consacré du temps à la révision de cet essai.

Enfin, je remercie chaleureusement les personnes qui partagent personnellement ma vie et mes projets. Je remercie mon conjoint, Michael Labarre, pour m'avoir soutenue et encouragée tout au long du processus de rédaction. J'ai également une pensée toute spéciale pour mes deux garçons, Matis et Olivier, pour l'amour et la joie qu'ils m'apportent au quotidien.

## Table des matières

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 - LA CAFÉICULTURE : MISE EN CONTEXTE.....	4
1.1 Historique de la production de café.....	4
1.1.1 Principales variétés de caféiers et leur distribution mondiale .....	4
1.1.2 Technification des systèmes de caféiculture .....	6
1.2 Enjeux écologiques de la production de café .....	8
1.3 Aspects socio-économiques de la production de café.....	11
1.3.1 Commerce international .....	11
1.3.2 Contexte socio-économique des producteurs de café.....	13
1.3.3 Classification des systèmes de production de café.....	15
1.4 Pressions globales et risques économiques pour les producteurs de café .....	18
1.4.1 Fluctuation des prix et crises du marché .....	18
1.4.2 Variations climatiques.....	21
1.4.3 Insectes ravageurs et maladies .....	23
CHAPITRE 2 - BIODIVERSITÉ ET PROFITABILITÉ ÉCONOMIQUE DES SYSTÈMES DE CAFÉICULTURE.....	27
2.1 Complexité structurelle, biodiversité floristique et pratiques agricoles .....	28
2.1.1 Maintien de la diversité des arbres d'ombrage.....	28
2.1.2 Risques écologiques de l'introduction d'arbres exotiques .....	30
2.1.3 Strates de végétation et couvert d'ombre .....	31
2.1.4 Épiphytes : «ressource clé» .....	32
2.1.5 Richesse en espèces floristiques : implications pour la conservation .....	35
2.2 Biodiversité faunique face à l'intensification des systèmes de caféiculture .....	37
2.2.1 Oiseaux.....	39
2.2.2 Mammifères .....	43
2.2.3 Reptiles et amphibiens .....	45
2.2.4 Arthropodes.....	47
2.2.5 Richesse en espèces fauniques : implications pour la conservation.....	48
2.3 Impact des arbres d'ombrage et des services écosystémiques sur la productivité des caféiers et la qualité des grains.....	51
2.3.1 Ombre et productivité des caféiers.....	52

2.3.2	Amélioration du microclimat et de la disponibilité de l'eau dans le sol .....	55
2.3.3	Maintien de la fertilité et contrôle de l'érosion des sols.....	58
2.3.4	Diminution de la croissance de mauvaises herbes .....	61
2.3.5	Contrôle des insectes ravageurs et des maladies .....	63
2.3.6	Pollinisation des caféiers .....	66
2.4	Contribution économique des produits venant des arbres.....	68
2.5	Réduction des risques économiques et rentabilité à long terme .....	70
CHAPITRE 3 - LE CAFÉ D'OMBRE EN FORÊT DE MONTAGNE MEXICAINE : COMBINER LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ ET LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE .....		74
3.1	Importance écologique des plantations de café d'ombre en forêt de montagne.....	75
3.2	Contexte socio-économique et culturel des producteurs de café.....	79
3.3	Outils économiques : opportunités pour la conservation des plantations traditionnelles ...	81
3.3.1	Certification du café d'ombre : Bird Friendly et Rainforest Alliance.....	85
3.3.2	Opportunités et limites des programmes de certification du café d'ombre.....	91
3.3.3	Programme mexicain pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques .....	97
3.3.4	Opportunités et limites du programme mexicain de paiements pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques.....	102
3.4	Perspectives futures et recommandations.....	105
CONCLUSION .....		110
RÉFÉRENCES.....		114
ANNEXE 1 -DISTRIBUTION DES ZONES DE PRODUCTION DE CAFÉ AU MEXIQUE .		144

## Liste des tableaux

Tableau 2.1 Revenu net par hectare par année en fonction du prix du café pour 4 types de systèmes de caféiculture au centre de l'état de Veracruz, Mexique .....	72
Tableau 3.1 Pourcentage des forêts tropicales et tempérées affectées par les plantations de café dans 9 états producteurs de café au Mexique .....	76
Tableau 3.2 Distribution des plantations de café par entités fédératives au Mexique.....	80
Tableau 3.3 Principaux critères de l'Institut Smithsonian pour la certification Bird-Friendly .....	87
Tableau 3.4 Les dix principes de certification de la Rainforest Alliance.....	89
Tableau 3.5 Principaux critères de sélection pour les PCB du programme PRONAFOR .....	98
Tableau 3.6 Critères de priorité pour les PCB du programme PRONAFOR.....	99
Tableau 3.7 Principales activités obligatoires pour les bénéficiaires du programme de PSE PRONAFOR .....	99
Tableau 3.8 Résultat des programmes nationaux de PSE de la CONAFOR au Mexique pour la période 2003-2008 .....	101

## Liste des figures

Figure 1.1 Les zones de haute biodiversité et les régions de production du café.....	8
Figure 1.2 Chaîne de valeur du café.....	12
Figure 1.3 Classification des systèmes de production de café .....	16
Figure 2.1 Richesse en espèces de fourmis, de papillons et d'oiseaux dans trois différents systèmes de production de café et une parcelle de forêt à Tapachula, Chiapas, Mexique .....	38
Figure 2.2 Nombre moyen d'individus d'oiseaux selon leur préférence d'habitat .....	40
Figure 2.3 Nombre moyen d'individus d'oiseaux selon leur sensibilité aux perturbations .....	41
Figure 2.4 Production de café hypothétique pour un système sans couvert d'ombre et un couvert d'ombre de 50 pourcent en fonction de l'élévation pour des sols avec ou sans limitations.....	53
Figure 2.5 Contribution des arbres d'ombrage pour la réduction de la température de l'air ambiant .....	55
Figure 2.6 Perte moyenne d'eau par évaporation au niveau du sol et par transpiration des caféiers.....	57
Figure 2.7 Effets des arbres d'ombrage sur la fertilité et l'érosion des sols .....	59
Figure 2.8 Diagramme des principales interactions trophiques dans une plantation de café de Soconusco, Chiapas, Mexico .....	64
Figure 2.9 Contribution économique hypothétique des produits venant des arbres en fonction de la fertilité du sol et de l'altitude .....	70
Figure 3.1 Aires prioritaires pour la conservation et régions productrices de café.....	75
Figure 3.2 Sigles des certifications Bird Friendly et Rainforest Alliance .....	85
Figure 3.3 Critères pour la structure des plantations certifiées Bird Friendly.....	87

## Acronymes

ANP	Aire naturelle protégée
CBM	Corridor biologique mésoaméricain
CDB	Convention sur la diversité biologique
CNOC	Coordination nationale des organisations caféières
CONABIO	Commission nationale pour la connaissance et l'utilisation de la biodiversité
CONAFOR	Commission forestière nationale
CONANP	Commission nationale des aires naturelles protégées
OIC	Organisation internationale du café
PCB	Paiements pour la conservation de la biodiversité
PRONAFOR	Programme forestier national
PSE	Paiement pour services environnementaux ou écosystémiques
SAGARPA	Secrétariat de l'agriculture, l'élevage, le développement rural, la pêche et l'alimentation
SEMARNAT	Secrétariat de l'environnement et des ressources naturelles
RAMSAR	Convention sur les zones humides d'importance internationale

## Lexique

<i>Allélopathie</i>	Processus par lequel des organismes altèrent la chimie de l'environnement avoisinant de manière à empêcher les autres espèces de l'utiliser, typiquement avec des toxines ou des antibiotiques.
<i>Biodiversité</i>	Le nombre des espèces dans une communauté ou dans une région, qui peut être mesuré par leur abondance relative; aussi utilisé comme un concept qui englobe la diversité biologique totale incluant la diversité génétique pour une espèce, la diversité des espèces et la diversité des écosystèmes au niveau des communautés ou de l'organisation des écosystèmes.
<i>Capacité d'échange cationique</i>	Le nombre total de cations échangeables que le sol peut absorber à un pH donné.
<i>Couvert d'ombre</i>	Superficie occupée par la canopée et mesurée en pourcentage de la surface totale de la plantation.
<i>Diversité</i>	La richesse en espèces d'une communauté ou d'une aire. Une mesure plus utile pour caractériser une communauté est de combiner la richesse en espèces avec l'abondance relative des espèces présentes.
<i>Espèce endémique</i>	Espèce dont la présence à l'état naturel est restreinte à une région géographique particulière due à des facteurs d'isolation ou en réponse à des conditions climatiques ou de sol.
<i>Espèces spécialistes</i>	Espèce ayant des exigences spécifiques en termes de nourriture ou d'habitat.
<i>Espèces généralistes</i>	Espèce qui peut vivre dans une variété d'habitats et se nourrir d'une variété d'organismes.
<i>Groupe fonctionnel</i>	Regroupement d'espèces qui se base sur leur comportement, morphologie, physiologie ou sur l'utilisation des ressources.
<i>Hétérogénéité</i>	Distribution de l'abondance relative entre les espèces; variabilité des caractéristiques d'un habitat; ou diversité des habitats dans une région.
<i>Services écosystémiques</i>	Tous les processus à travers lesquels les écosystèmes naturels et la biodiversité qu'ils contiennent aident à supporter la vie humaine sur terre.
<i>Strate végétale</i>	Couche ou série de couches superposées qui sont formées par la différence dans la hauteur des arbres qui composent le couvert végétal.

## Introduction

Le café est l'un des produits primaires les plus commercialisés dans le monde, surpassé seulement par le pétrole et ses dérivés (Toledo et Moguel, 2012). Il est cultivé dans plus de 85 pays tropicaux à travers l'Amérique latine, l'Asie et l'Afrique (Toledo et Moguel, 2012). Au niveau mondial, les principales zones de culture du café coïncident avec les zones riches en biodiversité et endémisme (Mittermier et *al.*, 1998; Harner et Rice, 2002). Cette coïncidence entre la biodiversité et la culture du café est d'origine biophysique et conséquemment obligatoire. Ainsi cette culture joue un rôle important pour la conservation ou la perte de biodiversité (Perfecto et *al.*, 2003; Rappole et *al.*, 2003). Depuis les années 1970, un mouvement de modernisation agro-industrielle a transformé une grande partie des cultures de café d'ombre traditionnelles qui se faisaient sous couvert forestier en monocultures de café de plein soleil (Moguel et Toledo, 1999a; Muschler, 2006). Ces changements ont causé des impacts écologiques importants, particulièrement pour la biodiversité, puisque le changement de paysage agroforestier à paysage agricole a provoqué la disparition de refuges pour la biodiversité qui se trouvaient dans les plantations traditionnelles (Perfecto et *al.*, 1996).

En Amérique latine, la culture du café se concentre entre le Mexique et le Brésil, incluant les Caraïbes. L'espèce à l'origine des cultures traditionnelle est *Coffea arabica* L. Cette espèce produit un café de haute qualité. Pour des raisons de préférences biophysiques, elle se cultive en systèmes agroforestiers dans les régions montagneuses. Traditionnellement, les plants de café sont intercalés dans la forêt plus ou moins modifiée. Bien que ce système de culture cause la perte d'espèces végétales et animales qui se trouvaient dans la forêt (Rappole et *al.*, 2003), cette perte est considérée comme étant minime comparée aux énormes pertes de biodiversité causées par d'autres systèmes agricoles tel que les monocultures de café de plein soleil. De plus, les plantations traditionnelles de café d'ombre maintiennent mieux des services écologiques importants tels que le contrôle de l'érosion et le maintien de la fertilité des sols (Ataroff et Monasterio, 1997b; Geissert et Ibáñez, 2008), le contrôle des insectes ravageurs et des maladies (Vandermeer et *al.*, 2010), et la séquestration du carbone (Sotelo et *al.*, 2008). Durant plus de deux siècles, dans les pays d'Amérique latine, la production de café se faisait exclusivement en système agroforestier sous une ombre de densité variable (Moguel et Toledo, 2004; Muschler, 2006). Cependant, dans le processus de modernisation agro-industrielle, de nouvelles variétés de café très productives tolérant le plein soleil furent créées. Ces variétés nécessitent des fertilisants et pesticides dommageables pour les écosystèmes (Boyce et *al.*, 1994);

néanmoins, elles offrent un haut rendement. Par conséquent, les monocultures de café de plein soleil se répandirent dans une bonne partie de l'Amérique latine, particulièrement au Brésil, en Colombie et au Costa Rica (Rice et Ward, 1996; Moguel et Toledo, 2004). La surproduction due à l'intensification en Amérique latine et à l'augmentation de la production en Asie a causé la chute des prix du café sur le marché mondial en 2001. Les petits producteurs de café d'ombre ont fortement subi les conséquences sociales de cette crise et, encore aujourd'hui, ils sont fortement affectés par les continues fluctuations des prix du café (ICO, 2009). Certains vendent à perte et ont peine à couvrir le coût de la production (Perfecto et *al.*, 1996; Gresser et Tickell, 2002). Souvent, ils n'ont pas le capital nécessaire pour attendre que les prix remontent et n'ont d'autre choix que d'abandonner la culture de café d'ombre (Gresser et Tickell 2002). Pour cette raison trouver des moyens pour augmenter la rentabilité économique des petits producteurs de café d'ombre permettrait d'augmenter les bénéfices écologiques (Perfecto et *al.*, 2012).

Dans cette perspective, l'objectif principal de cet essai est d'étudier les contraintes entre le maintien de la biodiversité et de la rentabilité économique dans la culture du café et de proposer des recommandations pour conserver la biodiversité, soutenir la productivité agricole et la qualité de vie des producteurs de café d'ombre en forêt de montagne mexicaine. Le premier chapitre commence par un historique de la production de café dans le monde. Dans cette section, les principaux thèmes abordés sont : les principales variétés de caféiers, leur distribution mondiale, les aspects techniques de leur culture et la problématique associée au processus de technification des systèmes de caféiculture. Ensuite, les sections suivantes présentent les enjeux écologiques et les aspects socio-économiques de la production de café et proposent une classification des différents systèmes de production. Pour terminer ce chapitre, les principales pressions globales auxquelles les producteurs de café doivent faire face sont identifiées. Le deuxième chapitre explique comment les pratiques agricoles transforment la structure et le fonctionnement des plantations de café et comment la biodiversité répond à ces modifications. Ensuite, les implications pour la conservation de la biodiversité floristique et faunique sont identifiées et discutées. Ce chapitre se termine par une évaluation de l'impact des arbres d'ombrage sur la productivité des caféiers et la qualité des grains de café. Le troisième et dernier chapitre contient une analyse de la problématique dans le contexte de la région de montagne mexicaine. Il dresse un portrait écosystémique de la région et un portrait socio-économique des producteurs de café. Il inclut également une évaluation de deux opportunités pour combiner la rentabiliser des plantations traditionnelles et la conservation de la biodiversité, soit la certification du café d'ombre et les paiements pour les services environnementaux. Finalement, des

recommandations sont émises en fonction des pistes de solution à mettre de l'avant à la fois pour la conservation de la biodiversité et pour la réduction de la pauvreté des producteurs de café d'ombre en forêt de montagne mexicaine.

# Chapitre 1

## La caféiculture : mise en contexte

Ce chapitre débute avec un historique de la production du café dans le monde et plus particulièrement en Amérique latine. Cet historique aborde inévitablement les principales variétés de caféiers, leur distribution, les aspects techniques de leur culture, ainsi que le processus de technification des systèmes de caféiculture. La section qui présente ensuite les enjeux écologiques souligne l'importance des systèmes de cultures traditionnelles de café d'ombre pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques. Puisque, pour la plupart des producteurs, l'objectif premier de la production de café est la maximisation des profits à court terme, les stratégies de conservation doivent considérer les implications économiques de la conservation. Pour cette raison, la suite du chapitre contient une analyse du contexte socio-économique de la production du café. Il dresse un portrait du commerce international et du contexte socio-économique des producteurs de café et présente la classification des systèmes de caféiculture qui sera utilisée pour les aspects analysés dans les chapitres subséquents. Finalement, ce premier chapitre se termine en présentant les trois principales pressions globales qui ont des impacts sur les revenus des producteurs, soit la fluctuation des prix sur le marché international, les variations climatiques et l'incidence de maladies et d'insectes ravageurs.

### 1.1. Historique de la production de café dans le monde

Cette section porte sur les principales variétés de caféiers, leur distribution et les aspects techniques qui ont contribué à transformer le secteur de la production du café au niveau mondial.

#### 1.1.1. Principales variétés de caféiers et leur distribution mondiale

Les caféiers appartiennent à la famille des Rubiaceae et constituent deux genres, *Coffea* (112 espèces) et *Psilanthus* (22 espèces) (Lashermes et al., 2012). Malgré la diversité des espèces de caféiers, seulement deux sont d'importance économique : le *Coffea arabica* L. communément appelé arabica et le *Coffea canephora* P. appelé généralement robusta. Le café arabica est caractérisé par un goût délicat, fruité et finement aromatique tandis que le robusta présente un caractère puissant, corsé, épicé, marqué par l'amertume, et contient deux fois plus de caféine que l'arabica. Le café arabica est

généralement mieux apprécié du consommateur. Le robusta est principalement destiné à la fabrication du café soluble et à la préparation des mélanges arabica/robusta pour les cafés bon marché (OCDE, 2007).

Le *Coffea arabica* L. est originaire d'Afrique, plus précisément des hauts plateaux du Sud-Ouest de l'Éthiopie (Labouisse et Adolphe, 2012). Il fut cultivé pour la première fois au Yémen, au début du 15<sup>e</sup> siècle (OCDE, 2007). Vers la fin des années 1600, il fut introduit à Malabar en Inde et par la suite en 1699 à Java en Indonésie (OIC, 2013c). À partir de 1720, il fut mis en culture en Amérique latine; d'abord dans les Caraïbes et au Brésil, ensuite en d'Amérique centrale (OCDE, 2007). Le *Coffea canephora* a une histoire beaucoup plus récente puisqu'il fut découvert au 19<sup>e</sup> siècle en Afrique de l'Ouest et dans le bassin du Congo où il fut mis progressivement en culture (OCDE, 2007). Par la suite, des plants ont été exportés vers Java et vers d'autres pays propices à sa culture incluant l'Afrique équatoriale où ils furent réintroduits (Pinar, 2007).

De nos jours, les grandes zones de culture se situent principalement en Amérique latine où se fait 82% de la production contre seulement 9% en Afrique et le reste en Asie et en Océanie (Bertrand et al., 2012). Le *Coffea arabica* L. est cultivé principalement sur les fronts de montagne d'Amérique centrale et andine, où le climat frais est proche de celui de son aire d'origine, et sur de vastes plateaux brésiliens. (Bertrand et al., 2012). Il est cultivé aussi en Afrique australe, en Éthiopie et dans quelques pays d'Asie, cependant en moindre importance (OIC, 2013a). La distribution géographique du café cultivé est déterminée surtout par des besoins écologiques de l'espèce et ne peut pas être facilement changée. Le *Coffea arabica* L. nécessite une température moyenne de 20 degrés Celcius avec une variation entre 15 et 25 degrés Celcius (Muschler et al., 2006) et de 1500 à 2500 mm de précipitation moyenne annuelle, sans gelée et sans sécheresse prolongées (Moguel et Toledo, 2004). Ces préférences ont dirigé l'expansion en altitude à des élévations entre 1000 et 2000 msnm; cependant, l'altitude optimale se situe entre 1000 et 1500 msnm (Muschler et al., 2006). Néanmoins, les arabicas de haute altitude sont primés et plus recherchés puisque plus la plantation se trouve en altitude, plus l'acidité et la complexité aromatique est accentuée.

Le *Coffea canephora* est adapté aux régions chaudes et humides. Il préfère les climats chauds entre 24 et 26 degrés Celcius sans grande variation thermique et nécessite des précipitations annuelles au-dessus de 1200 mm (Charrier et al., 2012). Il est cultivé dans les régions de faible altitude inférieure à 600 msnm, principalement en Afrique et en Asie où la caféiculture a été fondée sur cette espèce

(Charrier *et al.*, 2012). En Amérique latine, il est cultivé au Brésil, en Colombie et au Mexique, cependant, en moindre importance par rapport au *Coffea arabica* L. (OIC, 2013a).

### **1.1.2. Technification des systèmes de caféiculture**

Les variétés traditionnelles de *Coffea arabica* L., telles que *typica* et *bourbon*, sont cultivées en système agroforestier sous un couvert d'ombre variant entre 60 et 90 pour cent (Perfecto *et al.*, 1996). La technification qui est souvent appelée « modernisation », consiste au remplacement des variétés traditionnelles de café par de nouvelles variétés plus productives et en la diminution ou l'élimination des arbres d'ombrage. À l'origine, le café était cultivé à l'ombre puisque les variétés traditionnelles ne supportent pas la lumière solaire directe. Cependant, de nouvelles essences hybrides ont fait leur apparition : *cattura*, *catuai*, *mondo novo* et *variedad colombiana*. N'ayant pas besoin d'ombre, ces nouvelles essences peuvent être cultivées directement au soleil (CCE, 1999). Les caféiers héliophiles sont plus petits et plus denses que les autres et ces caractéristiques permettent de cultiver plus d'arbustes par hectare et d'obtenir, grâce aux fertilisants, une production plus élevée que celle des plantations traditionnelles (CCE, 1999). Ainsi, les systèmes de caféiculture à petite échelle ont été intensifiés et modernisés dans le but d'obtenir un gros volume de production et d'offrir un café à bas prix, afin d'entrer en compétition avec les gros producteurs (Muchler *et al.*, 2006; Word Bank, 2002).

La transformation du secteur café ressemble aux changements dans la production de plusieurs grains à travers les pays en développement vers les années 1950 puisque la restructuration de la production du café s'est faite parallèlement à la « Révolution Verte » associée à la production de maïs, de blé et de riz (Rice et Ward, 1996). En Amérique latine, les efforts de modernisation des plantations ont commencé dans les années 1950 (Rice, 1990). Cependant, ce n'est qu'en 1970, lors de l'arrivée de la maladie fongique, la rouille orangée des feuilles du caféier (*Hemeleia vastatrix*) au Brésil, que les programmes de technification ont réellement été mis en place afin de réduire l'impact potentiel de cette maladie (Rice, 1990; Rice et Ward, 1996; Perfecto *et al.*, 1996; Perfecto et Armbrrecht, 2003). Les phytopathologistes affirmaient que la réduction de l'ombre entraînerait la réduction de l'humidité et, par conséquent, la réduction du succès de germination du champignon (Perfecto *et al.*, 1996). Pour cette raison, les pays d'Amérique centrale et les Caraïbes ont été encouragés, par des programmes de l'Agence de développement international des États-Unis, à intensifier leurs systèmes de caféiculture (Rice et Ward, 1996). Ainsi, à l'aide de ce financement totalisant 81 millions de dollars US, ou par eux même, les gouvernements à travers la région ont implanté ou participé à des programmes de

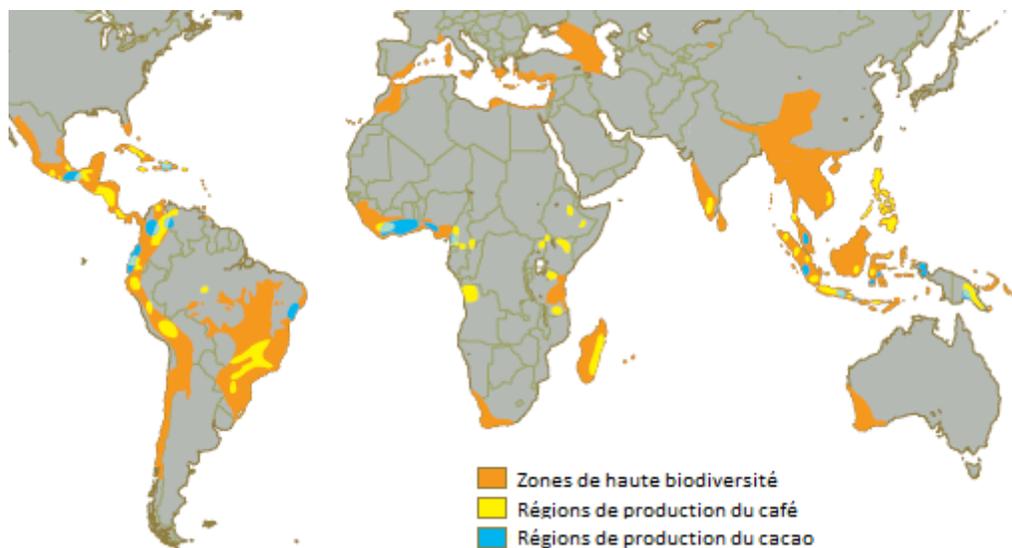
technification des systèmes de caféiculture (Rice et Ward, 1996; Jha et *al.*, 2011). Cependant, la rouille orangée n'a pas causé le problème alors anticipé en Amérique latine puisque l'altitude, les températures froides, et la prolongation de la saison sèche qui caractérise la majeure partie de la zone de production ont contribué à restreindre la prolifération de la maladie (Rice et Ward, 1996). La principale motivation derrière la technification est, depuis ce temps, l'augmentation de la production (Perfecto et *al.*, 1996).

Avant les efforts de technification, la densité des caféiers était de 1 100 à 1 500 par hectare et, suite à ces efforts, elle a augmenté jusqu'à 4 000 à 7 000 par hectare (Rice et Ward, 1996). La technification des systèmes de caféiculture est associée à l'augmentation de la production, l'augmentation des revenus pour les producteurs, et l'augmentation des coûts de production (Perfecto et *al.*, 1996; Perfecto et *al.*, 2012). Ces coûts de production sont les coûts pour la main-d'œuvre, les fertilisants et autres intrants chimiques tels que les herbicides, les insecticides et les fongicides nécessaires pour remplir les fonctions que la biodiversité ne peut désormais plus assurer (Perfecto et *al.*, 2012). L'arabica est cultivé dans les régions montagneuses où la culture est difficilement mécanisable. Pour cette raison, la technification est associée davantage à une demande en main-d'œuvre et en intrants chimiques que pour la machinerie (Guhl, 2008).

Bien que pour la production de café, le terme « technification » implique une réduction du couvert d'ombre, une faible diversité des arbres d'ombrage, une forte densité des caféiers, et l'utilisation de variétés de caféiers productifs et d'intrants chimiques, ce terme n'est pas synonyme de « culture de plein soleil » (Rice, 1999). Cependant, la tendance à la réduction des cultures de café d'ombre est associée au processus de technification puisqu'en général, le processus de technification se présente par la transformation des cultures de café d'ombre, à des cultures avec peu ou sans ombre (Rice, 1999). Une étude réalisée par Rice (1999) démontre que 67% de la production de café dans la partie nord de l'Amérique latine avait été affectée d'une façon ou d'une autre par la technification. Le degré de technification varie d'un pays à un autre, par exemple 20% pour le Salvador et le Venezuela et 69% pour la Colombie (Rice, 1999). Par ailleurs, la pression de la technification des systèmes de caféiculture persiste dans la plupart des pays producteurs de café (Perfecto et Armbrrecht, 2003).

## 1.2. Enjeux écologiques de la production de café

Au niveau mondial, les plantations de café occupent environ 10,5 millions d'hectares (FAO, 2011). Cependant, l'importance écologique des plantations de café est une conséquence du lieu de production plutôt que de la superficie sous production puisque les régions de production du café coïncident avec les zones de haute biodiversité (Figure 1.1) (Perfecto et *al.*, 1996; Perfecto et *al.*, 2012). Ces 25 zones nommées « hotspots » ont perdu plus de 70 pour cent de leur couvert de végétation primaire et constituent maintenant seulement 1,4 pour cent de la surface terrestre (Myers, 2000). Elles abritent 44 pour cent des espèces de plantes vasculaires et 35 pour cent des espèces vertébrées terrestres (Myers et *al.*, 2000). Dans ces zones, l'agriculture est une menace pour les habitats naturels. La forêt est convertie à un rythme alarmant pour des cultures telles que le soya, l'huile de palme, le café et le cacao (Hardner et Rice, 2002), pour ne nommer que les plus importantes.



**Figure 1.1 Les zones de haute biodiversité et les régions de production du café**

Source : Hardner et Rice (2002), p.90.

Perfecto et *al.* (1996) estime que, dans la partie nord de l'Amérique latine qui s'étend du Mexique à la Colombie incluant les Caraïbes, plus de 1,1 million d'hectares de plantation de café sont des monocultures de café de plein soleil, alors que l'aire totale sous production de café est de 2,7 millions d'hectares. L'intensification des systèmes de production de café a des impacts directs sur la biodiversité floristique et faunique puisqu'elle consiste en la dégradation et la réduction du couvert

d'ombrage et du nombre d'espèces végétales et animales indigènes de la zone de plantation (Philpott et *al.*, 2008). Cependant, dans les régions où la déforestation est élevée et où le café est encore produit de façon traditionnelle, c'est-à-dire sous couvert forestier, ces plantations sont des refuges importants pour la biota forestière (Perfecto et *al.*, 1996; Moguel et Toledo, 1999a). En Amérique latine, le café est généralement cultivé en montagne de moyenne altitude où la déforestation a été particulièrement dévastatrice (Perfecto et *al.*, 1996; Muschler et *al.*, 2006). Dans plusieurs pays, les agroécosystèmes de café constituent une importante partie du couvert forestier. Par exemple, au Panama, 90% du couvert forestier originel a été perdu; cependant 80% du couvert forestier actuel sont des systèmes agroforestiers de café (Perfecto et *al.*, 2012).

Les plantations de café d'ombre peuvent servir d'habitat et de corridors pour les organismes qui se déplacent régionalement entre les fragments de forêt (Jha et *al.*, 2011; Perfecto et *al.*, 2012). Contrairement aux monocultures de café de plein soleil qui sont généralement moins perméables pour la dispersion des organismes (Muriel et Kattan 2009), les plantations de café d'ombre facilitent le déplacement des animaux qui dispersent le pollen, les graines et les arbres indigènes. Ainsi, les espèces qui dépendent de ces agents de dispersion sont capables de maintenir leur reproduction et les processus de flux génétique à l'intérieur des agroécosystèmes de café d'ombre (Jha et *al.*, 2011). Cependant, les agrosystèmes de café d'ombre ne sont pas un substitut aux écosystèmes forestiers puisque leur composition en espèces diffère (Rappole et *al.*, 2003). Cependant, la plupart des études s'entendent pour conclure qu'une grande densité et diversité en espèces des arbres d'ombrage aide à préserver les espèces forestières (Perfecto et *al.*, 2012). Certains scientifiques suggèrent même que dans les îles des Caraïbes, pendant les périodes de déforestation, le taux d'extinction relativement bas des espèces aviaires (Brash, 1987) et de plusieurs espèces rares d'orchidées (Nir, 1988) est en partie dû à la présence des plantations de café sous couvert forestier.

La réduction ou l'élimination des arbres d'ombrage a des impacts dévastateurs sur la biodiversité. Des études qui ont comparé les plantations de café d'ombre ayant différents niveaux d'ombrage ont démontré que la technification de ces agroécosystèmes cause une perte de biodiversité pour la majorité des organismes (Perfecto et Armbrrecht, 2003). Par exemple, les plantations traditionnelles contiennent un plus grand nombre d'espèces d'épiphytes (Moorhead et *al.*, 2009), d'arbres endémiques (Philpott et *al.*, 2008), d'insectes (Perfecto et *al.*, 2003; Jha et Vandermeer, 2010), de reptiles (Borkhataria et *al.*, 2012), d'oiseaux (Harvey et Villalobos, 2007; Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004) et de mammifères (Gallina et *al.*, 2008) que les polycultures semi-ombragées ou les

monocultures sans ombre. Puisque la richesse en espèces végétales et animales diminue suivant le gradient d'intensification des techniques agricoles, la façon dont la production de café évoluera dans les prochaines décennies pourrait avoir de graves conséquences sur sa capacité à fournir un refuge pour la biodiversité tropicale (Perfecto et *al.*, 1996).

Dû à leur simplification biologique, les monocultures de café de plein soleil sont plus sujettes que les plantations traditionnelles de café d'ombre aux infestations d'insectes et aux maladies (Soto-Pinto, 2002). De plus, le retrait de la végétation contribue à la dégradation des sols qui doivent être fertilisés à l'aide d'intrants pour maintenir la productivité du système (Beer et *al.*, 1998). Par conséquent, les pratiques agricoles nécessaires pour soutenir la production telle que l'ajout de pesticides, de fongicides et de fertilisants contribuent à la contamination des sols et des sources d'eau adjacentes (Imbach et *al.*, 1989). Contrairement aux monocultures de café de plein soleil, les agroécosystèmes de café d'ombre conservent des services écologiques avantageux pour les producteurs de café (Section 2.3), tel que le maintien de la disponibilité de l'eau (Lin, 2010), le contrôle de l'érosion et le maintien de la fertilité des sols (Ataroff et Monasterio, 1997b; Greissert et Ibáñez, 2008), le contrôle des insectes ravageurs et des maladies (Soto-Pinto et *al.*, 2002; Vandermeer et *al.*, 2010) et la pollinisation (Klein et *al.*, 2003). De plus, ces agroécosystèmes contribuent à conserver d'autres services qui ont une portée plus globale telle que la séquestration du carbone qui joue un rôle important pour la mitigation des changements climatiques (Sotelo et *al.*, 2008).

En respectant certaines conditions, les producteurs de café d'ombre ont accès à des opportunités économiques qui visent la conservation de la biodiversité ou le maintien de services écosystémiques. Bien qu'ils soient relativement récents, les programmes de certification du café d'ombre et de paiements pour les services écosystémiques (PSE) ou paiements pour la conservation de la biodiversité (PCB), sont des mécanismes qui ont un potentiel intéressant (Jha et *al.*, 2011). Le développement de ces mécanismes joue un rôle très important pour la conservation des plantations traditionnelles et pour l'adoption de pratiques agricoles qui favorisent la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques.

Les impacts de l'intensification des pratiques agricoles sur la biodiversité et les services écosystémiques, ainsi que les bénéfices et inconvénients de la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques pour les producteurs de café, seront discutés plus en profondeur au deuxième

chapitre. Les outils économiques seront évalués par la suite dans le troisième chapitre. La suite de ce chapitre propose d'analyser tout d'abord les aspects socio-économiques de la production de café.

### **1.3. Aspects socio-économiques de la production de café**

Cette section porte sur le commerce international afin d'évaluer l'importance économique du café pour les pays producteurs et consommateurs. Ensuite, elle dresse un portrait du contexte socio-économique des producteurs de café et propose une classification des différents systèmes de caféiculture. Ces aspects sont analysés afin de mettre en contexte la production de café et de faire ressortir les liens entre le contexte socio-économique des producteurs de café et le choix des systèmes de production.

#### **1.3.1. Commerce international**

Mondialement, le commerce du café est important, tant pour les pays exportateurs que pour les pays importateurs. Les recettes d'exportation sont de l'ordre de 25 milliards de dollars US par année pour les pays producteurs et près de 600 milliards de tasses de café sont consommées chaque année dans le monde (OIC, 2013b). Les revenus d'une centaine de millions de personnes et la balance commerciale de nombreux pays du Sud dépendent encore des exportations de café vers les pays importateurs. (Charrier et *al.*, 2012).

Selon l'Organisation Internationale du Café (OIC) (2013c), la production totale pour une année répartie en 2011 et 2012 s'est élevée à 134,4 millions de sacs de 60 kg. L'utilisation accrue de café robusta dans les mélanges continue de croître, de sorte que la part des robustas dans la production totale s'est accrue à 39,7% alors que celle des arabicas a baissé pour se situer à 60,3 % (OIC, 2013b). Le Brésil et l'Amérique latine, producteurs historiques du café arabica, continuent de dominer le marché alors que le Vietnam est le premier producteur de café robusta et le deuxième producteur mondial, avec des pratiques agronomiques intensives (Charrier et *al.*, 2012). Plus de 80 % de la production de café arabica provient d'Amérique latine (Bertrand et *al.*, 2012), le Brésil produisant à lui seul 40 % de la production mondiale (Charrier et *al.*, 2012). Plus de 95 % du café exporté par les pays producteurs est sous forme de café vert (OCDE, 2007). Les pays producteurs exportent à peine 4 % du café sous forme de café soluble et la part du café torréfié est très faible (OCDE, 2007). Seulement quelques pays producteurs ont développé une industrie pour le café soluble, soient le

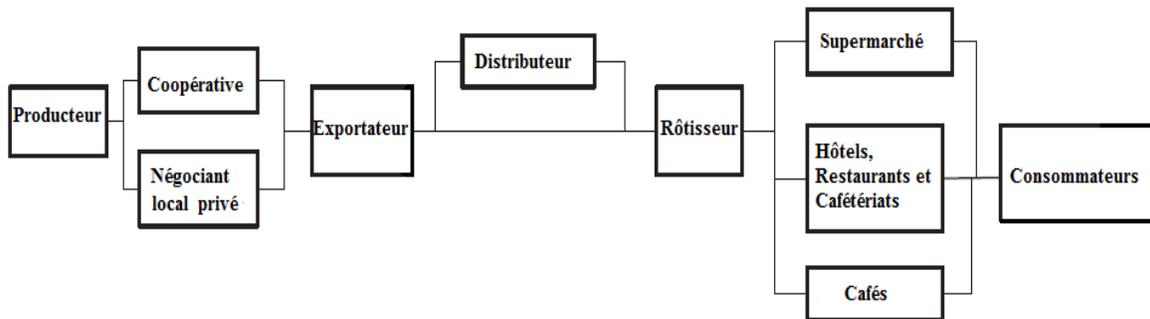
Brésil, la Colombie, l'Équateur, la Thaïlande et les Philippines, pour ne citer que les plus importants (OCDE, 2007). À l'inverse des pays producteurs, les pays importateurs transforment le café vert en café torréfié et moulu ou en café soluble et en réexportent une partie (OCDE, 2007).

Produit au Sud, le café est principalement consommé au Nord. Selon l'OIC (2013c), la consommation mondiale est surtout concentrée en Europe de l'Ouest, en Amérique du Nord et au Japon, alors que la consommation intérieure des pays exportateurs représente environ 30,5 % de la consommation mondiale. La consommation dans le monde s'est accrue régulièrement de 2 % par année durant les trente dernières années (Charrier et *al.*, 2012). L'attrait du café a gagné de nouveaux pays consommateurs comme le Japon et la Russie et la consommation a augmenté dans les pays producteurs comme le Brésil et l'Indonésie (Charrier et *al.*, 2012).

Par ailleurs, le marché actuel offre une diversité de produits (café en grains ou soluble, décaféiné, expresso en capsule) (Daviron et Ponte, 2007; Charrier et *al.*, 2012) et les nombreuses labellisations proposées sont conçues pour une diversité d'objectifs (environnementaux, sociaux, économiques ou de qualité) et de groupes cibles (producteurs, consommateurs ou industrie) (Charrier et *al.*, 2012). Parmi les cafés de spécialité, outre les cafés gourmets et les cafés de marques commerciales, se retrouvent les cafés durables qui sont généralement définis comme étant ceux qui sont certifiés par une tierce partie pour combiner des bénéfices économiques, sociaux et environnementaux (Giovannucci, 2001). Les principaux types de cafés durables sont le café biologique qui exclut l'utilisation de produits chimiques synthétiques; le café équitable qui garantit aux coopératives de petites exploitations agricoles le prix prévu au marché; et le café d'ombre qui favorise la conservation du couvert forestier et de la biodiversité floristique et faunique (Giovannucci, 2001). Le Mexique, l'Amérique centrale, la Colombie et le Pérou sont les principaux producteurs de cafés durables (Lewin et *al.*, 2004). La part du marché pour ces cafés est passée de 1 % en 2000 à 8,6 % en 2009 (Charrier et *al.*, 2012). Ce marché reste restreint; cependant, l'intérêt des consommateurs pour les cafés durables est grandissant et la part des marchés augmente rapidement (Tulet, 2008).

Les prix du café sont déterminés par les bourses de New York (arabica) et de Londres (robusta) en fonction de l'offre et de la demande et est soumis à des marchés mondiaux spéculatifs. Les cafés de spécialité (10 % du marché) sont généralement négociés directement entre producteurs et acheteurs ou bien sont payés sur la base du cours avec souvent un bonus (OCDE, 2007). Les cafés de masse (90 % du marché) alimentent les grandes et moyennes industries de la torréfaction. Le négoce est

dominé par quelques multinationales auprès desquelles les grandes compagnies de torréfaction s’approvisionnent. Ces multinationales sont présentes dans les pays producteurs en tant qu’exportateurs et dans les pays consommateurs comme importateurs (OCDE, 2007).



**Figure 1.2 Chaîne de valeur du café**

Traduction libre

Modifié de Rueda et Lambin (2012), p.4.

La chaîne de valeur du café est caractérisée par un paradoxe : d’un côté, l’expansion du marché dans les pays consommateurs marquée par un engouement pour les cafés de spécialité qui vient avec l’expansion des chaînes de café-bar et, de l’autre, une crise du café dans les pays producteurs, puisqu’ils reçoivent seulement une faible portion des profits et qu’ils sont fortement dépendants de la fluctuation des prix du café sur le marché international (Daviron et Ponte, 2007). Par exemple, pour 50 milliards de dollars de revenu global du café, approximativement 5 milliards de dollars reviennent aux producteurs (Giovannucci, 2001).

### 1.3.2. Contexte socio-économique des producteurs de café

Plus de 20 millions de personnes dépendent directement des revenus du café, la majorité étant impliquée dans la production (Eccardi et Sandalj, 2002). La caféiculture est à plus de 80 % dans les mains de petites exploitations familiales (OCDE, 2007; Pinard, 2007), avec une superficie presque toujours inférieure à 5 hectares (Pinard, 2007). Ces petites exploitations familiales produisent plus de 70 % de la production mondiale (Toledo et Moguel, 2012). Bien que la pression de la technification persiste dans la plupart des pays (Perfecto et Armbrrecht, 2003), le rendement moyen du café arabica serait de 600 kg/ha et celui du robusta de 485 kg/ha, alors que le potentiel de production est évalué à 1000-1200 kg/ha, ce qui signifie que le taux de technification est relativement faible (OCDE, 2007).

Plus de 68 pour cent des producteurs de la région couvrant l'Amérique centrale et le Mexique sont de petits producteurs cultivant le café sur moins de 2 hectares (CEPAL, 2002). Plusieurs études rapportent que, dans cette région, les producteurs ont des revenus insuffisants pour assurer leur bien-être (Mendez et *al.* 2010b; Bacon et *al.* 2008b; Jaffee 2007). De plus, dans les régions productrices de café, des études rapportent la persistance de la faim, des inégalités entre les conditions de travail pour les hommes et celles pour les femmes; et dans le développement qui contribue à augmenter l'iniquité sociale entre les petits producteurs et les grosses entreprises de production (Lyon et *al.* 2010; Bacon et *al.* 2008a; Jaffee 2007). Par ailleurs, le bas rendement des plantations, la basse qualité du café, la faiblesse ou le manque d'organisations sociales sont des facteurs qui rendent les producteurs de café très vulnérables aux pressions globales (Jha et *al.*, 2011).

Une grande partie des petits producteurs sont dépendants des intermédiaires; puisque ces producteurs restent en dehors de la phase de commercialisation du café, ils reçoivent une partie relativement minime des profits de la commercialisation (Poo et Léon, 2012). Cependant, pour répondre à cette problématique, des coopératives regroupent des producteurs généralement dans le but d'améliorer leur niveau de vie en offrant, par exemple, des services de formation sur les pratiques agricoles pour améliorer la qualité de la production, en offrant des services de commercialisation et en allant chercher des certifications équitables, biologiques ou écologiques qui permettent aux producteurs d'obtenir un revenu plus stable et un meilleur prix pour leur café; ou en valorisant la diversification des cultures afin d'augmenter la sécurité alimentaire des producteurs (Bacon et *al.* 2008a; Jaffee 2007; Tulet, 2008; Díaz et *al.*, 2010). Les coopératives offrent un accès au crédit pour les producteurs et l'accessibilité au crédit peut être particulièrement important durant les périodes de bas prix du café (Wyss et *al.*, 2012). De plus, des coopératives s'impliquent dans des projets locaux de développement sociaux et contribuent ainsi à améliorer les conditions de vie de la population locale (Díaz et *al.*, 2010). Par ailleurs, les producteurs qui font partie de coopératives qui vont chercher une certification sont généralement plus susceptibles d'adopter des pratiques agricoles durables qui favorisent la conservation des sols et ils évitent généralement l'utilisation de pesticides (Mendez et *al.* 2010a). Au Nicaragua, Bacon (2010) rapporte que des unions de coopératives sont devenues des leaders dans la production et la commercialisation du café, tout en adoptant des pratiques agricoles qui ont peu d'impacts sur l'environnement.

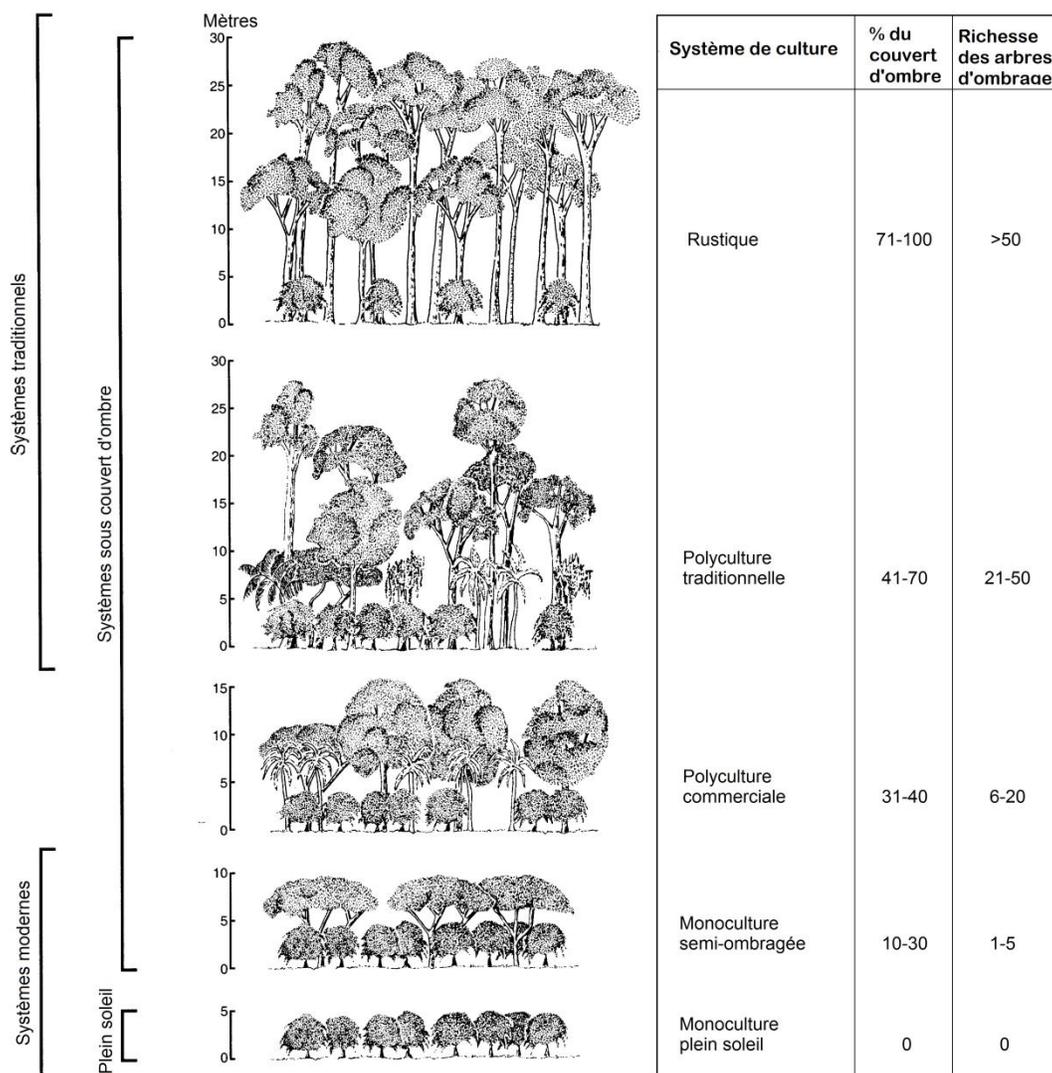
Par ailleurs, les plantations de café traditionnelles sont maintenues dans des pays culturellement mégadivers, par exemple en Indonésie, en Inde, au Mexique, au Cameroun et aux Philippines (Toledo et Moguel, 2012). Dans une étude basée sur la distribution géographique des langages, Toledo et Moguel (2012) ont estimé qu'approximativement 820 cultures autochtones se trouvent dans 17 pays ayant une importante superficie de plantations de café d'ombre. Puisque la caféiculture implique plusieurs groupes d'origines autochtones, elle implique une grande richesse et diversité de valeurs, de croyances et de connaissances (Moguel et Toledo, 1996; Toledo et Moguel, 2012). Ainsi, la caféiculture a une grande importance dans plusieurs pays à travers le monde, non seulement parce qu'elle représente la source principale de revenu de plusieurs familles, mais aussi parce qu'elle représente un patrimoine culturel qui implique des aspects sociaux, émotionnels et culturels (Díaz et *al.*, 2010; Sibelet et Montzieux, 2012; Toledo et Moguel, 2012) et d'identité locale (Tucker et *al.*, 2010).

### **1.3.3. Classification des systèmes de production de café**

La variation dans la structure et le fonctionnement des systèmes de caféiculture est dû aux conditions environnementales, aux fluctuations du marché, aux évolutions technologiques, aux politiques gouvernementales et aux valeurs, croyances et connaissances des producteurs (Córdova, 2005; Martinez, 2008). Ces variations font que chaque plantation de café est unique et que les différences dans les formes productives peuvent changer à l'intérieur de quelques mètres de terrain (Martinez, 2008). Cependant certaines caractéristiques telles que la structure de la plantation, la composition des strates végétales, les pratiques agricoles nécessaires pour maintenir la productivité du système et le type de producteur défini par ses caractéristiques socio-économiques permettent de différencier les systèmes entre eux (Moguel et Toledo, 1996, 1999a).

La classification présentée dans cette section est basée sur celle de Nolasco (1985) qui a été modifiée par Moguel et Toledo (1999a). Elle considère principalement la structure des systèmes et leur niveau d'intensification. Les cinq systèmes sont présentés en ordre en commençant avec les systèmes traditionnels qui conservent la structure de la forêt et en terminant avec les systèmes agro-industriels de monoculture qui altère l'écosystème et le rend pauvre en biodiversité (Figure 1.3). Les rendements typiques ne sont pas mentionnés pour tous les systèmes; cependant, généralement dans des conditions climatiques et de sol idéales, le rendement des caféiers augmente lorsque la densité des caféiers augmente et le couvert d'ombre est réduit (Muschler, 1999; Soto-Pinto et *al.*, 2000; Perfecto et *al.*,

2005; Hernández et Martinez, 2008), c'est-à-dire que le rendement augmente avec le niveau de technification des systèmes (Moguel et Toledo, 1999a). Cette relation entre la structure et le rendement est discuté plus en détail dans le deuxième chapitre à la section 2.3.



**Figure 1.3 Classification des systèmes de production de café**

Source : Modifier de Moguel et Toledo (1999a), p.13; données du pourcentage du couvert d'ombre et de la richesse des arbres d'ombrage de Perfecto et *al.* (2005), p.438.

Le système rustique inclut une grande diversité d'arbres d'ombrage qui y poussent naturellement. Ce système a été établi sous le couvert forestier de la forêt naturelle. L'étage inférieur de la forêt a été déboisé, c'est-à-dire que les plantes arbustives et herbacées ont été enlevées et remplacées par des

caféiers et souvent beaucoup d'autres plantes utiles. Les étages supérieurs restent presque intacts sauf pour l'extraction occasionnelle de quelques arbres. Parmi les cinq systèmes, ce système est celui qui cause le moins d'impacts sur l'écosystème forestier originel. Généralement, les intrants chimiques ne sont pas appliqués et le rendement annuel de la production est très bas, c'est-à-dire typiquement moins de 460 kg par hectare (Muchler et *al.*, 2006). Néanmoins, ce système génère d'autres produits incluant des plantes médicinales, bois, fruits forestiers et procure un refuge pour les animaux sauvages.

Le système de polyculture traditionnelle se base principalement sur la connaissance traditionnelle des peuples autochtones sur la culture du café combiné à une variété d'espèces arborées, arbustives et herbacées (Muchler et *al.*, 2006). Dans ce système, une portion des arbres sont remplacé par d'autres dans un but de production. Souvent, les espèces choisies sont pour la production de fruit ou de bois de construction. Généralement, ce système maintient la majeure partie de la biodiversité du système rustique et utilise très peu d'intrants chimiques.

Dans le système de polyculture commerciale, contrairement aux systèmes précédents, toute la couverture forestière a été remplacée pour planter des espèces d'arbres qui fournissent de l'ombre aux plants de café ou qui produisent des produits commercialisables. Ce système utilise plus d'intrants chimiques que les systèmes précédents, c'est-à-dire que les fertilisants sont utilisés en quantité modérée par un nombre restreint de producteurs. Les systèmes de polyculture traditionnelle et commerciale sont utilisés par des petits et des moyens producteurs et représentent entre 50 et 60 % de la superficie de caféiculture de plusieurs pays latinoaméricains (Muchler et *al.*, 2006)

Le système de monoculture semi-ombragée se réfère à un système dans lequel seulement quelques espèces arborées ont été plantées afin de fournir un peu d'ombre et de la matière organique. Ces arbres peuvent être taillés intensivement. Le système de monoculture plein soleil se réfère à une plantation où la seule espèce cultivée est le caféier de plein soleil. Ces systèmes utilisent des niveaux élevés d'intrants chimiques tels que des fertilisants et des pesticides. Généralement ces deux systèmes de monoculture sont utilisés par des moyens ou des gros producteurs et donnent le meilleur rendement annuel de café produisant plus de 1150 kg de café par hectares (Muchler et *al.*, 2006).

Cette classification de Moguel et Toledo (1999a) a été largement utilisée dans les études portant sur l'agroécologie des systèmes de caféiculture. Cependant, en réalité, tous les systèmes ne sont pas conformes aux descriptions précédentes qui sont en fait des généralisations. Par exemple, certains

propriétaires qui produisent selon un système présentant une structure similaire à celle du système rustique ont accès à, et utilisent un haut niveau d'intrants chimiques tels que des fertilisants commerciaux (Gordon *et al.*, 2007).

La prochaine section porte sur les pressions globales sur la production de café. Ces dernières, soit la fluctuation des prix du café, les variations climatiques et l'incidence d'insectes ravageurs et de maladies, jouent un rôle déterminant sur la structure et le fonctionnement des systèmes de caféiculture puisque les producteurs adaptent leurs pratiques agricoles pour faire face à ces pressions et limiter les pertes économiques.

#### **1.4. Pressions globales et risques économiques pour les producteurs de café**

La fluctuation des prix du café sur le marché international, les variations climatiques et l'incidence d'insectes ravageurs et de maladies sont les principales pressions globales ou sources de stress pour les producteurs de café (Díaz *et al.*, 2010; Castellanos, 2013). Ces pressions sont les mêmes pour les différentes régions productrices de café quoi qu'elles affectent les producteurs à différents niveaux. Ainsi, selon leur situation et les opportunités qui s'offrent à eux, les producteurs répondent aux pressions globales en adoptant différentes stratégies pour diminuer les risques économiques (Díaz *et al.*, 2010). Par ailleurs, les décisions des producteurs sont généralement basées sur les stratégies qui satisfassent le mieux leurs besoins de base et qui répondent à leur incertitude économique actuelle et immédiate (Eakin *et al.*, 2005). Par conséquent, les stratégies de conservation doivent considérer la vulnérabilité des producteurs face à la fluctuation des prix sur le marché international, les variations et changements climatiques et l'incidence d'insectes ravageurs et de maladies.

Dans cette section, les conséquences économiques, sociales et environnementales des trois principales pressions globales sont identifiées. La réponse des différents systèmes de caféiculture face à ces pressions et les risques économiques associés seront discutés plus en détail dans le deuxième chapitre.

##### **1.4.1. Fluctuation des prix et crises du marché**

L'histoire des fluctuations économiques sur le marché international est ponctuée de crises des prix du café, généralement attribuées aux 4 à 5 années de décalage entre la plantation des caféiers et la récolte des baies, ce qui rend difficile l'équilibre entre l'offre et la demande (Cárdenas, 1992; Pendergrast,

2000). Les crises induisent une baisse relativement rapide de la production et de la qualité du café puisqu'en période de crise, les paysans ne récoltent que les champs les plus productifs, négligent les entretiens, et certains abandonnent partiellement ou complètement leur plantation de café (OCDE, 2007). À l'inverse, une hausse des cours mondiaux entraîne une augmentation de l'offre avec un décalage de 3 à 5 ans (OCDE, 2007). Ce décalage correspond au délai de mise en production de nouvelles superficies ou de reprise de plantations négligées en période de crise (OCDE, 2007). Bien qu'au cours de l'année caféière 2011/12, les prix restent encore à des niveaux relativement fermes en termes historiques (OIC, 2013b), le secteur du café a toujours été affecté par de fortes fluctuations de la production et des prix malgré les tentatives de régulation comme les accords internationaux (Lewing et *al.*, 2004).

À la fin de l'année 2001, le prix du café avait atteint le prix le plus bas en 30 ans et, ajusté à l'inflation, le plus bas en 100 ans (Lewing et *al.*, 2004). Cette crise fut la pire jamais vécue en termes de revenus pour les producteurs et elle fut suivie par d'importantes conséquences économiques, sociales et environnementales à travers le monde. (Osario, 2004). La surproduction globale fut la principale cause de cette crise. Pendant les cinq années qui ont précédé cette crise, la demande était demeurée constante, alors que la production avait augmenté d'environ 7 % pour cette même période (Perfecto et Armbrrecht, 2003; Osario, 2004). Une grande partie de cette surproduction était due au mouvement de technification des techniques agricoles qui a débuté dans les années 1970 (Perfecto et Armbrrecht, 2003) et à l'arrivée du Vietnam sur le marché international au milieu des années 1990 (Osario, 2004).

Le secteur du café est dépendant de la fluctuation des prix sur le marché international. La baisse des prix du café à la bourse cause une dépression économique dans les régions productrices. En temps de crise, comme celle de 2001, la situation est critique puisque la majorité des producteurs de café sont de petits cultivateurs vivant dans des régions isolées et dépendant fortement de leur récolte (IADB et *al.*, 2002). Ces producteurs dépendent des revenus de leur récolte pour payer leur nourriture et d'autres biens essentiels comme les frais pour les soins médicaux et scolaires, et ils n'ont pas de réserves monétaires (IADB et *al.*, 2002). En augmentant le taux de chômage et de pauvreté de façon critique, les crises créent des inégalités sociales et accélèrent la migration vers les régions urbaines (IADB et *al.*, 2002). Au niveau macroéconomique, la baisse des exportations affecte les activités économiques et le secteur financier, limitant le financement pour les autres secteurs économiques (IADB et *al.*, 2002). En contraste, l'évolution de l'économie du café pour les pays importateurs se

fait de manière différente : par exemple suite à la crise de 2001, de nouveaux produits ont été développés, la valeur de revente a presque doublé et les profits se sont accrus (Osario, 2004).

Les conséquences environnementales de la crise de 2001 sont principalement l'abandonnement des plantations de café d'ombre, la coupe du bois pour le chauffage et la conversion des cultures. Ces conséquences se sont fait ressentir dans les régions productrices de café à travers le monde. Dans les pays d'Amérique centrale, tels que le Mexique, la Colombie et la Costa Rica, un bon nombre de producteurs ont choisi d'abandonner leur culture de café d'ombre et de convertir leur plantation en pâturage (Perfecto et Armbrecht, 2003; Guhl, 2008; Bosselmann, 2012), alors qu'au Cameroun, ce sont des cultures maraîchères qui ont pris la place d'anciennes plantations de café dans les montagnes de moyenne altitude (Uwizeyimana, 2009). Les cultures de remplacement diffèrent selon les régions, mais les plantations de café d'ombre sont généralement remplacées par des cultures plus intensives qui ont davantage d'impacts environnementaux.

Dans les pays d'Amérique latine, la grande demande pour la main d'œuvre nécessaire à la production de café assure qu'un bon nombre de personnes du secteur agricole soient impliqués dans la production de café (Rice et Ward, 1996). En Amérique centrale, Tucker et *al.* (2010) rapportent que plus de 4 millions de personnes travaillent dans le secteur du café. Jusqu'à l'an 2000, les récoltes de café étaient une importante et fiable source de revenu pour les petits producteurs d'Amérique latine (Perfecto et Armbrecht, 2003). Cependant, comme pour plusieurs régions productrices à travers le monde, dans la plupart des pays d'Amérique latine, cette situation a commencé à changer avec la crise de 2001. Les conséquences socio-économiques se sont fait ressentir, plus particulièrement au Nicaragua et au Guatemala, avec l'augmentation des limitations alimentaires (Pelupessy, 2001). Cependant, les impacts de la fluctuation des prix peuvent être différents selon les systèmes de production. Ainsi, dans certains pays, par exemple au Brésil où la technologie est bien développée et les coûts de production sont bas, les revenus et les emplois avaient augmenté (Pelupessy, 2001).

La fluctuation des prix du café affecte davantage les petits producteurs qui ont comme seule source de revenu le café et qui n'ont pas d'assistance technique pour accéder à des marchés spécialisés (IADB et *al.*, 2002; Díaz et *al.*, 2010; Poo et Léon, 2012). Par conséquent, une des stratégies adoptées par les producteurs est souvent la diversification des cultures puisqu'elle leur permet d'être moins dépendants des prix du café en offrant des sources additionnelles de revenu (Tucker et *al.*, 2010). Ces sources de revenu secondaires proviennent par exemple du bois de chauffage et/ou de construction et

des fruits produits par les arbres d'ombrage (Rice, 2008). Lorsque les prix du café diminuent, le revenu total venant de la production de café diminue. Par contre la fraction du revenu attribuable aux autres produits augmente et compose ainsi un plus grand pourcentage du revenu total des producteurs (Rice, 2008). Alors que les monocultures de plein soleil permettent généralement d'obtenir un meilleur rendement et un revenu plus élevé, elles sont aussi davantage sensibles à la fluctuation des prix du café (Gordon et *al.*, 2007).

#### **1.4.2. Variations climatiques**

Les variations climatiques peuvent causer des dommages importants à la production de café. Les plants de café sont sensibles à la sécheresse, au surplus d'humidité, aux températures extrêmes et aux dommages causés par le vent (Conde et *al.*, 2008). Le moment des précipitations est particulièrement critique pour la production. Pour la floraison, le plant de café nécessite une période relativement sèche (Tucker et *al.*, 2010). La croissance des fruits commence avec la saison pluvieuse et la disponibilité de l'eau durant la saison pluvieuse affecte la grosseur du fruit (Lin et *al.*, 2008). Dans le cas du café arabica, lorsque les températures sont en dessous de 18°C, la croissance diminue drastiquement et, lorsque les températures atteignent 35 degrés Celsius, la photosynthèse arrête (IHCAFE, 2001). Le vent et les tempêtes peuvent détacher les fleurs et les fruits et les températures froides peuvent endommager sévèrement les récoltes et tuer les plants.

Dans certaines régions, des producteurs ont remarqué une augmentation des événements climatiques extrêmes et une augmentation des dommages au cours des dernières années. Par exemple, en Amérique centrale, l'occurrence de pluies torrentielles et de sécheresse a augmenté (Porras, 2009). Les variations et événements extrêmes climatiques varient selon la situation géographique ; ainsi certaines régions ressentent davantage les répercussions des changements climatiques. Par exemple, au Mexique, dans la municipalité de Cacahoatán, des familles ont rapporté des problèmes liés aux pluies torrentielles alors que dans d'autres régions en hautes terres de Jitotol les producteurs sont davantage préoccupés par l'occurrence de sécheresses et d'incendies forestiers (Porras, 2009).

De plus, des analyses de changements climatiques qui émettent des prévisions basées sur les modèles généraux de circulation atmosphérique signalent que l'Amérique centrale serait une des régions tropicales les plus affectées dans le monde en termes de hautes températures (Aguilar et *al.*, 2005), une tendance à l'augmentation des sécheresses (Rauscher et *al.*, 2008) et à l'augmentation de

l'intensité des pluies (Aguilar *et al.*, 2005; Magrin *et al.*, 2007; Sheffield et Wood, 2008) et une augmentation de la variabilité (Giorji, 2006). Dans un rapport, Curry *et al.*, (2009) prédit une augmentation de 0.6 degrés Celcius dans la température de l'eau à la surface de la mer et une augmentation de 0 à 1 des ouragans par année causant une augmentation de 10 à 26 % des dommages. De plus, l'augmentation des températures causerait l'augmentation des incendies forestiers et la sécheresse (Schroth *et al.*, 2009). Certaines analyses des impacts des changements climatiques en Amérique centrale anticipent que certaines régions productrices de café feront face à l'élévation des températures ou à des changements dans les patrons climatiques qui rendront la production non profitable ou infaisable (Garcia *et al.*, 2006; Schroth *et al.*, 2009; Jha *et al.*, 2011). Les plantations de café pourront occuper des terres en plus haute altitude. Cependant, les zones où le café n'est pas cultivé présentement, mais qui dans le futur deviendront favorables pour cette culture, nécessiteront des investissements stratégiques pour le développement de la production de café (Jha *et al.*, 2011). De plus, il sera à considérer que ce changement en altitude dans les conditions favorables à la culture du café augmentera les pressions sur la forêt en haute altitude (Jha *et al.*, 2011). Cette conséquence est majeure puisque les réserves forestières sont souvent en haute altitude et qu'elles procurent des services écosystémiques aux populations et à l'agriculture en basse altitude (Jha *et al.*, 2011).

Les pertes économiques associées aux variations climatiques varient selon le moment et l'intensité des événements et peuvent causer la perte partielle ou totale de la récolte. Face aux variations et aux changements climatiques, les producteurs perçoivent une menace; cependant, ils considèrent qu'elle est hors de leur contrôle (Díaz *et al.*, 2010; Porras, 2009), c'est-à-dire qu'ils ne peuvent adopter des pratiques pour réduire les impacts tels que les inondations ou les sécheresses. Cette menace fait partie de leur conception des risques normaux reliés à l'agriculture. (Tucker *et al.*, 2010). Néanmoins, les agronomes conviennent que les systèmes agroforestiers offrent une meilleure protection contre les variations climatiques (Lin *et al.*, 2010; Schroth, 2009) et contribuent à diminuer les impacts des tempêtes tropicales (Schroth, 2009). Dans une plantation de café, les arbres d'ombrage contribuent à diminuer l'impact du vent sur les caféiers, contrôler l'intensité lumineuse et l'évaporation, et à diminuer les écarts de température (Muschler, 1999; Lin *et al.*, 2010). N'ayant pas d'arbres pour assurer ces fonctions, les systèmes de monocultures sont moins protégés devant les variations ou événements climatiques et nécessitent généralement des systèmes d'irrigation pour diminuer les impacts des périodes de sécheresse sur la production (Carr, 2001).

### 1.4.3. Insectes ravageurs et maladies

Les insectes ravageurs et les maladies affectent la qualité du café et la quantité des récoltes. Pour cette raison leur incidence est considérée comme étant une menace aux revenus des agriculteurs. Cette section présente deux insectes ravageurs soient le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) et la mineuse blanche de la feuille du caféier (*Leucoptera coffeella* Guérin-Mèneville) et une maladie fongique, soit la rouille orangée causée par le champignon *Hemileia vastatrix* Berk. et Broome; et elle identifie leur impacts économiques pour les producteurs de café au niveau mondial. L'effet des arbres d'ombrage sur le contrôle des insectes ravageurs et des maladies sera discuté plus en détail dans le deuxième chapitre. Bien sûr, il existe plusieurs autres insectes ravageurs et maladies ayant d'importants impacts comme par exemple l'anthracnose des baies (*Colletotrichum kahawae* Waller et Bridge) en Afrique. Cependant ceux discutés dans cette section ont été choisis pour l'importance de leurs ravages et leur distribution mondiale.

Le premier insecte, le scolyte du café est le plus important insecte affectant les cultures de café à travers le monde (Le Pelley, 1968) et il a causé des dommages importants dans toutes les régions productrices de café (Damon, 2000). Le taux d'infestation varie entre 5 et 10 pour cent, selon les régions productrices et le moment des récoltes (Damon, 2000). De fortes pluies et un site très ombragé influencent positivement l'incidence des infestations (Vijayan et al. 1999, Wegbe et al. 2003). De plus, le taux de fécondité du scolyte du café est plus élevé dans les baies qui sont trop mûres que dans les baies qui ne sont pas mûres ou mûres (Mathieu et al. 1999), ce qui signifie que les pratiques agricoles jouent un rôle important pour prévenir et combattre les infestations du scolyte du café. Cet insecte passe la majeure partie de sa vie à l'intérieur des fruits du caféier (Infante et al., 2013). L'adulte dépose ses œufs à l'intérieur du grain de café, et après l'incubation, les larves s'en nourrissent (Infante et al., 2013). La progéniture totale peut atteindre 200 individus dans un seul fruit (Infante et al., 2013). Les larves et les adultes réduisent la qualité et la valeur du café. Lorsqu'aucun moyen de contrôle n'est utilisé, les populations peuvent atteindre onze millions d'individus dans un hectare, prenant en compte les œufs, larves, pupes et adultes (Infante et al., 2013). Les dégâts occasionnés sont variables; cependant ils peuvent endommager plus de 30 % d'une récolte en dégradant la qualité finale des grains (Pinar, 2007). Les pertes mondiales annuelles associées à cet insecte ravageur sont estimées à plus de 500 millions de dollars US (Infante et al., 2013).

Le deuxième insecte, la mineuse blanche des feuilles du café, est une espèce de papillon nocturne dont le statut d'espèce ravageur est grandissant. Les femelles pondent de 10 à 60 œufs, typiquement 3 à 7 par feuille, à la surface des feuilles du caféier (Bustillo et Villacorta, 1994). Les larves pénètrent l'épiderme de la feuille pour se nourrir de la parenchyme palissadique des feuilles, créant ainsi de petits chemins blancs (Ramiro *et al.*, 2004). Cette espèce dont les larves sont connues seulement des caféiers (Ramiro *et al.*, 2004) présente 4-12 générations par année (Parra, 1985). Par ailleurs, l'augmentation des infestations de cette espèce est associée avec l'augmentation de l'utilisation de pesticides (Fragosa *et al.*, 2002) et à la réduction ou l'élimination des arbres d'ombrage (Flores *et al.*, 2009). La réduction de l'ombre et l'utilisation de pesticides, qui était perçues comme des méthodes de réduction de la mineuse blanche des feuilles du caféier, ont conduit à la réduction des populations des ennemis naturels de cette espèce, tels que les fourmis et les guêpes; par conséquent, ces méthodes ont contribué à l'augmentation des populations de la mineuse blanche des feuilles du caféier (Fragoso *et al.*, 2001, 2002; De la Mora *et al.*, 2008). Lors d'infestations sévères, les plants de café sont défoliés, ce qui diminue considérablement leur productivité. Les pertes associées à cette espèce peuvent atteindre 50 % du volume de la récolte (Paliz et Mendoza, 1993).

La maladie fongique, la rouille orangée, est un problème important pour les producteurs de café (Vandermeer *et al.*, 2010). Le champignon causant cette maladie attaque les feuilles des caféiers et cause leur perte; par conséquent, le feuillage des caféiers est réduit, ce qui cause une diminution de leur productivité. Le développement de la rouille orangée est favorisé par un ombrage dense qui crée des conditions microclimatiques à tendance humide (Soto-Pinto *et al.*, 2002; Vandermeer *et al.*, 2010). Dans le passé, la réduction du couvert d'ombrage et la plantation de variétés plus résistantes furent encouragées devant le risque de dévastation potentielle. Comme mentionné précédemment, cette maladie était associée à des efforts de technification dans les années 1970. Cependant, la réduction de l'ombre et l'utilisation de pesticides sont maintenant des techniques associées à l'augmentation du taux d'incidence de la rouille orangée puisqu'elles auraient conduit à la réduction des populations des ennemis naturels de ce champignon tels que le champignon *Lecanicillium lecanii*, un hyperparasite de la rouille orangée (Fragoso, 2002; Staver *et al.*, 2001; Vandermeer *et al.*, 2010). Présentement, les pays d'Amérique centrale font face à une épidémie importante de rouille orangée. Cette épidémie affecte tous les pays de cette région, avec un taux d'incidence de plus de 53 %, le pire depuis l'apparition de cette maladie en Amérique centrale en 1976 (ICC, 2013). Cette épidémie a de sévères conséquences sociales et économiques pour cette région avec des pertes estimées à

2.3 millions de sacs de café de 60 kg représentant une valeur de 550 millions de dollars US, et la perte directe d'environ 441 milliers d'emplois (ICC, 2013).

Les pratiques sont maintenant axées sur la réduction des arbres d'ombrage et l'augmentation de la dépendance aux variétés de caféiers productifs et résistants, l'utilisation d'intrants chimiques, l'émondage des arbres d'ombrage et une forte densité de caféiers (Perfecto et *al.*, 1996). Bien que ces pratiques favorisent la diminution de l'incidence de certains insectes ravageurs et maladies tels que le scolyte du café et la rouille orangée, de récentes évidences montrent que l'incidence d'autres espèces telles que la mineuse blanche de la feuille du caféier augmente dans les conditions créées par ces mêmes pratiques (Fragosa et *al.*, 2002; Flores et *al.*, 2009).

L'incidence des insectes ravageurs et des maladies ainsi que les dommages associés sont le résultat de complexes interactions biologiques et de conditions environnementales qui varient selon la structure et la diversité des systèmes de caféiculture et les pratiques agricoles (voir chapitre 2). En général, les systèmes traditionnels qui possèdent une structure complexe et une grande biodiversité végétale et animale possèdent une forte capacité de résistance et les systèmes simplifiés, par exemple les monocultures, ont une résistance relativement faible (Soto-Pinto, 2002).

La fluctuation des prix du café sur le marché international et les variations climatiques peuvent influencer l'incidence de maladies et d'insectes ravageurs (Díaz et *al.*, 2010). Les producteurs qui reçoivent peu d'argent pour leur récolte ne récoltent parfois pas la totalité de leur production, ce qui favorise la reproduction d'insectes comme le scolyte qui se reproduisent dans les fruits non coupés (Díaz et *al.*, 2010). De plus, plusieurs scientifiques croient que l'incidence des insectes ravageurs et des maladies pourrait être affectée par les changements en précipitation, température et humidité en relation avec les changements climatiques globaux (Díaz et *al.*, 2010).

Une grande majorité de producteurs vivent dans des conditions de pauvreté, ce qui les rend particulièrement vulnérables à la fluctuation des prix du café, aux variations et changements climatiques, et à l'incidence d'insectes ravageurs et de maladies. Le choix des stratégies d'adaptation et des stratégies économiques a un impact direct sur leurs conditions de vie (Eakin et *al.*, 2005). Par ailleurs, dans le passé, la stratégie de technification des plantations de café qui visait l'amélioration du rendement et des revenus des producteurs a causé une surproduction et la chute des prix du café

et, par conséquent, à l'encontre de son but premier, elle a causé l'augmentation de la pauvreté (IADB et *al.*, 2002). Par ailleurs, certaines études ont attiré l'attention sur la perte de refuge pour la biodiversité causé par la technification des systèmes de caféiculture (Perfecto et *al.*, 1996). De nos jours, plusieurs études suggèrent que la promotion du café d'ombre peut contribuer à réduire la surproduction mondiale et, par la même occasion, contribuer à la conservation de la biodiversité et à l'amélioration des conditions de vie des producteurs de café (Perfecto et Armbrecht, 2003; Perfecto et *al.*, 2012; Jha et *al.*, 2011; Toledo et Moguel, 2012). Puisque les régions productrices de café sont à la fois riches en biodiversité et particulièrement affectées par la dégradation des habitats, la stratégie de conservation des plantations traditionnelles de café d'ombre mérite une certaine considération. Par conséquent, le prochain chapitre porte principalement sur la contribution des agroécosystèmes de café d'ombre pour la conservation de la biodiversité, les bénéfices et inconvénients de la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques pour les producteurs, et la rentabilité économique à long terme des différents systèmes de caféiculture.

## Chapitre 2

### **Biodiversité et profitabilité économique des systèmes de caféiculture**

Au cours des dernières années, la perte de biodiversité est devenue une préoccupation internationale. Dans une quête de solutions face à cette problématique, le milieu scientifique a reconnu les agroécosystèmes de café d'ombre comme étant des refuges pour la biodiversité et une opportunité potentielle pour la conservation (Perfecto et *al.*, 1996; Moguel et Toledo, 2004; Toledo-Aceves et *al.*, 2011; Toledo et Moguel, 2012). Cependant, les producteurs de café choisissent les pratiques agricoles à adopter principalement en fonction des bénéfices économiques qu'ils en retirent. Pour cette raison, il est important de clarifier la relation entre la biodiversité et la profitabilité économique des systèmes de caféiculture en vue d'augmenter les bénéfices économiques et écologiques associés aux efforts des producteurs pour conserver la biodiversité dans leurs plantations. Dans cette perspective, ce chapitre a comme objectif d'évaluer comment la structure des systèmes de caféiculture, les pratiques agricoles, la productivité des caféiers, les coûts de production et les prix sur le marché interagissent pour définir la relation entre la biodiversité, les services écosystémiques et la profitabilité des agroécosystèmes de café. Afin de réaliser cet objectif, ce chapitre se divise en deux parties.

Premièrement, ce chapitre aborde comment les pratiques agricoles transforment la structure et le fonctionnement des agroécosystèmes; il résume la réponse de la biodiversité face aux changements apportés à leur habitat et il contient une évaluation du potentiel des différents agroécosystèmes de café pour conserver les espèces indigènes des écosystèmes forestiers. Pour cette évaluation, la richesse en espèces de différents groupes floristiques et fauniques tels que les arbres, les épiphytes, les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les amphibiens, et les arthropodes est comparée à travers les différents systèmes de production de café. Pour chacun de ces groupes, le pourcentage des espèces de la forêt mature adjacente qui a été enregistré dans les agroécosystèmes d'ombre lors d'études scientifiques est utilisé pour donner une idée plus précise de la valeur de ces agroécosystèmes pour la conservation de ces différents groupes d'espèces.

Deuxièmement, ce chapitre contient une évaluation de la profitabilité économique à long terme des différents systèmes de production de café, en considérant : les effets des arbres d'ombrage et des services écosystémiques sur la productivité des caféiers et la qualité des grains; la contribution

économique des produits venant des arbres d'ombrage; les coûts de production, les rendements, ainsi que le niveau de risque et de vulnérabilité économique des producteurs face aux trois principales pressions globales selon le système utilisé.

Dans cette évaluation, le système de classification de Moguel et Toledo (1999a) décrit au chapitre précédent (Section 1.3.3) est utilisé pour toutes les comparaisons écologiques et économiques entre les systèmes. Au cours de ce chapitre, le terme « diversité » est utilisé pour discuter de la richesse en espèce d'une communauté ou d'une aire, et le terme « biodiversité » est utilisé pour discuter de la flore et la faune dans un contexte général. Lorsque des données sont rapportées ou discutées pour les différents groupes floristiques ou fauniques, le terme « richesse spécifique » réfère au nombre total des espèces dans une superficie échantillonnée, le terme « richesse spécifique moyenne » réfère au nombre moyen d'espèces dans les différents échantillons relevés. Enfin, les fonctions de la biodiversité sont discutées à travers les services écosystémiques.

## **2.1. Complexité structurelle, biodiversité floristique et pratiques agricoles**

Cette section explique comment différents éléments qui sont caractéristiques de la structure des agroécosystèmes, telles que l'abondance, la diversité et la composition des arbres d'ombrage, le nombre de strates de végétation, ainsi que l'étendue et la densité du couvert d'ombre influencent la diversité floristique et faunique. Ensuite, elle souligne les risques écologiques associés à l'introduction d'espèces d'arbres exotiques et le rôle d'éléments structurels secondaires, en particulier le rôle des épiphytes comme « ressource clé » pour la diversité faunique. Cette section porte une attention particulière aux pratiques agricoles puisqu'elles transforment la complexité structurelle et modifient le fonctionnement des agroécosystèmes, et par conséquent, la capacité d'un agroécosystème à maintenir et conserver la biodiversité (Greenberg et *al.*, 1997). Finalement, afin d'évaluer le potentiel des différents agroécosystèmes de café pour la conservation de la diversité floristique, la richesse spécifique totale et la richesse en espèces indigènes sont comparées entre les agroécosystèmes et la forêt mature adjacente.

### **2.1.1. Maintien de la diversité des arbres d'ombrage**

Dans les plantations d'ombre, la diversité des arbres d'ombrage est très importante puisqu'elle contribue à augmenter la biodiversité floristique et faunique de l'agroécosystème et des aires

adjacentes (Perfecto et *al.*, 1996; Rice et Ward 1996; Moguel et Toledo, 1999a; Méndez et Bacon, 2006). Les arbres d'ombrage fournissent une grande diversité d'éléments nutritifs pour les herbivores, les frugivores et les nectarivores (Perfecto et *al.*, 1996). De plus, dans les plantations possédant une grande diversité d'arbres, les moments de production des fleurs et des fruits qui diffèrent entre espèces contribuent à réduire les périodes lors desquelles aucun fruit ou nectar est disponible pour un taxon particulier (Perfecto et *al.*, 1996). Plus la composition en arbres d'ombrage d'un agroécosystème ressemble à celle de la forêt mature adjacente, plus cet agroécosystème est susceptible d'attirer la faune forestière (Rice et Ward, 1996), et de conserver les fonctions écologiques de la forêt mature (Hooper, 2005).

La complexité structurelle et la diversité floristique des plantations de café dépendent de la structure initiale de l'écosystème et des pratiques agricoles (Perfecto et *al.*, 2012). Par exemple, pour le système rustique (Section 1.3.3), les caféiers sont plantés dans la forêt qui a été dégagée au niveau du sol. Ainsi la majeure partie du couvert forestier originel et d'autres éléments de la flore forestière demeurent en place, constituant un agroécosystème qui maintient une bien plus grande biodiversité que d'autres systèmes de culture d'ombre moins diversifiés (Perfecto et *al.*, 1996; Faminow et Rodriguez, 2001). Par contre, dans les systèmes où la diversité des arbres d'ombrage est substantiellement moindre que dans le cas des plantations rustiques, la diversité est maintenue par plantation délibérée (Perfecto et *al.*, 1996).

Dans les plantations traditionnelles qui utilisent le système rustique ou de polyculture traditionnelle, la diversité et la structure du couvert d'ombre est maintenue par les producteurs de café qui utilisent des espèces plantées et celles naturellement établies (Soto-Pinto et *al.*, 2007). Les producteurs sélectionnent des espèces natives et introduites afin de se procurer des biens et des services qui baissent leurs coûts de production et augmentent leurs revenus (Beer et *al.*, 1998; Muschler, 1999; Soto-Pinto et *al.*, 2007; Méndez et *al.*, 2007). Par exemple, le bois de chauffage ou de construction et les fruits peuvent servir à la consommation familiale ou peuvent être destinés aux marchés locaux (Rice, 2008), et plusieurs espèces de légumineuse augmentent la concentration d'azote dans le sol (Muschler, 1999). De plus, en général dans les plantations traditionnelles, la sélection des espèces se fait dans le but d'obtenir une balance de la densité de l'ombre et de la composition des espèces afin de minimiser la compétition avec les caféiers, aider à contrôler l'humidité relative et l'humidité contenue dans le sol et maintenir la fertilité des sols (Soto-Pinto et *al.*, 2007). Les bénéfices

écologiques et économiques associés aux arbres d'ombrage seront discutés plus en détail dans la section 2.3 et 2.4.

Dans les plantations rustiques récemment établies, bien que les arbres d'ombrage qui forment la structure de la plantation influencent la structure floristique en entier, les arbres sont graduellement abattus et remplacés avec le temps (Bandeira et al., 2005). Dans 22 plantations rustiques situées dans l'état d'Oaxaca au Mexique, Bandaiera et al. (2005) ont observé une tendance vers l'homogénéisation de la composition avec le temps. Ils rapportent que les producteurs ont une tendance à éliminer les espèces d'arbres typiques des stades de succession plus avancés. Ainsi, après approximativement 20 ans, les plantations rustiques établies sous un couvert forestier mature seraient similaires en composition aux plantations établies sous un jeune couvert forestier (Bandeira et al., 2005). Pour cette raison, les arbres de la forêt mature se trouvent généralement seulement dans les jeunes plantations (Bandeira et al., 2005). Par ailleurs, Méndez et al. (2007) n'ont trouvé aucune influence de la proximité de la forêt sur la richesse en espèces d'arbres dans les plantations. Ils concluent que la sélection des arbres et les pratiques agricoles sont les facteurs qui déterminent la richesse en espèces d'arbres dans une plantation. La section 2.1.5 contient une analyse de la variation de la richesse en espèces selon les différents systèmes utilisés et des conséquentes implications pour la conservation.

### **2.1.2. Risques écologiques de l'introduction d'arbres exotiques**

Dans un système où la diversité des arbres d'ombrage est maintenue de façon délibérée, le choix des espèces arborées doit s'effectuer avec soin puisque certaines espèces peuvent amener des risques écologiques. Certaines espèces exotiques peuvent se convertir en espèces envahissantes qui occupent les écosystèmes au détriment d'espèces indigènes et endémiques qui sont moins compétitives (Richardson et al., 2004). Cette modification de l'écosystème causerait une perte d'aliments et d'habitat pour la faune. Conséquemment, lorsque les espèces d'arbres envahissent les aires en dehors des cultures, les impacts sur la biodiversité floristique et faunique peuvent réduire ou annuler les bénéfices des systèmes agroforestiers pour la biodiversité (Richardson et al., 2004).

Les impacts écologiques des espèces exotiques deviennent particulièrement importants lorsque les espèces introduites sont plantées en monoculture sur de grandes superficies. Par exemple, *Eucalyptus deglupta*, une espèce native du Sud-Est de l'Asie fut plantée dans les caféières de Costa Rica pour sa croissance rapide (Muschler et al., 2006). Lorsque cette espèce est plantée à grande échelle et comme

seule espèce arborée qui accompagne les caféiers, ces agroécosystèmes sont décrits comme étant des «déserts verts» puisque ces arbres ne procurent ni aliment ou habitat pour la majeure partie de la faune indigène (Muschler et *al.*, 2006).

Finalement, certaines espèces exotiques peuvent amener des parasites ou agents pathogènes exotiques ou peuvent agir comme hôtes pour des parasites ou des agents pathogènes locaux et ainsi causer des épidémies importantes (Muschler et *al.*, 2006). Par exemple, *Phytophthora cinnamomi*, un agent pathogène originaire du Sud-Est de l'Asie fut introduit au Mexique comme contaminant de semis de manguiers (Krauss, 2004). Une fois établi, ce champignon se propagea et dévasta des milliers d'arbres dans une forêt mixte de pins et de chênes au Mexique en seulement 12 ans (Muschler et *al.*, 2006).

L'utilisation d'une diversité d'arbres indigènes permet de favoriser la biodiversité et d'éviter les risques écologiques associés à l'introduction d'espèces d'arbres exotiques (Richardson et *al.*, 2004; Muschler et *al.*, 2006). En plus de la diversité et de la composition des arbres d'ombrage, le nombre de strates de végétation est un autre élément important de la complexité structurelle qui influence la capacité d'un système de caféiculture à conserver la biodiversité.

### **2.1.3. Strates de végétation et couvert d'ombre**

La complexité structurelle des plantations traditionnelles vient des multiples étages de végétation de l'agroécosystème (Perfecto et *al.*, 1996). Puisqu'une grande proportion de la biodiversité tropicale est située à la cime des arbres et le long des branches, l'ajout d'une strate au niveau de la canopée augmente la superficie de l'habitat associé aux arbres (Perfecto et *al.*, 1996). Cette aire crée des niches pour une variété d'espèces. Par exemple, elle est utile aux espèces d'oiseaux forestiers pour nicher, se reposer et chercher de la nourriture (Lindell et Smith, 2003). De plus, les larges branches d'arbres soutiennent des épiphytes tels que les broméliacées et les orchidées et plusieurs espèces d'insectes (Moorhead et *al.*, 2010).

Les pratiques agricoles associées à l'entretien des systèmes de production de café d'ombre impliquent des modifications à la canopée, c'est à dire que le couvert d'ombre sous lequel poussent les caféiers est contrôlé. Selon l'intensité du contrôle, les tailles sont annuelles ou bisannuelles (Cruz-Angón, 2007). Cette pratique vise à réduire l'incidence de maladies fongiques et augmenter la productivité des caféiers (Perfecto, 1996). Les tailles de la canopée servent à contrôler le couvert d'ombre; ainsi,

la densité des arbres d'ombre ne correspond pas nécessairement au couvert d'ombre (Soto-Pinto et *al.*, 2000).

La canopée influence le microclimat de l'étage inférieur sous lequel le café est cultivé (Section 2.2.2). Les plantations de café de plein soleil ne possèdent pas la protection fournie par des arbres d'ombrage contre les impacts de la pluie et du vent et ne reçoivent pas l'apport de matière organique venant de la décomposition des feuilles (Perfecto et *al.*, 1996). Par conséquent, même les strates inférieures des plantations de café d'ombre et de plein soleil sont des habitats drastiquement différents (Perfecto et *al.*, 1996). Dans les agroécosystèmes de café, les changements de conditions microclimatiques relatives à celles de la forêt influencent la composition en espèces; par exemple, une humidité relative plus élevée dans la forêt comparée aux polycultures. Par conséquent, plusieurs espèces qui se retrouvent dans les agroécosystèmes de café sont mieux adaptées pour survivre et se reproduire dans les conditions plus chaudes et sèches de ces sites que dans la forêt (Perfecto et *al.*, 1996).

Bien que la canopée des plantations rustiques contribue fortement au maintien des espèces fauniques forestières, la strate arbustive est beaucoup plus perturbée et ne ressemble plus à celle qui se retrouve dans la forêt. La strate arbustive est nettoyée périodiquement : les herbes et plantes envahissantes sont enlevées et les arbustes de café sont taillés et/ou replantés (Cruz-Angón, 2007). Ces modifications de l'habitat transforment la strate arbustive qui, même dans les systèmes rustiques, supporte très peu la biodiversité forestière (Gordon et *al.*, 2007). Par exemple, l'abondance et la diversité de petits mammifères dans la strate arbustive des plantations rustiques étudiées par Gordon et *al.* (2007) étaient particulièrement basses et n'apparaissaient pas mieux pour les plantations de café que pour aucun autre type de culture (Gordon et *al.*, 2007).

La canopée des plantations supportent des éléments structurels secondaires tels que des épiphytes, des plantes parasites, des mousses et des lichens qui supportent des communautés d'arthropodes, d'amphibiens et d'autres créatures (Perfecto et *al.*, 1996).

#### **2.1.4. Épiphytes : « ressource clé »**

Les épiphytes augmentent la complexité structurelle des forêts et agroécosystèmes en créant une variété de microhabitats supplémentaires pour les insectes et en ajoutant une biomasse et une surface considérable à la couronne des arbres (Nadkarni et *al.*, 2001). Elles procurent aux oiseaux des sites

de nidification, des matériaux pour leurs nids et de la nourriture sous forme de nectar, de fruits, d'eau et de petits vertébrés et invertébrés qui les habitent (Cruz-Angón et Greenberg, 2005). Conséquemment, les plantations de café avec des épiphytes maintiennent une plus grande abondance et diversité d'oiseaux et d'insectes que les plantations sans épiphytes (Cruz-Angón et Greenberg, 2005; Cruz-Angón et *al.*, 2009). Par exemple, au Veracruz, Cruz-Angón et *al.* (2009) rapportent que les sites où les épiphytes ont été enlevés à des fins expérimentales, supportent 90 % moins d'individus et 22 % moins d'espèces d'insectes que les sites où poussent naturellement les épiphytes.

L'élimination des épiphytes est une pratique courante dans les plantations de café à travers l'Amérique latine (Jones et *al.*, 2000; Gordon et *al.*, 2007). Il semble que les producteurs de café qui enlèvent les épiphytes croient que l'augmentation de l'ouverture de la canopée et de la lumière ambiante augmente la productivité des caféiers (Cruz-Angón et Greenberg, 2005; Hietz, 2005). Cependant, cette hypothèse n'a pas été démontrée en tant qu'effet direct de l'élimination des épiphytes (Cruz-Angón et Greenberg, 2005). Par contre, considérant que les épiphytes se regroupent autour des branches et que le couvert d'épiphytes n'est pas vraiment dense, elles procurent peu d'ombre additionnelle qui pourrait affecter la productivité des caféiers (Hietz, 2005). D'autres raisons de leur élimination sont que les plantations avec des épiphytes sont parfois perçues comme étant mal gérées ou inesthétiques visuellement (Hietz, 2005) et que certains producteurs de café croient qu'elles sont des parasites qui affectent les arbres (Cruz-Angón et Greenberg, 2005).

Par ailleurs, quelques études suggèrent qu'une plus grande ouverture de la canopée causée par l'élimination des épiphytes contribue à augmenter la détection des oiseaux par les prédateurs potentiels et, conséquemment, augmente la prédation sur les oiseaux adultes et les nids (Cruz-Angón et Greenberg, 2005; Cruz-Angón, 2007). De plus, Cruz-Angón (2007) suggère que les écoulements au sol, plus abondants dans les plantations où les épiphytes ont été éliminés, peuvent inonder les nids des espèces d'oiseaux qui nichent au sol durant la période de reproduction. Ces effets indirects sont des conséquences de la réduction de la biomasse de la canopée et non seulement de l'élimination des épiphytes. Cependant, il est clair que l'élimination des épiphytes élimine directement des aliments, des sites de nidification et des matériaux de construction pour les nids (Cruz-Angón et Greenberg, 2005; Cruz-Angón, 2007). Généralement, dans une telle situation, la compétition intra et interspécifique des espèces d'oiseaux augmente et le taux de survie des individus diminue (Cruz-Angón et Greenberg, 2005; Cruz-Angón, 2007). Ainsi, les épiphytes jouent un rôle critique pour la conservation des oiseaux (Greenberg et *al.*, 1997; Mas et Dietsch, 2003; Cruz-Angón et Greenberg,

2005; Gordon *et al.*, 2007). De plus, l'élimination des épiphytes ne contribue pas significativement à l'augmentation de la production de café (Cruz-Angón et Greenberg, 2005) et la réduction du couvert d'ombre, lorsque jugé nécessaire (Section 2.3.1), peut se faire autrement, soit en taillant les branches d'arbres. Finalement, les épiphytes contribuent à la conservation d'insectes qui jouent un rôle important dans la pollinisation des caféiers et des cultures adjacentes (Section 2.3.6). Pour cette raison et celles qui précèdent, l'élimination des épiphytes devrait être déconseillée.

Les épiphytes tels que les orchidées, les broméliacées et les fougères sont abondants dans les canopées des forêts tropicales et peuvent composer jusqu'à la moitié de la richesse en espèces végétales (Benzing, 1990). Au Mexique, au centre de l'état de Veracruz, Hietz (2005) rapporte que les plantations de café d'ombre contiennent 60 pour cent des espèces d'épiphytes vasculaires de la forêt mature. Généralement, l'abondance des épiphytes augmente avec la grosseur des arbres; par conséquent, les plantations qui sont composées de peu de gros arbres supportent une plus faible diversité d'espèces d'épiphytes (Hietz, 2005). Puisque les épiphytes ont différentes préférences concernant les arbres hôtes, une plantation où se retrouve une faible diversité des arbres d'ombrage contiendrait une faible diversité et des communautés plus similaires d'épiphytes (Hietz, 2005). La taille des branches externes des arbres d'ombrage peut prévenir la colonisation et la survie de certaines espèces d'épiphytes qui se retrouvent dans la canopée (Moorhead *et al.*, 2010). Par conséquent, si l'ombre doit être réduite, il est à considérer que plus d'épiphytes survivent sur quelques gros arbres plutôt que sur plusieurs petits arbres (Hietz, 2005). C'est-à-dire que la présence de gros arbres dans une plantation doit être valorisée et que, lorsque le producteur désire réduire le couvert d'ombre, il est préférable de tailler les branches des petits arbres.

Puisque les forêts indigènes disparaissent et que les arbres sont essentiels pour les épiphytes, la valorisation des plantations de café d'ombre et de pratiques agricoles favorables sont cruciales pour la conservation des épiphytes (Hietz, 2005). Les épiphytes sont des composantes importantes des forêts tropicales parce qu'elles constituent une « ressource clé » pour les arthropodes et les oiseaux (Cruz-Angón et Greenberg, 2005; Cruz-Angón *et al.*, 2009). Par conséquent, une diminution dans la richesse en espèces et en abondance des épiphytes peut entraîner des effets en cascades sur les agroécosystèmes et affecter les services écosystémiques tels que la pollinisation et le contrôle des insectes ravageurs (Cruz-Angón, 2007; Moorhead *et al.*, 2010).

### 2.1.5. Richesse en espèces floristiques : implications pour la conservation

À travers les agroécosystèmes de café d'ombre, la richesse en espèces d'arbres, d'arbustes, et de plantes herbacées varie grandement. Par exemple, selon les résultats de López-Gómez et al. (2008), le patron de la richesse en espèces d'arbres des agroécosystèmes de café de Veracruz, pour une surface échantillonnée de 1225 m<sup>2</sup> pour chaque type de système, est d'environ 11 ( $\pm 1,4$  S.E.) dans les monocultures semi-ombragées, 14 ( $\pm 1,8$  S.E.) dans les polycultures commerciales, 29 ( $\pm 2,3$  S.E.) dans les plantations rustiques et polycultures traditionnelles et 38 ( $\pm 16$  S.E.) dans les sites de contrôle en forêt. Bien que les plantations rustiques et les polycultures traditionnelles aient une richesse en espèces d'arbres similaires, leur structure est différente. Généralement, les plantations rustiques ont une structure similaire à la forêt, c'est-à-dire que plusieurs espèces ont une grande abondance et peu d'espèces ont une faible abondance, alors que les polycultures traditionnelles sont dominées par un ou deux genres et plusieurs espèces ont une faible abondance (Perfecto et al., 2012).

De plus, il existe une grande hétérogénéité floristique dans les plantations d'une région (Bandeira et al., 2005; Soto-Pinto et al., 2007), c'est-à-dire que, dans une région donnée, la composition en espèces d'un type de plantation varie grandement. Pour cette raison, une seule plantation de café d'ombre ne peut contribuer de façon significative à la conservation de la biodiversité, c'est plutôt la somme des parcelles hétérogènes dans les paysages fragmentés qui font que ces agroécosystèmes sont importants dans la conservation de la diversité floristique (Bandeira et al., 2005; Hietz, 2005). Les pratiques agricoles et la structure des plantations de café sont souvent extrêmement hétérogènes dans une même région; ainsi, ces plantations procurent divers types d'habitats qui facilitent la conservation de la diversité des arbres (Bandeira et al., 2005; Soto-Pinto et al., 2007). Les plantations de café agissent comme réservoir pour des espèces qui ne se retrouvent plus dans les fragments de forêt (Williams-Linera et al., 2005) et elles contribuent à une grande diversité floristique au niveau régional (Williams-Linera et al., 2005).

Plusieurs chercheurs ont enregistré une grande richesse floristique et une grande proportion d'arbres et de plantes herbacées indigènes dans les agroécosystèmes de café d'ombre (Soto-Pinto et al., 2001; López-Gómez et al., 2008). Dans les plantations de café au Chiapas, dans le sud du Mexique, Soto-Pinto et al. (2001) ont échantillonné une surface de 6100m<sup>2</sup> sur laquelle ils ont relevé 224 espèces végétales telles que des arbres (77), arbustes et palmiers appartenant à 53 familles. Parmi ces espèces, 90 pour cent étaient indigènes et 40 pour cent correspondaient à la végétation adjacente, soit à la forêt

de pins et de chênes et à la forêt de nuages qui a un statut d'écosystème menacé. La proportion restante était composée d'espèces introduites, principalement d'arbres et d'arbustes fruitiers. Dans les agroécosystèmes de café d'ombre de Veracruz, López-Gómez et al. (2008) ont échantillonné une surface de 15,19 ha sur laquelle ils ont enregistré 107 espèces d'arbres incluant 83 espèces indigènes et 24 espèces introduites. La proportion d'arbres indigènes qui a été enregistrée est considérée élevée (78 %); cependant, 71 pour cent des espèces étaient rares et se trouvaient seulement dans une ou deux des plantations inventoriées (López-Gómez et al., 2008).

Dans l'état d'Oaxaca au Mexique, Bandeira et al. (2005) rapportent une grande variation de la composition à travers les plantations rustiques. Selon eux, cette variation s'explique par une combinaison de facteurs tels que la structure initiale des plantations, les pratiques agricoles et un manque de synchronisme dans le développement des plantations. Ils soulignent que les arbres de la forêt mature se trouvent généralement seulement dans les jeunes plantations puisque les producteurs ont tendance à remplacer graduellement ces arbres par d'autres espèces. Par conséquent, les jeunes plantations ont un plus grand potentiel pour conserver la diversité des arbres indigènes que les plantations âgées (Bandeira et al., 2005).

Par ailleurs, López-Gómez et al. (2008) rapportent qu'au Veracruz, dans les plantations rustiques, les polycultures traditionnelles et les polycultures commerciales, la proportion d'espèces d'arbres dont les graines sont dispersées par les animaux était similaire à la proportion qui se trouvait dans la forêt avoisinante (approximativement 50 % des espèces). Cette situation est le résultat de la sélection des espèces d'arbres par les producteurs de café (López-Gómez et al., 2008). Néanmoins, ces arbres offrent une source alimentaire importante pour la faune. De plus, pour la même région, Hietz (2005) rapporte que dans certaines polycultures où la majorité des arbres avaient été plantés, 60 % des épiphytes qui se trouvaient dans la forêt adjacente se trouvaient dans ces plantations.

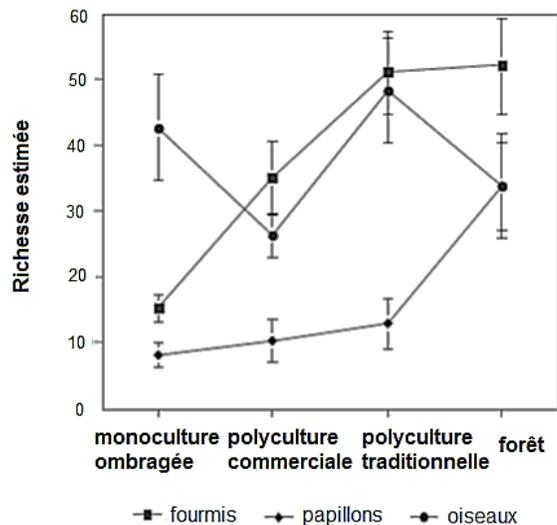
Une considération importante lors de l'évaluation du rôle des agroécosystèmes de café pour une région donnée est l'étendue et l'intégrité des forêts avoisinantes (Bandeira et al., 2005). Bandeira et al. (2005) concluent que dans les régions où la végétation indigène couvre encore une grande superficie, les plantations de café rustiques jouent un rôle mineur dans la conservation de la biodiversité; par contre, dans les régions où le couvert forestier a été drastiquement réduit et fragmenté, ces plantations sont la seule façon de conserver la diversité des arbres indigènes. Par exemple, dans les montagnes au centre de Veracruz, les forêts sont graduellement remplacées par des

champs pour le pâturage, des monocultures et des développements domiciliaires (Williams-Linera et al., 2002). Dans ce contexte, les éléments du paysage qui contribuent à l'augmentation de l'hétérogénéité structurelle et de la connectivité peuvent contribuer à la conservation de la biodiversité floristique et faunique (Ricketts et al., 2001; Perfecto et Vandermeer, 2002; Bandeira et al., 2005; López-Gómez et al., 2008) et des fonctions de l'écosystème telles que la pollinisation (Klein et al., 2003a et b; Olschewski et al., 2007) et le contrôle naturel des insectes ravageurs (Olschewski et al., 2007).

## **2.2. Biodiversité faunique face à l'intensification des systèmes de caféiculture**

L'intensification des systèmes de caféiculture a des impacts directs sur la biodiversité floristique et faunique, puisqu'elle consiste en la dégradation et en la réduction du couvert d'ombrage et du nombre d'espèces végétales et animales indigènes dans les plantations (Sánchez et al., 2012). Bien qu'il est clair que la biodiversité faunique diminue suivant le gradient d'intensification des pratiques agricoles associées à la production de café, la forme que prend la courbe de la perte de biodiversité est inconnue, puisqu'elle est différente selon les groupes taxonomiques (Perfecto et al., 2003; Perfecto et al., 2005). C'est-à-dire que les différents groupes taxonomiques n'ont pas la même sensibilité face aux changements de l'habitat associés à l'intensification des pratiques agricoles; par conséquent, leurs réponses diffèrent et certains groupes sont plus affectés que d'autres (Perfecto et al., 2003; Philpott et al., 2008) (Figure 2.1).

De plus, des changements à la structure ou à la diversité floristique des systèmes peuvent attirer de nouvelles espèces fauniques que l'on ne retrouve généralement pas dans les écosystèmes forestiers, c'est-à-dire que certaines caractéristiques des agroécosystèmes sont favorables à de nouvelles espèces. Ces nouvelles espèces contribuent à la richesse totale des espèces dans l'agroécosystème de café. Par contre, elles sont généralement des espèces opportunistes. Par exemple, certaines polycultures traditionnelles au Mexique possèdent une diversité des espèces d'oiseaux plus grande que dans certaines forêts naturelles (Faminow et Rodrigue, 2001). Par contre, une importante richesse en espèces d'oiseaux ne se traduit pas nécessairement par une capacité de conservation importante puisque plusieurs espèces communes se dirigent souvent dans les paysages modifiés par les humains, augmentant ainsi artificiellement la richesse en espèces (Dietsch, 2000).



**Figure 2.1 Richesse spécifique moyenne pour les fourmis, les papillons et les oiseaux dans trois différents systèmes de production de café et une parcelle de forêt à Tapachula, Chiapas, Mexique**

La richesse totale a été estimée avec le logiciel COMDYN par Nichols et *al.* (1998) (<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/comdyn.html>; Community Dynamics Computations 1999). Les auteurs n'indiquent pas pour quelle superficie ils ont fait cette estimation; cependant, ils mentionnent que les deux plus grandes plantations échantillonnées ont une superficie d'environ 300 hectares. Superficie échantillonnée sur chacun des sites : fourmis: 196m<sup>2</sup>; papillons: 20m<sup>2</sup>; oiseaux: 7850m<sup>2</sup>.

Traduction libre

Modifié de Perfecto et *al.* (2003), p.1246.

Un autre aspect important à considérer lors de l'évaluation du rôle des agroécosystèmes de café d'ombre pour la conservation de la biodiversité est qu'à travers les différentes études réalisées, les agroécosystèmes de café d'ombre ne représentent pas un seul type d'habitat. De plus, la diversité des espèces observées dans les agroécosystèmes de café semble avoir un rapport avec l'altitude et le type de forêt indigène de la région (Perfecto et *al.*, 2003). Par exemple, les plantations de basse altitude présentent généralement une plus grande richesse et diversité de reptiles (Macip-Ríos et Muñoz-Alonzo, 2008). Par ailleurs, la réponse de la biodiversité faunique face à l'intensification de la culture de café peut varier avec certaines espèces particulières de plantes qui se retrouvent dans la région (Philpott et *al.*, 2008). Pour cette raison, il est important que les valeurs de biodiversité soient associées à des caractéristiques structurelles spécifiques des plantations. Certains auteurs ont inventorié la végétation alors que d'autres ont dénombré les microhabitats à l'intérieur de la zone

d'étude (Cruz-Para, 2012). Dépendamment du niveau de perturbation ou de fragmentation généré dans les habitats, non seulement la structure végétale originale est modifiée, mais aussi la complexité et l'hétérogénéité de l'habitat, et par conséquent, la diversité des vertébrés (Lawson *et al.*, 1998).

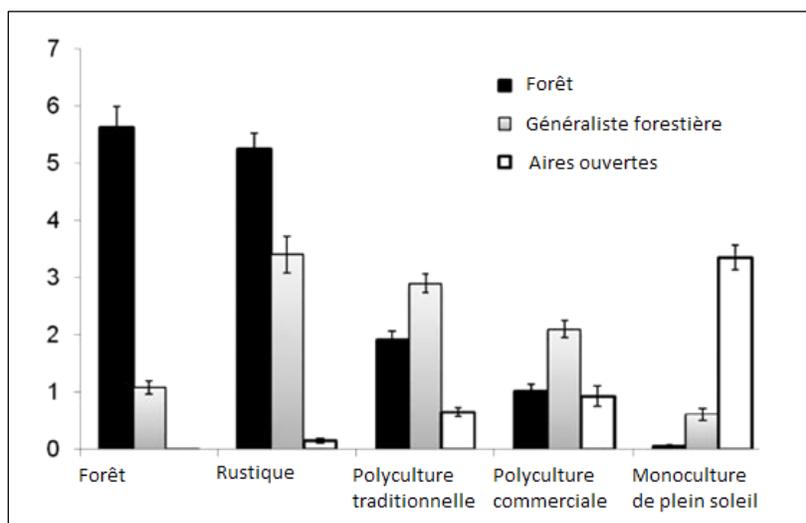
González-Ortega *et al.* (2012) soulignent qu'en plus de considérer l'abondance et la richesse en espèces, il est important de tenir compte des changements apportés à l'agroécosystème dans l'espace et le temps afin de comprendre le comportement de la biodiversité et le rôle des agroécosystèmes pour leur conservation. De plus, il y a un aspect saisonnier aux changements dans la diversité faunique, par exemple, les oiseaux migrateurs utilisent les agroécosystèmes de café comme refuge temporaire.

Cette section contient une analyse de la réponse de certains groupes taxonomiques, soit les oiseaux, les mammifères, les reptiles et amphibiens, et les arthropodes, face à l'intensification des pratiques agricoles pour la production de café. Pour cette analyse, une comparaison des agroécosystèmes de café entre eux et avec la forêt mature adjacente fut effectuée en considérant la richesse, l'abondance et la composition en espèces fauniques et en utilisant les caractéristiques structurelles contenues dans la classification de Moguel et Toledo (1999a) (Section 1.3.3) pour définir chaque système. Pour terminer, ces données sont critiquées en fonction des implications pour la conservation de la biodiversité faunique.

### **2.2.1. Oiseaux**

Les agroécosystèmes de café d'ombre peuvent être bénéfiques pour la conservation des espèces généralistes incluant plusieurs espèces d'oiseaux migrateurs. Cependant, ces agroécosystèmes sont pauvres en espèces forestières spécialistes (Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004). Bien que la plupart des espèces associées aux agroécosystèmes de café commencent à diminuer seulement à des niveaux élevés d'intensification (Dietsch, 2003; Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004), les espèces forestières d'oiseaux résidents sont particulièrement sensibles à l'introduction de pratiques agricoles peu intensives (Dietsch, 2003; Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004). Au Salvador, Komar et Domiguez (2002) affirment qu'au minimum un couvert d'ombre de 44 % et une diversité de 15 espèces d'arbres sur un demi-hectare sont nécessaires pour soutenir les espèces d'oiseaux sensibles aux perturbations.

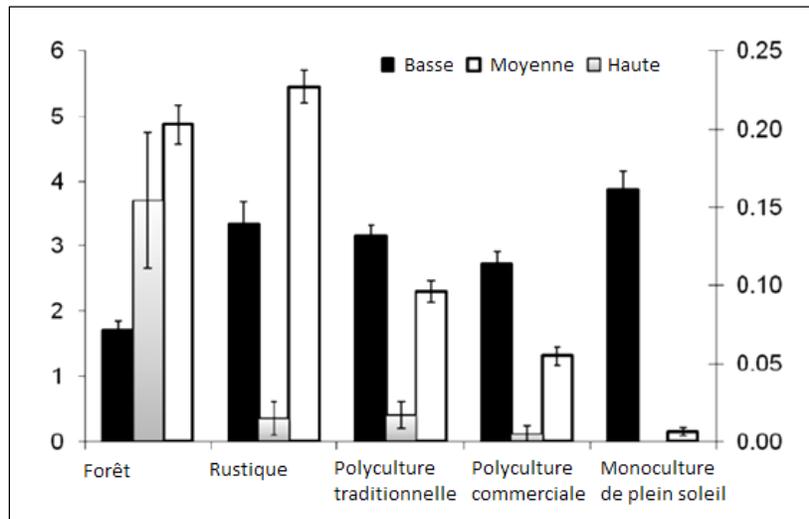
Au Veracruz, dans les agroécosystèmes de café et la forêt, Tejeda-Cruz et Gordon (2008) ont enregistré 140 espèces d'oiseaux sur une surface échantillonnée de 43175m<sup>2</sup>. Ils ont évalué la richesse en espèces d'oiseaux selon un gradient d'intensification, c'est-à-dire suivant la classification des systèmes de production selon Moguel et Toledo (1999a) présentée à la section 1.3. Les systèmes de café d'ombre ont obtenus une richesse spécifique totale similaire : soit 87 pour les plantations rustiques (surface échantillonnée de 3925m<sup>2</sup>), 82 pour la forêt (surface échantillonnée de 9812,5m<sup>2</sup>), 80 pour les polycultures traditionnelles (surface échantillonnée de 19625m<sup>2</sup>) et 79 pour les polycultures commerciales (surface échantillonnée de 7850m<sup>2</sup>), alors que les monocultures de plein soleil avaient seulement 25 espèces (surface échantillonnée de 1962,5m<sup>2</sup>). Cependant, Gordon et al. (2007) soulignent que la plus importante variation en biodiversité à travers le gradient d'intensification repose non sur la dichotomie entre le café d'ombre et le café de plein soleil, mais à travers les agroécosystèmes de café d'ombre. Ils affirment que parmi les sites qu'ils ont étudiés au centre de Veracruz, les monocultures ombragées ne sont pas différentes des monocultures de plein soleil en respect à l'abondance et la diversité des espèces d'oiseaux forestiers.



**Figure 2.2 Richesse moyenne d'individus d'oiseaux (sur une surface échantillonnée de 1962.5m<sup>2</sup>) selon leur préférence d'habitat**

Traduction libre

Modifié de Tejeda-Cruz et Gordon (2008), p.153.



**Figure 2.3 Richesse moyenne d'individus d'oiseaux (sur une superficie échantillonnée de 1962.5m<sup>2</sup>) selon leur sensibilité aux perturbations**

Traduction libre

Modifié de Tejeda-Cruz et Gordon (2008), p.153.

Seulement quelques espèces d'oiseaux utilisent les caféiers pour se nourrir, et pratiquement aucune espèce d'oiseau se nourrit des grains de café (Greenberg et *al.*, 1997; Komar, 2006). Ainsi, la réduction des espèces d'oiseaux qui préfèrent utiliser la strate arbustive s'explique par le remplacement des arbustes indigènes par les caféiers et la réduction de la litière organique due à une plus grande ouverture de la canopée (Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004). Cependant, cette réduction de l'abondance d'espèces dans la strate arbustive est compensée par une augmentation de l'abondance d'espèces généralistes dans la canopée (Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004).

Plusieurs auteurs ont souligné que les agroécosystèmes de café d'ombre sont de grande importance comme corridor de déplacement et habitats temporels pour plusieurs espèces d'oiseaux migrateurs (Sherry, 2000; Martinez-Salinas et Declerck, 2010) et spécialement dans une matrice de paysages fragmentés par les champs pour le pâturage, les monocultures et les constructions résidentielles (Sherry, 2000). Martinez-Salinas et Declerck, (2010) ont mené une étude sur le rôle de différents agroécosystèmes tels que de café, cacao, canne à sucre, pâturage, et de la forêt pour la conservation de la biodiversité des oiseaux à l'intérieur du Corridor Biologique Mésoaméricain (CBM). La consolidation du CBM est une stratégie régionale regroupant les 7 pays d'Amérique centrale et le Mexique, elle inclut des actions pour préserver le flux écologique entre les habitats, par exemple, la

création de corridors biologiques de plus petite envergure (Martinez-Salinas et Declerck, 2010). Martinez-Salinas et Declerck ont rapporté que les agroécosystèmes de café étaient importants spécialement pour la conservation des espèces d'oiseaux migrateurs et qu'ils procuraient des corridors biologiques importants au niveau international. Ils ont rapporté que le nombre d'espèces capturées dans les agroécosystèmes de café correspond à 49 pour cent du nombre total d'individus capturés et qu'avec les agroécosystèmes de cacao, ils contribuaient pour 81 pour cent des espèces migratoires enregistrées pour les différentes cultures (Martinez-Salinas et Declerck, 2010). Par contre, Komar (2006) affirme que les oiseaux migrateurs, lesquels sont majoritairement généralistes, se retrouvent également en abondance dans les monocultures de plein soleil.

Par ailleurs, la composition et la diversité des oiseaux varient grandement au cours des saisons. Bien que Greenberg et *al.* (1997) aient suggéré que les plantations de café d'ombre procurent des ressources importantes pour les oiseaux migrateurs, spécialement lors de la saison sèche lorsque la disponibilité des ressources forestières est minime, la saison sèche agit comme goulot d'étranglement pour les oiseaux résidents associés à la forêt (Dietsch, 2003). Pendant cette période les oiseaux migrateurs sont abondants et la disponibilité des ressources peut être une contrainte importante et affecter l'utilisation des ressources par les oiseaux résidents (Jedlicka et *al.*, 2006).

Néanmoins, Vandermeer et Carvajal (2001) affirment que pour les oiseaux, la matrice des agroécosystèmes de café peut servir de corridor de déplacement et, par conséquent, permet d'éviter que le processus d'extinction locale se convertisse en extinction régionale et globale. Dietsch (2000) rapporte que parmi les espèces d'oiseaux néotropicaux qui se retrouvent sur une ou l'autre des listes de l'IUCN ou de la CITES, 66 espèces furent observées dans des agroécosystèmes d'ombre. Ces résultats démontrent que les agroécosystèmes de café d'ombre jouent un rôle important pour la conservation de certaines espèces d'oiseaux menacées (Dietsch, 2000).

Bien que la perte d'espèces puisse se refléter dans les services procurés par l'écosystème, l'analyse de la perte de certains groupes fonctionnels, par exemple des oiseaux insectivores, permet de mieux cerner les services écosystémiques et particulièrement le contrôle des insectes ravageurs (Philpott et Bitcher, 2012). Les oiseaux insectivores sont parmi les plus abondants dans les agroécosystèmes de café (Komar, 2006) et sont moins abondants dans les monocultures de café de plein soleil (Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004).

### 2.2.2. Mammifères

Au Veracruz, Gallina et *al.* (2008) ont cherché à déterminer le rôle des plantations de café d'ombre pour la conservation des populations de petits et moyens mammifères terrestres. Ils ont enregistré seulement 8 espèces de petits mammifères et 24 espèces de moyens mammifères sur une surface échantillonnée de 540,8 hectares soit respectivement 36 et 72 % des espèces historiquement enregistrées pour la forêt de nuages de cette région. Ils concluent que les pratiques agricoles dans les plantations de café ont un impact négatif plus important sur les petits mammifères que sur les moyens. Par ailleurs, la capacité de déplacement des mammifères influencent grandement leur résistance et adaptation face à la conversion de la forêt en plantation de café d'ombre. Par exemple, parmi les petits mammifères, les rongeurs terrestres sont plus affectés que les chauves-souris (Garcia-Burgos, 2007).

Pineda et *al.* (2004) ont rapporté une richesse et composition en espèces de chauve-souris similaire pour les agroécosystèmes de café du Veracruz et les fragments de la forêt de nuages adjacente. Par contre, Sáen et Horváth (2013) soulignent que, dû au remplacement des arbustes par les caféiers, très peu d'espèces de chauve-souris peuvent trouver un refuge ou des sources alimentaires uniquement dans les plantations de café. Par conséquent, leur abondance est reliée à leur grande capacité de déplacement et leur activité dans les zones adjacentes (Sáen et Horváth, 2013). Pour les chauves-souris, les agroécosystèmes de café servent de refuge en leur fournissant des sites de reproduction et de nourriture. Cependant, sans les fragments de forêt adjacente, la similarité dans la diversité de ces espèces ne serait pas aussi importante puisque la conservation à long terme de ces espèces dépend de la conservation de larges fragments de forêt (Estrada et Coates-Estrada, 2001). Sáen et Horváth (2013) considèrent que les plantations de café à elles seules ne contiennent pas les ressources suffisantes pour maintenir les assemblages de petits mammifères et que la majorité des espèces dépendent des forêts adjacentes.

Parmi les petits mammifères, les rongeurs terrestres sont les plus affectés par les pratiques agricoles (Sáen et Horváth, 2013). La réduction de la disponibilité de nourriture ainsi que la réduction ou l'élimination du couvert d'ombre due au remplacement d'une strate arbustive diversifiée par une monoculture de caféiers sont des facteurs qui influencent leur abondance. Les petits rongeurs terrestres possèdent une faible capacité de déplacement qui contribue à leur vulnérabilité. Muñoz et *al.* (2000) ont comparé les plantations de café avec la forêt de nuages de El Triunfo au Chiapas et ont calculé une perte de 66 pour cent de la diversité des petits mammifères dans les plantations de café.

Au Chiapas, Cruz-Lara et al. (2004) ont relevé la richesse en espèces de moyens mammifères tels que marsupiaux, rongeurs, lagomorphes et carnivores dans les plantations de café et dans la *selva mediana* (forêt sempervirente moyenne) de las Cañadas de la Selva Laconda. Sur un transect de 1 km à travers des plantations de café, ils ont enregistré 7 des 14 espèces de moyens mammifères enregistrés sur un autre transect de 1 km dans la forêt. Au Veracruz, Garcia-Burgos (2007) rapporte sur une surface échantillonnée de 495.45 hectares, la présence de 15 des 30 espèces de mammifères moyens (de 500g à 10 kg) comprenant les marsupiaux, les xénarthres, les lagomorphes, les rongeurs, et les carnivores, identifiés pour la forêt de nuages selon la littérature.

Au Veracruz, Gallina et al. (2008) rapportent que la richesse en espèces de moyens mammifères varie entre 23 espèces pour les systèmes rustiques (surface échantillonnée de 364.53ha) et 9 espèces pour les monocultures de plein soleil (surface échantillonnée de 45.04ha) et la richesse en espèces diminue suivant le gradient d'intensification des pratiques agricoles. Dans les plantations de café, les deux groupes ayant obtenu le plus grand nombre d'espèces étaient les rongeurs et les carnivores soit respectivement 14 et 12 sur une surface échantillonnée de 540,80 hectares. Ils rapportent que les mammifères moyens les plus abondants dans les plantations de café d'ombre étaient l'opossum (*Didelphis marsupialis*), le tatou (*Dasybus novemcinctus*), le lièvre (*Sylvilagus floridanus*) et le renard (*Urocyon cinereoargenteus*). De plus, ils soulignent la présence d'espèces rares telles que le fourmilier (*Tamandua mexicana*), le grison (*Galictis vittata*) et le jaguarondi (*Puma yagouaroundi*). Peu de grands mammifères semblent maintenir leur territoire dans les plantations de café; par contre, c'est le cas des singes hurleurs au Nicaragua. Ils maintiennent leur territoire dans les plantations de café diversifiés, utilisant les fruits des arbres d'ombrage pour se nourrir (McCann et al., 2003).

En plus de l'intensification des pratiques agricoles, la chasse présente une menace supplémentaire pour certains mammifères qui représentent une source alimentaire ou de revenus supplémentaires pour les familles d'agriculteurs (Faminow et Rodrigez, 2001; Gallina et al., 2008; Tlapaya et Gallina, 2010; Perfecto et al., 2012;). Selon Tlapaya et Gallina (2010), les mammifères moyens les plus chassés dans les plantations de café de la région du centre de Veracruz sont le tatou (*Dasybus novemcinctus*), l'opossum (*Didelphis virginianus*), le lièvre (*Sylvilagus floridanus*), le raton-laveur (*Urocyon loto*) et le renard (*Urocyon cinereoargenteus*). Ils mentionnent que bien que les animaux les plus chassés soient généralement des espèces qui sont communes et qui ont un taux de reproduction élevé et que, par conséquent, la chasse de ces espèces peut sembler être durable dans

certaines régions, elle ne l'est pas dans toutes les régions puisque les populations répondent différemment à cette pression. Par ailleurs, à cette pression s'ajoute la présence des chats et des chiens errants qui s'attaquent à certains petits et moyens mammifères ou qui les font fuir (Tlapaya et Gallina, 2010).

Cependant, les espèces qui ne subissent pas les pressions de la chasse peuvent se réfugier et même maintenir un territoire dans les plantations de café d'ombre (Gallina et *al.*, 2008; Perfecto et *al.*, 2012). De plus, dans les plantations qui présentent une strate arborée diversifiée, principalement les systèmes rustiques et les polycultures traditionnelles, certains auteurs ont enregistré des mammifères qui sont dans une catégorie à risque. Leur présence augmente la valeur de ces agroécosystèmes du point de vue de la conservation (Gallina et *al.*, 2008).

### **2.2.3. Reptiles et amphibiens**

Les reptiles et amphibiens font partie de l'herpétofaune et sont souvent étudiés conjointement malgré leurs caractéristiques biologiques distinctes. Les amphibiens forment un groupe taxonomique qui est constitué d'espèces qui présentent : une grande sensibilité aux changements et modifications environnementales; une grande fidélité à leur habitat et microhabitat; un cycle de vie aquatique et terrestre; une peau de grande sensibilité aux radiations solaires et aux produits chimiques (González-Romero et Murrieta-Galindo, 2008), alors que les reptiles sont plus résistants que les amphibiens aux modifications de leur habitat grâce à une peau imperméable qui les protège des effets des modifications de leur habitat (González-Romero et Murrieta-Galindo, 2008). La majorité des espèces de reptiles sont ovipares; les œufs sont souvent incubés sous terre et, par conséquent, ils dépendent davantage de la température que de l'humidité et nécessitent les radiations solaires pour leur bien-être (González-Romero et Murrieta-Galindo, 2008). Les caractéristiques microenvironnementales sont des facteurs déterminants de la composition, de l'abondance et de la diversité des espèces d'amphibiens et de reptiles (Macip-Ríos et Muñoz-Alonzo, 2008). Par contre, puisqu'ils présentent des caractéristiques biologiques différentes, ils répondent différemment aux modifications de l'habitat.

Pour les plantations de café d'ombre au Veracruz, Pineda et *al.* (2004) rapportent 13 espèces d'amphibiens (anoures) sur une surface échantillonnée de 208 hectares. Cette richesse en espèces

était 20 pour cent plus basse que dans les fragments de la forêt (16 espèces sur une surface échantillonnée de 152 ha) et seulement la moitié des espèces d'amphibiens (anoures) des fragments de la forêt se trouvaient dans les agroécosystèmes (8 espèces sur une surface échantillonnée de 208 ha). Comme mentionné précédemment, les amphibiens sont un groupe très sensible à la transformation de l'habitat; par conséquent, la transformation de la forêt se traduit généralement par une diminution de la diversité des espèces (Pineda et *al.*, 2004). La canopée est un facteur déterminant de la présence et de l'abondance de plusieurs espèces d'amphibiens (Pineda et *al.*, 2004). La réduction de la canopée cause une augmentation de la température ambiante et une diminution de l'humidité relative et de l'humidité contenue dans le sol. Les amphibiens ont besoin de l'humidité pour garder leur peau humide et dépendent de la chaleur externe pour régulariser la température de leur corps. Par conséquent, les transformations de l'habitat qui amènent un environnement plus chaud et sec ont des effets négatifs sur plusieurs espèces, plus particulièrement sur les espèces qui déposent leurs œufs en dehors de l'eau puisque leurs larves ont besoin d'humidité pour leur développement et sont vulnérables à la dessiccation (Pineda et *al.*, 2004). De plus, puisque les amphibiens ont une peau perméable, ils sont particulièrement sensibles à l'utilisation de pesticides et d'herbicides; par conséquent, les systèmes organiques contribuent davantage à leur conservation (González-Romero et Murrieta-Galindo, 2008).

Les reptiles sont plus résistants que les amphibiens aux modifications de leur habitat (González-Romero et Murrieta-Galindo, 2008). Au Chiapas, Macip-Ríos et Muñoz-Alonso (2008) ont cherché à déterminer l'effet des pratiques agricoles sur la diversité des espèces de lézards. Ils ont trouvé une plus grande diversité de lézards dans les systèmes d'ombre diversifiés que dans les sites de végétation primaire comme la *selva mediana* (forêt moyenne sempervirente) ou la forêt de nuages. Ceci s'explique par une plus grande quantité de microhabitats disponibles pour les lézards. Bien que la forêt de nuages soit un habitat très hétérogène, elle présente une faible diversité des espèces de lézards. Elle est un habitat peu adéquat pour les lézards puisque le climat tempéré, le peu de luminosité et la grande humidité limite la présence des espèces avec un comportement thermorégulateur complexe et seulement quelques espèces considérées comme thermo-conformistes y habitent (Macip-Ríos et Muñoz-Alonso, 2008). Par conséquent, la diversité de reptiles serait à son maximum dans un système où les perturbations sont intermédiaires puisque, dans un tel système, les espèces de forêts primaires et celles de zones perturbées peuvent coexister (Morin, 2011). Cependant, une pression additionnelle pour les serpents est que plusieurs cultivateurs les considèrent comme une nuisance et les tuent, qu'ils soient vénéux ou pas (Perfecto et *al.*, 2012).

Au Veracruz, González-Romero et Murrieta-Galindo (2008) ont évalué la richesse et la diversité des reptiles et amphibiens dans les plantations de café sujettes à différentes pratiques agricoles. Sur une surface échantillonnée de 497,42 hectares, ils ont enregistré 38 espèces, soit 24 amphibiens et 14 reptiles. Ils soulignent que parmi les 38 espèces de reptiles et amphibiens enregistrées dans la littérature pour la forêt de nuages de la région de Xalapa, 28 furent enregistrées dans les polycultures traditionnelles (surface échantillonnée de 197,95 ha), ce qui indiquerait que ce système a une structure propice pour l'herpétofaune (González-Romero et Murrieta-Galindo, 2008).

Certains auteurs affirment que les plantations de café sont moins efficaces pour le maintien de la diversité des reptiles et amphibiens que pour d'autres groupes taxonomiques, dû à leur faible abondance dans les agroécosystèmes de café (Komar et Domiguez, 2002). Cependant, Macip-Ríos et Casas-Andreu (2008) ont réalisé une revue bibliographique et rapportent qu'à travers les plantations de café du Mexique, 180 espèces d'amphibiens et de reptiles ont été enregistrés, parmi lesquelles 45 sont endémiques. Sur les 180 espèces, 75 (41,6 %) se retrouvent sur les listes des espèces protégées; 70 sur la Norme officielle mexicaine NOM-059-SERMANAT-2001, 3 sur la CITES et une sur la liste rouge de l'UICN-2006. De plus, ils rapportent une composition en espèces similaire à celle de la forêt tropicale sempervirente et de la forêt de nuages.

#### **2.2.4. Arthropodes**

Les insectes constituent le groupe faunique qui contribue en plus grand nombre d'espèces à la diversité de la canopée (Cruz-Angón, 2007). Dans une plantation de café du Soconusco, Chiapas, Ibarra-Núñez (1990) a relevé les insectes dans 37 pièges et a identifié 609 espèces selon leur morphologie. La plupart des études au sujet de l'impact de l'intensification des pratiques agricoles sur les insectes dans les plantations d'Amérique centrale rapportent une diminution de la richesse en espèces suivant le gradient d'intensification (Perfecto et *al.*, 1996; Perfecto et Armbrrecht, 2003; Perfecto et *al.*, 2012).

Les fourmis sont les organismes les plus abondants dans les écosystèmes tropicaux. Par exemple, dans la forêt amazonienne au Brésil, ils représentent plus de 80 pour cent de la biomasse d'insectes associés à la végétation (Davidson et *al.*, 2003). Perfecto et *al.* (2012) rapportent que parmi 21 études qui portent sur les fourmis qui se trouvent au sol ou dans les arbres dans des plantations de café en

Amérique latine, 18 montrent une diminution significative de la richesse en espèces avec l'intensification. Les principaux mécanismes associés à cette diminution sont la perte de sites de nidification (Philpott et Foster, 2005), la réduction de la matière organique (Armbrecht et *al.*, 2005) et les changements dans le microclimat (Perfecto et Vandermeer, 1996).

D'autres études portent sur la variation de l'abondance et de la richesse en espèces d'autres insectes tels que les coléoptères (Perfecto et *al.*, 1997; Pineda et *al.*, 2004), les papillons (Ricketts et *al.*, 2001; Mas et Dietsch, 2003; Perfecto et *al.*, 2003), les abeilles et les guêpes (Klein et *al.*, 2002) et les araignées (Pinkus et *al.*, 2006). La plupart rapportent une diminution de ces variables avec l'intensification des pratiques agricoles. Certaines de ces études ont démontré que différents insectes réagissent différemment à l'intensification des pratiques agricoles, possiblement dû à des mécanismes tels que la dispersion des organismes, la structure du paysage ou la spécialisation de leur diète. (Perfecto et *al.*, 2003; Perfecto et *al.*, 2012). Par ailleurs, Ricketts et *al.* (2001) n'ont pas trouvé de différence significative entre les monocultures semi-ombragées et les monocultures de plein soleil pour la richesse en espèces de papillons nocturnes. De plus, Klein et *al.* (2002) n'ont pas trouvé d'effets significatifs de l'intensification des pratiques agricoles sur les abeilles et les guêpes et suggèrent que certaines espèces d'abeilles peuvent avoir bénéficié d'un habitat plus ouvert en agroécosystème de café.

Certains insectes tels que les abeilles, les guêpes et les fourmis jouent un rôle important pour le maintien de l'équilibre écologique des agroécosystèmes de café. Les abeilles et les guêpes agissent comme pollinisateurs pour les caféiers ou prédateurs pour certains bioagresseurs des caféiers (Perfecto et Armbrecht, 2003). Les coléoptères de la canopée et les fourmis incluent plusieurs herbivores, mais aussi des prédateurs pour certains bioagresseurs (Perfecto et Armbrecht, 2003). Les espèces qui parasitent les caféiers ne représentent pas un plus gros problème dans les agroécosystèmes de café d'ombre que dans les monocultures de plein soleil (Perfecto et Armbrecht, 2003). Les mécanismes qui expliquent ce phénomène sont discutés à la section 2.3.4.

### **2.2.5. Richesse en espèces fauniques : implications pour la conservation**

L'évaluation de la richesse en espèces appartenant à différents groupes fauniques, selon le gradient d'intensification des pratiques agricoles, montre une plus grande richesse en espèces d'oiseaux, de mammifères et d'insectes ainsi qu'une plus grande similarité avec la forêt conservée avoisinante dans

le système rustique, suivi par le système de polyculture traditionnelle. Cependant, la richesse en espèces, tout comme les indices de diversité à eux seuls, ne procurent pas un critère de conservation valable puisque plusieurs communautés avec une biodiversité similaire peuvent avoir une composition écologique très différente (Rappole et *al.*, 2003). Par conséquent, ce critère utilisé seul peut mener à des actions qui causent la transformation de la forêt au détriment des espèces forestières (Rappole et *al.*, 2003; Armbrrecht et Perfecto, 2003; Tejeda-Cruz et Sutherland, 2004). Par ailleurs, plus d'études sont nécessaires au niveau de l'identité des espèces. Plus particulièrement, il serait important de connaître combien d'espèces forestières peuvent être maintenues dans les agroécosystèmes d'ombre, et quel niveau d'ombre maintient le plus grand nombre d'espèces forestières (Perfecto et *al.*, 2003).

De plus, une grande richesse en espèces peut être le résultat de facteurs non reliés à la capacité de conservation de l'agroécosystème (Komar, 2006). Par exemple, la proximité de la forêt du site de la plantation influence le nombre d'espèces qui se retrouvent dans la plantation (Perfecto et Vandermeer, 2002; Armbrrecht et Perfecto, 2003; Klein et *al.*, 2003b; Ricketts, 2004; Komar, 2006). Dans les régions où les plantations de café dominant le paysage, une richesse en espèce relativement haute en comparaison avec d'autres habitats est prédite par la relation aire-espèce décrite formellement par Arrhenius (1921) (Rosenzweig, 1995). Ainsi le nombre d'espèces qui se trouvent dans la plantation augmente avec sa superficie. De plus, étant donné que les plantations de café d'ombre présentent un niveau intermédiaire de perturbation entre la forêt conservée et les autres habitats agricoles, l'hypothèse de perturbation intermédiaire notée entre autre par Connell (1978) prédit aussi une haute richesse en espèces. C'est-à-dire que les plantations de café d'ombre peuvent jouer le rôle d'écotone ou de zone de transition entre la forêt conservée et les autres types d'habitats agricoles et, par conséquent, la richesse en espèce peut être influencée par la présence d'éléments de la forêt ou des habitats ouverts à l'intérieur de la plantation. Ces situations n'impliquent pas que les animaux qui fréquentent les plantations de café survivent et se reproduisent avec succès, alors que ce sont des conditions nécessaires à la conservation (Komar, 2006). Par conséquent, pour mieux définir le rôle des agroécosystèmes de café et de déterminer si oui ou non et comment chacun des systèmes contribue à la conservation des groupes d'espèces, il serait important d'analyser le taux de survie, d'adéquation et de reproduction des espèces à l'intérieur des plantations de café d'ombre et de les comparer avec ceux des autres habitats disponibles (Komar, 2006).

Bien que plusieurs études englobant diverses aspects de la biodiversité ont été réalisées dans les systèmes de café d'ombre, ces études se concentrent généralement sur le dénombrement des espèces (Pagiola et al., 2006) et plusieurs auteurs ne mentionnent pas la richesse en espèces par unité d'aire dans leurs publications. Par conséquent, un important problème est rencontré lors de la comparaison d'études sur les différents groupes taxonomiques floristiques et fauniques. La relation entre le nombre d'espèces (N) et la superficie échantillonnée (S), telle que décrite par Arrhenius (1921), n'est pas linéaire. L'équation est la suivante :  $N=N_0S^c$  où  $N_0$  est le nombre d'espèces par unité de surface ( $1m^2$ , 1ha, etc.), et « c » est un constant qui varie généralement entre 0,15 et 0,3. Ainsi, il est impossible de comparer adéquatement des estimations de richesse en espèces qui sont mesurées sur différentes superficies sans connaître la valeur de « c ». Pour cette raison, les chercheurs devraient mentionner la richesse en espèce par unité d'aire dans leurs publications et non seulement la richesse en espèces sur la superficie échantillonnée.

Par ailleurs, López-Barrera et Landgrave (2008) font ressortir l'importance de considérer la biodiversité à plus grande échelle que la plantation puisque la qualité de la matrice adjacente est un autre facteur qui influence la diversité et l'abondance des espèces. En général, un paysage est considéré de meilleure qualité pour une majorité de groupes d'organismes lorsqu'il contient plusieurs aires couvertes de végétation naturelle, distribuée en grands fragments de végétation peu isolés (López-Barrera et Landgrave, 2008). Ils rapportent qu'au Veracruz, la richesse en espèces d'oiseaux, de mammifères, de champignons et de chauve-souris est particulièrement affectée par la qualité du paysage.

Manson et al. (2008) soulignent l'importance de l'étude conjointe de plusieurs groupes taxonomiques afin de déterminer la valeur des différents systèmes de caféiculture pour la conservation de la biodiversité au niveau régional. Ils ont synthétisé les résultats de recherches au Veracruz portant sur 14 groupes taxonomiques, incluant des taxons floristiques et fauniques. Ils soulignent que la diversité des groupes taxonomiques, c'est à dire que la distribution relative des espèces, dans chaque groupe taxonomique par plantation, présentait une relation positive avec la complexité structurelle de la végétation, ce qui appuie la notion qu'une structure plus complexe offre une plus grande diversité de niches et permet une plus grande diversité de taxons. Cependant, la réponse de chacun des groupes séparés ne semble pas être liée à la réponse de plusieurs autres groupes ce qui montre l'importance de mener des études qui portent sur plusieurs groupes taxonomiques. De plus, ils soulignent que lorsque la richesse en espèces est utilisée comme indicateur; pour chaque groupe taxonomique, les

espèces doivent être divisées pour former des groupes selon leur préférence d'habitat et être mis en relation avec des variables telles que les pratiques agricoles, la structure des plantations, et le paysage.

D'autres auteurs ont mis en relation la diversité de l'utilisation des sols dans une aire déterminée et la diversité de plantes et d'animaux et recommandent l'utilisation d'une diversité de types d'habitat à l'échelle de paysage pour la conservation d'une plus grande biodiversité au niveau régional (Bandeira et *al.*, 2005; Bos et *al.*, 2007). Néanmoins, il semble important de valoriser le système rustique et de polyculture traditionnelle afin d'inverser la tendance à la technification et à la conversion en monoculture de plein soleil qui a pour conséquence directe la dégradation et la perte d'habitat et de refuge temporaire pour la biodiversité (Perfecto, 1996; Moguel et Toledo, 1999a). Une réflexion sur la valorisation des agroécosystèmes d'ombre comme stratégie de conservation pour la biodiversité, particulièrement en forêt de montagne centraméricaine, suit au chapitre 3.

La prochaine section a comme objectif d'évaluer les bénéfices et inconvénients potentiels pour les agriculteurs de conserver une structure complexe et des pratiques agricoles respectueuses de la biodiversité. En premier lieu, elle contient une évaluation de l'impact des arbres d'ombrage et des services écosystémiques sur la productivité des caféiers et la qualité des grains et, ensuite, elle porte sur la contribution économique des arbres d'ombrage. Finalement, ce chapitre se termine par une évaluation des risques économiques et de la rentabilité à long terme des différents systèmes de caféiculture.

### **2.3. Impact des arbres d'ombrage et des services écosystémiques sur la productivité des caféiers et la qualité des grains**

Le couvert d'ombre est associé à une augmentation des services écosystémiques tels que l'amélioration du microclimat par la régulation de la température journalière et le maintien de l'humidité relative et de l'humidité disponible dans le sol, le contrôle de l'érosion et le maintien de la fertilité des sols, la diminution de la croissance de mauvaises herbes, le contrôle des insectes ravageurs et des maladies ainsi que la pollinisation. Ces facteurs sont directement reliés à l'augmentation de la productivité et des profits (Philpott, 2008). Cette section porte sur les interactions bénéfiques entre le maintien de services écosystémiques et la profitabilité des systèmes de café d'ombre, ainsi que sur certains inconvénients potentiels reliés aux arbres d'ombrage ou à une ombre

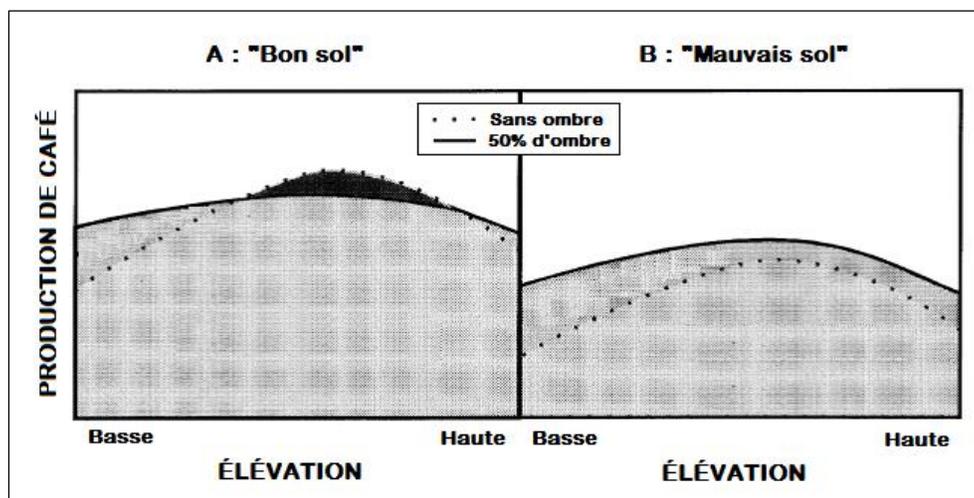
excessive tels que la compétition pour l'eau et les nutriments et l'augmentation de l'incidence de certaines maladies.

### **2.3.1. Ombre et productivité des caféiers**

Alors qu'il y a consensus de la part des producteurs et des scientifiques qu'un pourcentage de couvert d'ombre élevé (> 70 %) caractéristique des systèmes rustiques coïncide avec une faible productivité des caféiers (Perfecto et *al.*, 2005), dans la littérature scientifique, les résultats concernant la relation entre le couvert d'ombre, la productivité des caféiers et les profits sont variables (Soto-Pinto et *al.*, 2000; Perfecto et *al.*, 2005). Une étude a révélé qu'un système de monoculture plein soleil, comparé à un système avec un couvert d'ombre modéré (entre 35 à 50 %), a une productivité 10 pour cent plus élevée mais une qualité des grains plus basse (Pérez, 1977). Une autre étude a rapporté qu'entre un système ayant un couvert d'ombre de 50 pour cent et un système sans ombre, la productivité était similaire (Muschler, 1997b), alors que certaines concluent que les caféiers atteignent une productivité maximale sous un couvert d'ombre modéré (entre 35 à 50 %) (Soto-Pinto et *al.*, 2000; Staver et *al.*, 2001; Perfecto et *al.*, 2005). Ces variations dans les résultats et leur interprétation ne s'expliquent pas par le couvert d'ombre, mais par d'autres facteurs qui influencent la productivité (Soto-Pinto, 2002). La productivité des caféiers est fortement affectée par les conditions biogéographiques, en particulier l'élévation, les conditions de sol, les précipitations, la topographie et la luminosité, et les pratiques agricoles (Enriquez, 1993). Ces conditions influencent aussi les facteurs de réduction de la productivité tels que l'incidence des insectes ravageurs, des maladies et des herbes indésirables (Staver et *al.*, 2001).

Bien que plusieurs études aient démontré que l'association des arbres avec les caféiers peuvent réduire leur productivité comme conséquence, par exemple, de la compétition pour l'eau et les nutriments ou de facteurs tel que l'allélopathie (Muschler, 1993), la production de café est apparemment affectée seulement par un niveau d'ombre élevé dans un environnement optimal pour la culture de café (Muschler, 1999). La production dans un système sans ombre pour des conditions de sol et des élévations données dépend principalement des conditions climatiques, alors qu'un couvert d'ombre de 50 pour cent peut contribuer à améliorer la production dans les conditions marginales (Muschler, 1999; Beer et *al.*, 1998; DaMatta, 2004). Par contre, dans des conditions de sol et d'élévation idéales,

sans limitations, un couvert d'ombre de 50 pour cent peut réduire la production (zone noire) (Figure 2.4).



**Figure 2.4 Production de café hypothétique pour un système sans couvert d'ombre et un couvert d'ombre de 50 pour cent en fonction de l'élévation pour des sols avec ou sans limitations**

Traduction libre

Modifiée de Muschler, R. G. (1999), p.96.

Lorsque la production des caféiers est analysée en fonction de l'élévation, pour des sols avec ou sans limitations dues à un sol pauvre ou un déficit en eau, la plus grosse production venant des monocultures de plein soleil est obtenue entre 900 et 1200 msnm (Muschler, 1997b). Les valeurs pour chacune des régions varient selon les conditions climatiques spécifiques au site. À de plus basses élévations, la production des monocultures de plein soleil diminue fortement en réponse aux températures élevées, alors qu'en haute altitude la production diminue en réponse aux températures basses et aux dommages causés par le vent (Muschler, 1999; Beer et *al.*, 1998; DaMatta, 2004). Sous ces conditions non optimales, les arbres protègent les caféiers contre les conditions microclimatiques extrêmes et peuvent contribuer à augmenter la production des caféiers au-dessus des quantités obtenues avec les monocultures (Muschler, 1997b). Par contre, les arbres d'ombrage plantés sur des sites aux conditions optimales contribuent à diminuer la production des caféiers. Par exemple, au Costa Rica, Muschler (1998) rapporte qu'une ombre excessive, par exemple un couvert d'ombre de plus de 80 %, peut contribuer à diminuer jusqu'à 20 % la production de grains. À l'inverse, sur des sols pauvres où la disponibilité de l'eau est faible, peu importe l'élévation, le potentiel de production des monocultures de plein soleil est réduit, c'est-à-dire que la proportion relative de la contribution

du couvert d'ombre augmente sur les sites avec ces limitations (Beer et *al.*, 1998). De plus, l'avantage d'une plus grosse production obtenue des monocultures sur les sites aux conditions optimales peut être limité à une ou deux décennies de production, après lesquelles s'ensuit la dégradation de l'environnement, particulièrement due à l'érosion des sols et les résidus de pesticides (Boyce et *al.*, 1994) ainsi qu'aux plantations dans lesquelles les caféiers sont fréquemment replantés et élagués puisque les caféiers en monoculture de plein soleil ont une durée de vie plus courte que les caféiers en agroécosystème d'ombre (Wrigley, 1988).

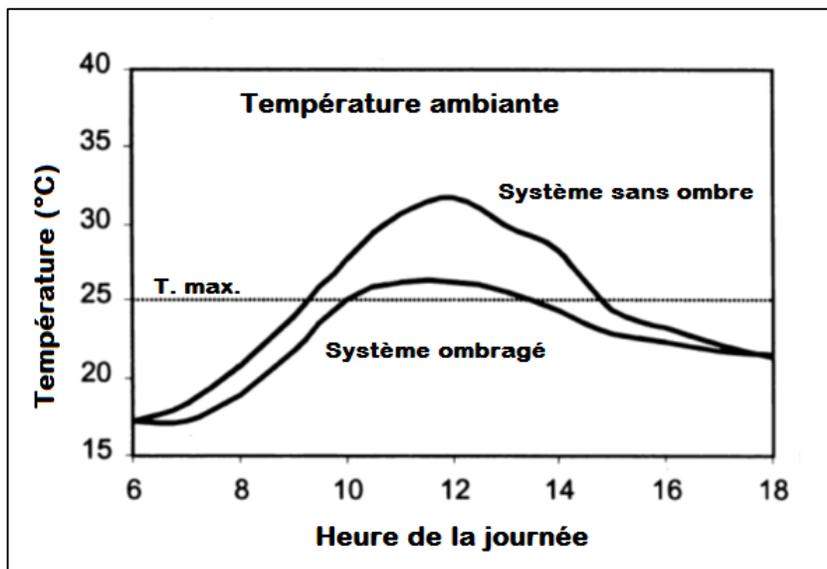
Le couvert d'ombre apporte plusieurs bénéfices lorsqu'il y a des limitations environnementales, soit le cas typique pour la majorité de la zone d'Amérique latine (Muschler, 1999; DaMatta, 2004). Ces limitations environnementales sont, par exemple, des sols peu fertiles, un climat chaud ou froid, ou une saison sèche bien définie. Par exemple, Muschler (1997a) a analysé l'effet d'Inga (*Erythrina poeppigiana*) sous différents niveaux d'ombre dans une zone marginale pour la production de café à cause des températures et des précipitations élevées. Il rapporta que la production de café durant quatre années consécutives dans un système ayant un couvert d'ombre de 40 à 60 pour cent fut aussi élevée que la production de café dans un système de monoculture de plein soleil. Par contre, la production de café sous une ombre excessive de plus de 80 pour cent de couvert d'ombre a produit seulement 60 pour cent de la production obtenue des systèmes de plein soleil ou avec un couvert d'ombre modérée (entre 40 et 60 %).

L'augmentation du couvert d'ombre (pour un couvert d'ombre > 60 %) peut initialement réduire la productivité du caféier dû à la diminution de l'incidence des rayons solaires capturés pour la photosynthèse (Muschler, 1999). Par contre, une production modérée de fruit peut prévenir l'affaissement et le dépérissement des branches, augmenter la longévité du caféier et diminuer la fréquence des tailles nécessaires (Meylan et *al.*, 2013). DaMatta (2004) affirme que cette stratégie permet une production plus constante d'année en année. De plus, la luminosité influence l'apparition et le développement des bourgeons, c'est-à-dire que moins de fleurs se développent à l'ombre, permettant ainsi une plus grande disponibilité des éléments nécessaires à la croissance pour chacun des grains sur le plant (Muschler, 2001). Généralement, les récoltes de café de plein soleil ont plus de petits grains et moins de gros grains que les récoltes de café d'ombre permanente. La grosseur des grains est une des caractéristiques déterminante pour le goût du café, puisque les gros grains rôtissent mieux et offrent un meilleur profil en tasse que les petits grains (ITC, 2011). Par conséquent, la

grosseur des grains est une caractéristique qui peut influencer le prix de vente (Muschler, 1999; ITC, 2011).

### 2.3.2. Amélioration du microclimat et de la disponibilité de l'eau dans le sol

Les effets du couvert d'ombre sur le microclimat sont la réduction des températures extrêmes de l'air et du sol, la réduction de la vitesse des vents et la protection de l'humidité relative dans l'air et l'eau disponible dans le sol (Beer *et al.*, 1998). Les paramètres qui sont les plus affectés par le couvert d'ombre, autre que la luminosité au sol, sont la température et le niveau d'humidité (Muschler, 1999). Sous un couvert d'ombre, la température durant la journée est plus basse (Figure 2.5) et l'humidité relative est généralement plus haute. Le niveau de modification climatique dépend du couvert d'ombre que procurent les arbres et des conditions climatiques où se trouve la plantation (Muschler, 1999).



**Figure 2.5 Contribution des arbres d'ombrage pour la réduction de la température de l'air ambiant**

Traduction libre

Modifiée de Muschler, R. G. (1998), p.219.

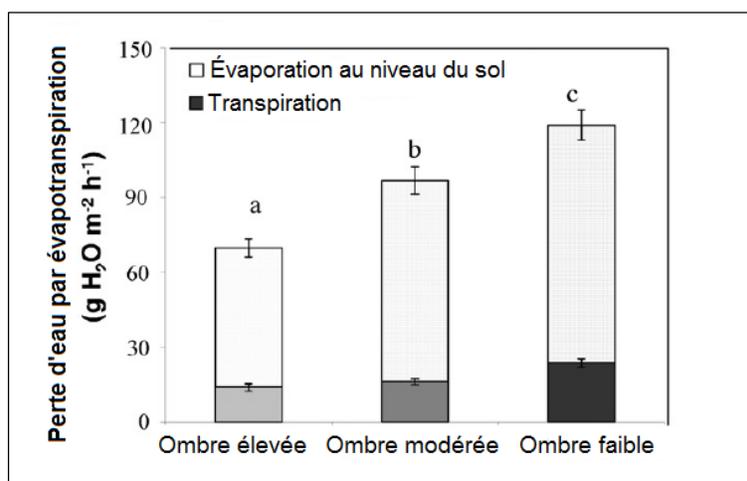
Muschler (1999) rapporte que dans plusieurs zones à des élévations entre 800 et 1000 msnm, les caféiers subissent un niveau de stress thermique plus élevé qu'à de hautes altitudes. Par exemple, dans une plantation de plein soleil, la température de l'air peut atteindre 30 degrés Celsius avec une

humidité relative plus basse que sous l'ombre (Muschler, 1999). Les feuilles des caféiers exposées au plein soleil peuvent accumuler des températures de 30 à 35 degrés Celsius pendant plusieurs heures durant la journée (Muschler, 1999). Ces températures excessives causent une réduction de la productivité des caféiers (Muschler, 1999). De plus, la température de la couche de sol supérieure peut atteindre 25 degrés Celsius; à cette température l'absorption des nutriments et de l'eau par les caféiers est réduite (Franco, 1958). Dans ces conditions, la réduction de la température de l'air, des feuilles et de la couche de sol supérieure est bénéfique pour les caféiers (Muschler, 1999).

De plus, le couvert d'ombre contribue à réduire la perte d'eau en diminuant l'évaporation au niveau du sol et la transpiration des caféiers. La demande en transpiration peut être fortement affectée par le couvert d'ombre alors qu'il affecte les conditions microclimatiques tels que la luminosité, la température, la saturation de l'air et le déficit en vapeur (Lin, 2010). Lin (2010) mena une étude des agroécosystèmes de café d'ombre au Chiapas dans le sud du Mexique afin d'évaluer la capacité des arbres d'ombrage à maintenir la disponibilité de l'eau pour les caféiers en agroécosystème d'ombre. L'humidité du sol, le taux d'évaporation, et le potentiel d'évapotranspiration des caféiers ont été mesurés afin d'examiner la quantité d'eau disponible pour les caféiers et la quantité approximative d'eau perdue à travers le sol et les caféiers dans des systèmes sous différents couverts d'ombre. Un système avec un couvert d'ombre entre 60 et 80 pour cent diminuait de 41 pour cent le taux d'évapotranspiration journalier du sol comparé à un système avec un couvert d'ombre entre 10 et 30 pour cent (Figure 2.6). Cette étude montre que le couvert d'ombre offre une grande protection des caféiers sur les sites qui sont vulnérables aux déficits en eau (Lin, 2010).

Dans les plantations en montagnes, plus particulièrement dans les zones sèches telles que dans la région nord-est du Costa Rica, dans les parties sèches du Nicaragua et du Salvador, les arbres d'ombrage ont pour effet d'abriter les caféiers et de garder l'humidité dans la plantation (Muschler, 1999). Le maintien de l'humidité des sols est important pour réduire les stress liés aux sécheresses qui, sur une longue période, réduisent la productivité des caféiers (Muschler, 1999; Da Matta, 2008). Pendant les périodes de sécheresse, lorsque les précipitations sont limitées et que l'humidité relative diminue, l'effet des arbres d'ombrage est prononcé (Lin, 2007). Le maintien d'un taux d'humidité élevé est important pour le succès de la production, particulièrement pour le développement des fleurs qui dépendent de la disponibilité et le moment des précipitations durant la saison sèche (Canell, 1983). De plus, la disponibilité de l'eau pendant la saison sèche peut affecter sévèrement la croissance des caféiers puisque, lorsque l'eau disponible dans le sol est insuffisante, les caféiers peuvent souffrir du

dépérissement de leurs racines et des nouvelles pousses et de la défoliation (Wrigley, 1988). Par conséquent, le développement et la croissance des fruits seront abaissés et la production sera diminuée en saison sèche (Lin, 2010).



**Figure 2.6** Perte moyenne d'eau par évaporation au niveau du sol et par transpiration des caféiers

Ombre élevée : couvert d'ombre entre 60 et 80%; ombre modérée : couvert d'ombre entre 30 et 65%; et ombre faible couvert d'ombre entre 10 et 30%.

Traduction libre

Modifiée de Lin (2010), p. 515.

La température diminue avec l'altitude et l'augmentation du couvert d'ombre. Les températures basses favorisent une période de maturation plus longue permettant un développement optimum des grains (Bosselmann et *al.*, 2009). Dans les régions où les températures sont élevées, les différences de la grosseur des grains entre les plantations de plein soleil et les plantations d'ombre sont plus élevées (Bosselmann et *al.*, 2009).

De plus, les arbres d'ombrage réduisent la vitesse du vent au niveau de la strate arbustive, c'est à dire au niveau des caféiers. Ainsi, ils contribuent à diminuer l'évaporation sur les sites exposés à de forts vents et, par conséquent, augmentent la température, l'humidité relative et l'humidité du sol dans la plantation (Beer et *al.*, 1998). Cet effet est particulièrement important pour les jeunes caféiers qui sont vulnérables à la dessiccation (Beer et *al.*, 1998). Le niveau de modification des facteurs

environnementaux dépend fortement de l'architecture et de la densité de la barrière physique constituée par les arbres (Muschler, 1999).

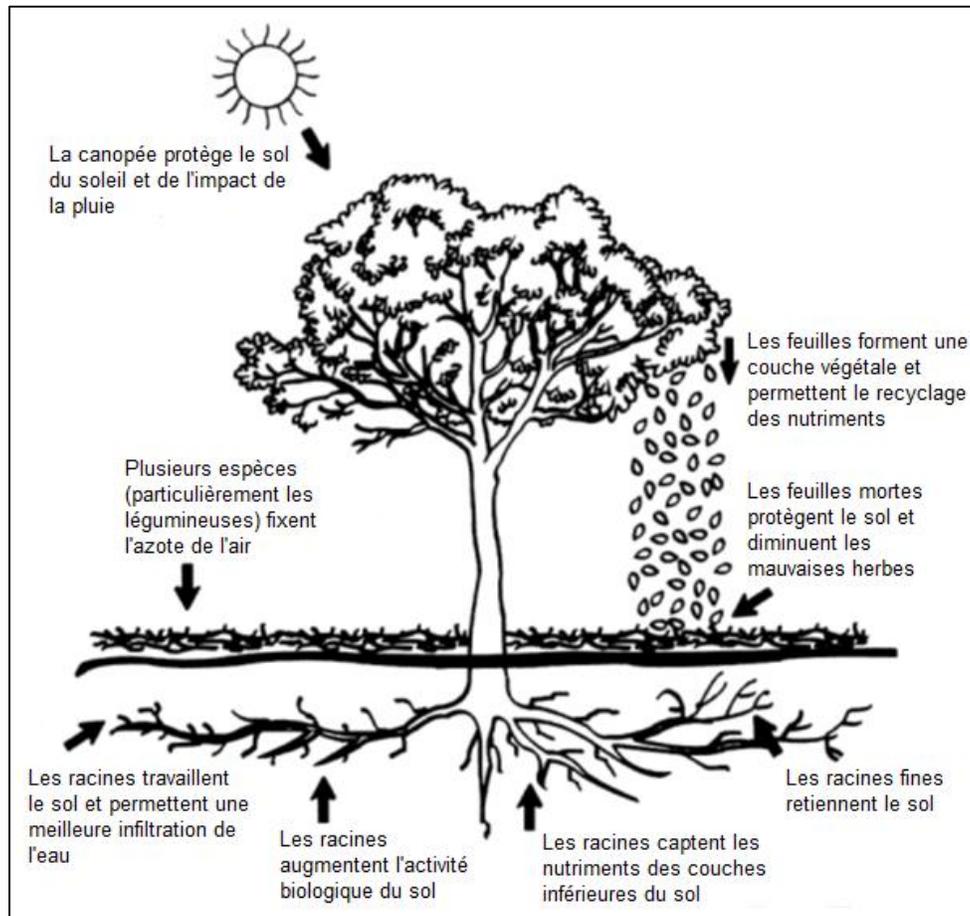
Bien que les arbres consomment de l'eau, l'utilisation de l'eau par les arbres d'ombrages n'affecte pas la quantité d'eau nécessaire aux caféiers même dans les systèmes ayant un couvert d'ombre de plus de 50 % (Muschler, 1999). Les arbres d'ombrage contribuent à maintenir la disponibilité de l'eau dans un système puisqu'ils contribuent à réduire la demande en évapotranspiration, c'est-à-dire l'évaporation au niveau du sol et la transpiration des caféiers (Lin, 2010). Lin (2010) a observé que les plantations de café ayant un couvert d'ombre faible (entre 10 et 30%) avec seulement quelques arbres d'ombrage ont de basses mesures d'humidité du sol, ce qui suggère que l'évaporation au niveau du sol a une influence plus grande sur la quantité d'eau disponible dans le sol dans les premiers 30 cm où se trouvent les racines des caféiers (Lin, 2010). Ce phénomène peut aussi être expliqué par le fait que les arbres d'ombrage retirent l'eau des couches plus profondes du sol et relâchent l'excès d'eau dans les couches supérieures (Burgess et al., 2000). Ainsi, ils laissent l'eau disponible dans les 30 premiers centimètres pour les caféiers qui ont des racines peu profondes et leur procurent de l'humidité dans la couche supérieure du sol pendant les périodes où l'eau dans le sol est peu disponible (Dawson, 1996). Par conséquent, la compétition pour l'eau dans le sol peut être ajustée à travers l'arrangement spatial au-dessus et au-dessous du niveau du sol (Sanchez, 1995).

Les variations climatiques telles que le gel, la sécheresse et les tempêtes tropicales ont été abordées au chapitre 1 (Section 1.4.2) en tant que pression globale pour les producteurs, c'est-à-dire qui causent des dommages à la production et des pertes économiques importantes. Puisque les arbres d'ombrage contribuent à réduire les températures extrêmes de l'air et du sol, à réduire la vitesse des vents et à conserver l'humidité relative dans l'air et l'eau disponible dans le sol, les caféiers sous ombre bénéficient d'une protection supplémentaire contre les conditions climatiques extrêmes.

### **2.3.3. Maintien de la fertilité et contrôle de l'érosion des sols**

Les arbres d'ombrage contribuent fortement au maintien de la fertilité et au contrôle de l'érosion des sols (Figure 2.7). Dans le cas d'un sol pauvre, les bénéfices des arbres d'ombrage sont importants puisque la croissance et la productivité à long terme des caféiers est augmentée par le recyclage des nutriments et l'apport de matière organique au sol (Muschler, 1999). De plus, les arbres d'ombrage réduisent l'érosion du sol par leurs racines qui retiennent le sol; leur canopée intercepte la pluie et la

matière organique qu'ils produisent contribuent à minimiser la perte de nutriments (Ataroff et Monasterio, 1997b).



**Figure 2.7 Effets des arbres d'ombrage sur la fertilité et l'érosion des sols**

Traduction libre

Modifié de Muschler (1994), p. 28.

La couche de matière organique joue un rôle important dans le maintien de la fertilité des sols, autant pour sa contribution dans le maintien de la structure du sol que pour son importance comme substrat et source de nutriments (Muschler, 1999). Un sol sous un couvert d'ombre élevé (entre 60 et 80%) contient plus de matière organique et possède une meilleure capacité d'échange cationique qu'un sol sous un couvert d'ombre faible (entre 10 et 30%) (Muschler, 1999). Sur un sol pauvre, les arbres d'ombrage améliorent le cycle des nutriments puisqu'ils les absorbent en profondeur dans le sol par les racines et ensuite les retournent aux caféiers par le dépôt de matière organique à la surface du sol.

Certains arbres, arbustes et herbes, surtout dans la famille de Leguminae, sont reconnus pour fixer l'azote dans l'air et, ainsi, pour substituer une partie importante des fertilisants d'azote et pour diminuer les coûts se rapportant aux intrants chimiques (Muschler, 1999). Puisqu'ils améliorent la fertilité des sols, il est recommandé de les planter en abondance dans les plantations de café (Muschler, 1999). De plus, les arbres d'ombrage contribuent à maintenir une humidité élevée dans le sol; par conséquent, ils favorisent la présence d'organismes et la décomposition de la matière organique (Clough et al., 2010). L'augmentation des feuilles mortes au sol favorise la diversité des organismes décomposeurs (Clough et al., 2010). Les décomposeurs jouent un rôle important dans le recyclage des nutriments. Ils participent à la transformation de l'azote et du phosphore et les rend disponibles dans le sol (Corre et al., 2006).

Dans un système d'ombre, bien que le couvert d'ombre réduise la photosynthèse, la transpiration, le métabolisme et la croissance et, par conséquent, la demande en nutriments par les caféiers (Beer, 1987), et que les arbres d'ombrage produisent une grande quantité de matière organique, les caféiers peuvent parfois être en compétition avec les arbres d'ombrage pour les nutriments (Beer et al., 1998). Néanmoins, la production de café est affectée seulement par une densité élevée des arbres d'ombrage dans un environnement optimal pour la culture de café (Muschler, 1999). Par exemple, Ramirez (1993) a comparé un système de plein soleil et un système sous couvert d'ombre d'*Inga* (*Erythrina poeppigiana*) et, sans l'utilisation de fertilisants, le système d'ombre fut le plus productif.

Bien que Ramirez (1993) ait conduit son étude dans une plantation d'*Inga* qui est une espèce reconnue pour fixer l'azote, Beer et al. (1998) affirment que la contribution de l'azote fixée par les arbres est généralement surestimée et que la capacité des arbres d'ombrage de produire une grande quantité de matière organique (par la litière et les résidus de la taille) peut être plus importante pour leurs effets positifs sur les propriétés chimiques et physiques du sol (Beer et al., 1998). En effet, le lessivage de l'azote est plus grand dans les plantations de plein soleil que dans les plantations d'ombre, probablement dû à l'ajout de fertilisants (Beer et al., 1998). Imbach et al. (1989) rapportent des pertes annuelles d'azote à 60 ou 100 cm de profondeur de 5 à 9 kg ha<sup>-1</sup> pour les plantations de café d'ombre et 24 kg ha<sup>-1</sup> pour les monocultures de café de plein soleil. Par conséquent, les arbres d'ombrage ont le potentiel de réduire la contamination des eaux souterraines par les nitrates dans les aires de production intensive de café (Beer et al., 1998).

De plus, les arbres d'ombre jouent un rôle important dans le contrôle de l'érosion des sols. Ils protègent le sol contre l'impact des gouttes de pluie, réduisent la vitesse du ruissellement de surface en augmentant la rugosité du sol et l'infiltration de l'eau et en procurant une couche de litière organique et des racines qui créent des canaux dans le sol (Ranieri et *al.*, 2004). Le couvert de végétation (incluant les arbres d'ombrage, les caféiers et les herbes) et l'épaisseur de matière organique au sol varient grandement entre une plantation d'ombre et une plantation de plein soleil (Ataroff et Monasterio, 1997b). Par exemple, Ataroff et Monasterio (1997a) rapportent 1,15 kg/m<sup>2</sup> de matière organique au sol (pesée sèche) pour une plantation de café d'ombre avec un couvert de végétation de 82 % et 0,36 kg/m<sup>2</sup> pour une plantation de plein soleil avec un couvert de végétation de 66 %. Ces facteurs jouent un rôle déterminant pour la magnitude de l'érosion, particulièrement durant la saison sèche lorsque les premiers centimètres de sol sont secs et que la possibilité de désintégration des agrégats est grande (Ataroff et Monasterio, 1997b). Les résidus de la taille des caféiers et des arbres forment une couche protectrice qui diminue l'impact des gouttes de pluie et qui prévient la perte de la rugosité du sol de surface (Lin et Richards, 2007). De plus, les herbes dans la plantation forment un couvre-sol qui aide à prévenir l'érosion (Meylan et *al.*, 2013). Cependant, ces herbes doivent être coupées régulièrement pour éviter la compétition pour les nutriments et la luminosité avec les caféiers (Ataroff et Monasterio, 1997b). Finalement, lorsque les caféiers deviennent vieux, c'est-à-dire environ 30 ans pour les plantations d'ombre et entre 12 et 15 ans pour les plantations de plein soleil, il est nécessaire d'éliminer les anciens plants et de les remplacer par des nouveaux (Perfecto, 1996). Cette transformation provoque une importante perte de sol et sa fréquence est plus que doublée dans les plantations de plein soleil comparée à sa fréquence dans les plantations d'ombre (Ataroff et Monasterio, 1997b).

#### **2.3.4. Diminution de la croissance de mauvaises herbes**

Les mauvaises herbes sont un facteur qui limite la quantité et la qualité de la production des caféiers (Soto-Pinto et *al.*, 2002). Elles peuvent affecter la production des caféiers directement par compétition, par allélopathie et en étant un obstacle pour la récolte, ou indirectement en étant une espèce hôte pour des insectes ravageurs ou agents pathogènes (Radosevich et *al.*, 1997). Le niveau d'interférence des mauvaises herbes avec les caféiers est déterminé par des facteurs se rattachant à la culture des caféiers (le cultivar, l'espacement et la densité), à la communauté des mauvaises herbes (la composition, la densité et la distribution), à l'environnement (le sol, le climat et les pratiques agricoles), et la période de l'interférence des mauvaises herbes (Bleasdale, 1960). Lorsque l'eau et

les nutriments sont limités, la période où les mauvaises herbes coexistent avec les caféiers est un des plus importants facteurs influençant le niveau d'interférence des mauvaises herbes (Piteli, 1985). Goldberg et Kigel (1986) rapportent qu'après avoir enlevé les arbres et taillé les caféiers, la biomasse de mauvaises herbes a augmenté de 10 fois pour atteindre plus de 12 Mg ha<sup>-1</sup> (pesée sèche). Par ailleurs, Lemes et *al.* (2010) rapportent que dans les plantations de plein soleil, lorsque les désherbages ne sont pas effectués et que les mauvaises herbes coexistent avec les caféiers, la production des caféiers diminue de plus de 80 pour cent.

Les recherches ayant comme objectif de déterminer les effets du couvert d'ombre sur la biomasse des mauvaises herbes et leur composition suggèrent que l'ombre diminue les invasions de mauvaises herbes et change leur composition (Beer et *al.*, 1998; Soto-Pinto et *al.*, 2002). L'ombre diminue la croissance des mauvaises herbes, particulièrement des graminées agressives (Muschler, 1999). Le couvert de feuilles mortes au sol forme une barrière physique qui rend difficile la germination des graines (Muschler, 1999). Le couvert de feuilles mortes et l'humidité favorisent la destruction des graines par la faune au sol (Staver et *al.*, 2001). Par conséquent, plusieurs chercheurs rapportent un changement dans la composition des mauvaises herbes en augmentant le couvert d'ombre, particulièrement une diminution des graminées agressives (Soto-Pinto et *al.*, 2002). Ce changement en composition est d'une grande importance économique même si le changement en biomasse des mauvaises herbes est faible (Beer et *al.*, 1998). Muschler (1997) rapporte que sous un couvert d'ombre homogène de plus de 50 pour cent, les mauvaises herbes étaient presque éliminées et les graminées agressives étaient supprimées. Sous un tel système, les coûts liés à l'entretien des arbres d'ombrage correspondent à moins de 3 pour cent des coûts totaux de la production, alors que les coûts pour le désherbage peuvent s'élever jusqu'à 9 pour cent des coûts totaux de la production dans un système de plein soleil ou d'ombre faible (Muschler, 1998). Dans un système ayant un couvert d'ombre de plus de 50 pour cent, les arbres d'ombrage peuvent contribuer à réduire les coûts totaux de production d'environ 6 pour cent (Muschler, 1998).

Généralement, un choix et un entretien approprié des espèces d'arbre d'ombrage peuvent réduire considérablement la quantité des herbicides et de main-d'œuvre pour le désherbage (De Silva et *al.*, 1990). D'autres pratiques agricoles peuvent favoriser la diminution des mauvaises herbes agressives. Par exemple, certaines herbes ayant une croissance faible et des racines peu profondes peuvent être laissées comme couvre sol pour la conservation du sol (Staver, 1998). De plus, la propagation de certaines mauvaises herbes agressives peut être réduite par une taille afin de réduire leur croissance

et la propagation des graines (Staver et *al.*, 2001). Une autre pratique agricole, la culture d'herbes utiles, par exemple à des fins médicinales ou alimentaires, augmente la présence d'herbes à feuilles larges et diminue la densité des graminées (Muschler, 1999). Ce phénomène peut être dû à l'augmentation de l'hétérogénéité environnementale causée par la différence dans la structure et la composition. Cette hétérogénéité favoriserait la différenciation de niches et contribuerait ainsi à empêcher les mauvaises herbes de devenir dominantes (Muschler, 1999).

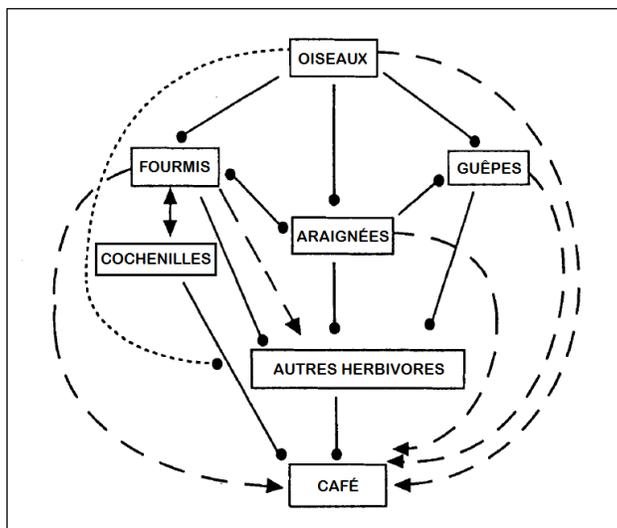
Les applications d'herbicides peuvent être réduites significativement ou éliminées complètement puisque le couvert d'ombre diminue drastiquement la croissance de mauvaises herbes telles que les graminées agressives (Soto-Pinto et al, 2002). Par ailleurs, comme il sera vu dans la section suivante, le contrôle naturel des insectes ravageurs et des maladies dans les plantations de café d'ombre est un autre service écosystémique qui permet la réduction des intrants chimiques.

### **2.3.5. Contrôle des insectes ravageurs et des maladies**

La complexité de la structure et la diversité végétale des plantations de café d'ombre favorisent l'abondance et la diversité d'espèces fauniques dont certaines jouent un rôle important dans le parasitisme ou la prédation des bioagresseurs du caféier (Perfecto et *al.*, 1996; Perfecto et Armbrrecht, 2003). De plus, les interactions complexes entre les espèces procurent une balance et une protection naturelle puisque le système semble agir de façon à régulariser les espèces clés d'insectes ravageurs (Vandermeer et *al.*, 2010). Cette section identifie les principaux ennemis naturels et interactions trophiques impliquées dans le contrôle des insectes ravageurs et des maladies dont les dommages économiques potentiels ont été discutés au chapitre 1 (Section 1.4.3).

Les oiseaux, les fourmis et les araignées ont des impacts sur les populations d'arthropodes et autres herbivores (Perfecto et Armbrrecht, 2003; Figure 2.8). Perfecto et Armbrrecht (2003) affirment que les plantations de café d'ombre supportent une grande diversité d'oiseaux dont la plupart sont soit insectivores ou omnivores et que les arthropodes constituent la majeure partie de leur diète. Par exemple, au Guatemala, Greenberg et *al.* (2000) rapportent que les oiseaux suppriment des populations d'herbivores (réduction de 60 à 80 % du nombre d'arthropodes de plus de 5 mm) et ainsi contribuent à réduire les dommages causés aux feuilles des caféiers. Dans des plantations en Jamaïque, Kellermann et *al.* (2008) ont rapporté que les contenus stomacaux des espèces d'oiseaux *Dendroica caerulescens*, *Setophaga ruticilla* et *D Dendroica discolor* contenaient respectivement

53, 56 et 44 % de scolytes. Par ailleurs, Robinson et Robinson (1974) ont extrapolé que les araignées qui construisent des toiles consomment approximativement 40 millions d'insectes par hectare par année. De plus, Ibarra-Núñez et *al.* (2001) ont analysé les proies des araignées et des fourmis dans les plantations de café au Chiapas. Ils rapportent que 38,1 pour cent de toutes les proies identifiées étaient connues comme ravageurs des caféiers.



**Figure 2.8 Diagramme des principales interactions trophiques dans une plantation de café du Soconusco, Chiapas, Mexique**

Les pointes de flèches indiquent des effets positifs et les points noirs indiquent des effets négatifs. Les lignes pleines indiquent des effets directs et les lignes hachurées indiquent des effets indirects qui agissent à travers des changements dans la densité ou la biomasse, alors que la ligne pointillée indique un effet indirect agissant à travers la modification d'un effet direct.

Traduction libre

Modifié de Perfecto et Ambrecht (2003), p.180.

Des études sur les fourmis dans les plantations de café suggèrent que les fourmis pourraient être un élément clé dans le contrôle naturel des bioagresseurs du caféier (Ambrecht et Perfecto, 2003; Lomeli-Flores et *al.*, 2008). Des études menées au Chiapas ont relevé la présence de 26 espèces de fourmis, la majorité ayant des habitudes prédatrices (Ambrecht et Perfecto, 2003). Dans les plantations de café au Chiapas, Lomeli-Flores et *al.* (2008) se sont concentrés sur les espèces de fourmis qui s'attaquaient à la mineuse blanche de la feuille du caféier. Ils ont dénombré 15 espèces de fourmis associées au caféier parmi lesquelles 14 espèces se nourrissaient de la mineuse blanche de la feuille du caféier. Ailleurs au Mexique, De la Mora et *al.* (2008) rapportent que le taux d'incidence

de la mineuse blanche de la feuille du caféier est inversement proportionnel à l'abondance des fourmis qui nichent dans ses branches. Au Brésil, où la production se fait principalement sous monoculture de plein soleil, les guêpes ont été reconnues comme le principal groupe d'espèces se nourrissant de la mineuse blanche de la feuille du caféier (Fragoso et al., 2001). Larsen et Philpott (2010) ont analysé la capacité de prédation des fourmis sur le scolyte des baies du caféier. Ils ont constaté que plusieurs espèces de fourmis nichant dans les branches sont des prédateurs efficaces du scolyte des baies à l'extérieur et à l'intérieur des fruits des caféiers. Ils rapportent que, bien que la plus grande abondance de fourmis se trouve dans les plantations où les arbres d'ombrage avaient été récemment taillés, le taux d'élimination des scolytes était plus élevé dans les sites très ombragés.

De plus, la complexité de la végétation et les conditions humides procurent des habitats pour des organismes antagonistes tels que des champignons qui peuvent contrôler des organismes pathogènes. Par exemple, Staver et al. (2001) rapportent que l'effet des arbres d'ombrage serait favorable à des champignons entomopathogènes tels que *Beauveria bassiana* (Bals) qui compte parmi les principaux ennemis naturels du scolyte des baies et de *Lecanicillium lecanii*, un hyperparasite de la rouille orangée. De plus, Vandermeer et al. (2010) soulignent que la fourmi *Azteca* attire la cochenille verte (*Coccus viridis* Green) (avec laquelle elle est en relation mutualiste) et que le champignon *L. lecanii* attaque les cochenilles qui les aident à la propagation du champignon et, par conséquent, contribuent à freiner les ravages de la rouille orangée.

Puisque la densité et la diversité des oiseaux diminue avec l'intensification, la capacité des oiseaux à contrôler les insectes herbivores tels que le scolyte des baies est aussi réduite par l'intensification (Perfecto et Armbrrecht, 2003). Par ailleurs, les araignées ont un rôle important dans l'élimination des insectes ravageurs et elles se retrouvent en plus grande abondance dans les systèmes de café d'ombre (Perfecto et Armbrrecht, 2003). De plus, l'intensification des pratiques agricoles amène des changements dans la composition et la diversité des organismes qui y vivent. Une communauté diversifiée dans les plantations d'ombre change en communauté dominée par une espèce ou en une composition en espèces moins efficaces dans le contrôle des bioagresseurs dans les systèmes intensifs (Perfecto et Armbrrecht, 2003).

Cependant, la relation entre la biodiversité et le contrôle des bioagresseurs du caféier n'est pas si simple puisque le contrôle des bioagresseurs est le résultat de complexes interactions entre espèces (Vandermeer et al., 2010). Vandermeer et al. (2010) rapportent que dans une plantation de café

organique de 300 hectares dans le sud du Mexique, 13 organismes (insectes et champignons), 6 processus écologiques (compétition, prédation, parasitisme, hyperparasitisme, maladies et mutualisme) et le rôle de la dynamique spatiale étaient impliqués. Vandermeer et collègues décrivent un réseau trophique complexe autour de la fourmi *Azteca*. Ils suggèrent que ce réseau assure de façon autonome le contrôle des bioagresseurs discutés dans cet essai et de la cochenille verte (*Coccus viridis* Green) qui est perçue comme généralement une nuisance plutôt qu'un insecte ravageur. Ils affirment que les réseaux écologiques, par leurs interactions complexes entre espèce, protègent les agroécosystèmes de café d'ombre contre la dévastation extrême par les insectes ravageurs ou les maladies. De plus, dix années de recherche les a menés à l'hypothèse qu'un réseau écologiquement complexe agit comme un service écosystémique qui peut être décrit comme étant autonome ou endogène.

Plus d'études sont nécessaires afin de bien comprendre la dynamique des différents réseaux qui permettent naturellement le contrôle des insectes ravageurs et des maladies. Néanmoins, plusieurs recherches ont montré que, dans une plantation diversifiée, chaque espèce herbivore doit composer avec une plus grande diversité d'ennemis naturels que dans les monocultures de café d'ombre. Par conséquent, la probabilité qu'un herbivore particulier atteigne une population suffisamment grande pour engendrer une dévastation extrême est plus faible (Perfecto et Armbrrecht, 2003). Ainsi, le maintien de la diversité dans les plantations de café permet une culture organique (Soto-Pinto et al., 2000) et contribue à réduire les impacts négatifs de la caféiculture intensive (Boyce et al., 1994) (Section 1.2).

### **2.3.6. Pollinisation des caféiers**

La diversité faunique influence la quantité et la qualité des grains non seulement par le contrôle des insectes ravageurs et des maladies, mais aussi par la pollinisation. Le *Coffea arabica* L. est une espèce auto-fertile; néanmoins, il bénéficie de la présence de pollinisateurs (Klein et al., 2003a; Perfecto et al., 2012). La diminution de l'abondance et de la diversité des arthropodes causée par l'intensification des pratiques agricoles diminue la pollinisation des caféiers (Klein et al., 2003b; Ricketts et al., 2004; Philpott et al., 2006; Perfecto et al., 2012).

En Indonésie, Klein et al. (2002) n'ont pas trouvé d'effets significatifs de l'intensification des pratiques agricoles sur l'abondance des abeilles et des guêpes et suggèrent que certaines espèces

d'abeilles peuvent avoir bénéficié d'un habitat plus ouvert en agroécosystème de café. Néanmoins, Klein et *al.* (2003b, 2008) rapportent que les systèmes agroforestiers complexes, en terme de diversité floristique, supportent une plus grande diversité d'abeilles et plus de visites des fleurs par les abeilles que les monocultures de plein soleil ou les monocultures semi-ombragées. Klein et *al.* (2003b) rapportent qu'un grand nombre de visites des fleurs par les abeilles correspond à une augmentation du nombre de fruits des caféiers. Ils affirment que l'augmentation de la diversité des abeilles de 3 à 20 espèces augmente la pollinisation de 60 à 90 pour cent.

Au Mexique, Philpott et *al.* (2006) ont analysé l'influence d'espèces d'insectes pollinisatrices volantes et des fourmis sur la quantité et qualité des fruits du caféier dans deux plantations au Chiapas : une très ombragée et diversifiée et l'autre peu ombragée et peu diversifiée. Ils soulignent que le poids des fruits des caféiers peut être dû en grande partie à la disponibilité des nutriments lors de leur maturation. Néanmoins, ils ont démontré que, sous un système ayant un important couvert d'ombre (> 35 %) où l'activité des pollinisateurs, incluant les fourmis, est élevée, la présence des fourmis ou des interactions entre les fourmis et les pollinisateurs volants contribuent à produire des fruits plus gros que sous un couvert d'ombre faible (entre 10 et 30%).

Klein et *al.* (2003b) rapportent que certaines espèces d'abeilles solitaires dépendent largement de la disponibilité des sites de nidification et de plantes particulières. Par conséquent, en augmentant la disponibilité du pollen et du nectar et des sites de nidification, par exemple en conservant de vieux arbres d'ombrage sur la plantation, les agriculteurs peuvent augmenter les populations d'abeilles à l'intérieur de leur plantation et ainsi favoriser la pollinisation (Klein et *al.*, 2003b). Klein et collègues affirment que les agriculteurs devraient conserver une diversité d'abeilles pour augmenter leur production. De plus, de cette façon ils participent à la conservation des populations d'espèces pollinisatrices et, par conséquent, d'un autre service écosystémique de grande importance.

La perte d'habitat dans les zones d'agriculture peut être une cause particulièrement importante de la diminution des populations d'abeilles dans ces zones, puisque la pollinisation par les espèces indigènes est faite localement (Ricketts, 2004). Ricketts (2004) affirme que gérer la production de café en fonction de la conservation des insectes pollinisateurs peut constituer une alternative complémentaire au maintien des habitats naturels proches des plantations. De plus, McCann (2000) affirme que participer au maintien de la diversité des espèces pollinisatrices peut aider à stabiliser les

services de pollinisation dans le temps en contribuant à diminuer l'impact de la diminution d'une population individuelle.

La valeur économique de la pollinisation a été évaluée selon la structure du paysage. Des études ont démontré que le nombre de fruits augmente grâce à la pollinisation par les abeilles lorsque des fragments de la forêt de nuages sont adjacents aux plantations de café (Klein et *al.*, 2003b; Ricketts et *al.*, 2004; Olschewski et *al.*, 2007). D'autres études ont évalué les impacts économiques de la déforestation sur la pollinisation des caféiers (Olschewski et *al.*, 2006; Priess et *al.*, 2007). Ricketts et *al.* (2004) ont calculé que pour les caféiers situés à l'intérieur de 1 km de fragments de forêt conservée, les abeilles indigènes augmentent la productivité des caféiers de plus de 20 pour cent. De plus, Ricketts et collègues ont évalué les bénéfices économiques associés à la pollinisation par les abeilles indigènes venant de deux fragments de forêt (46 et 11 ha) pour une plantation de café au Costa Rica. Ils affirment que la part de revenu associée aux services de pollinisation de ces deux fragments de forêt pour cette seule plantation équivalait approximativement à 60 mille dollars US par année.

Les systèmes de café d'ombre conservent aussi d'autres services écosystémiques qui se traduisent en bénéfices économiques, par exemple le bois de construction et de chauffage, grâce auquel la perte de revenus associée à la productivité des caféiers est couverte dans plusieurs cas (Gordon et *al.*, 2007).

#### **2.4. Contribution économique des produits venant des arbres**

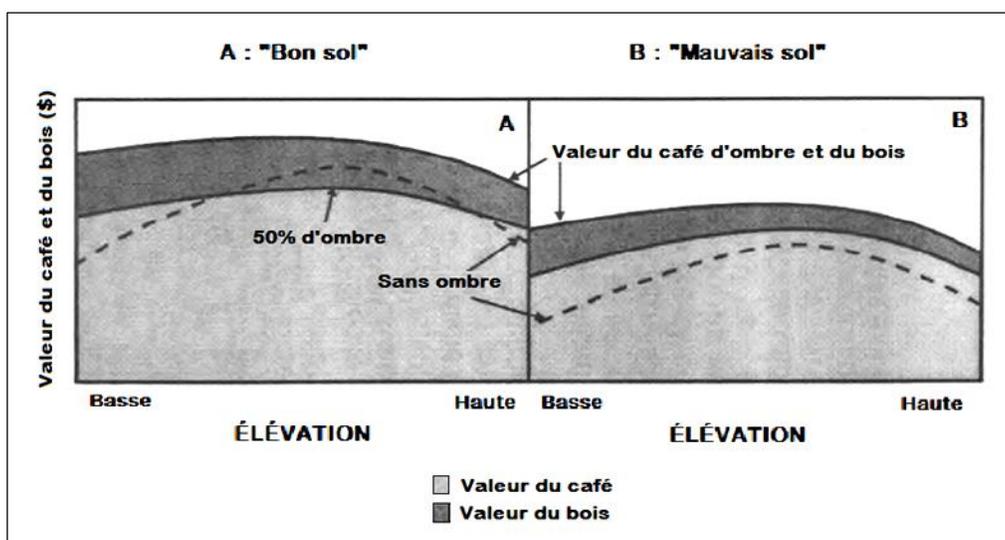
Les produits venant des arbres d'ombrage, par exemple le bois de construction et de chauffage, les fruits, les médicaments naturels, les tuteurs, les graines, les tanins, les latex et les huiles offrent des bénéfices directs aux producteurs. Ces produits sont soit consommés par les familles ou vendus sur le marché local, national ou international. Ainsi, ils contribuent à augmenter les revenus des producteurs et à réduire leur dépendance aux ventes de café et, par conséquent, à augmenter leur stabilité économique.

Dans un système de café d'ombre bien géré, une grande partie de la production annuelle de bois venant des arbres d'ombrage est taillée et utilisée comme bois de chauffage et, occasionnellement, des arbres complets sont enlevés pour la construction ou pour vendre sur le marché local (Rice, 2008). Les arbres fruitiers procurent aussi une sécurité de revenu. Par exemple, un seul avocatier peut

produire entre 2 000 et 3 000 fruits par saison (Perfecto, 1996). Plusieurs fruits servent pour la subsistance ou sont destinés aux marchés local ou régional, par exemple : les avocats, les bananes, les oranges, les mandarines et les limes; et au marché national ou international : la mangue, le litchi et la goyave (Moguel et Toledo, 2004). D'autres produits sont aussi cultivés par les producteurs de café pour augmenter leurs revenus, par exemple : les feuilles de bananes, la noix de macadamia, la cannelle, la vanille et le piment (Martínez et *al.*, 2007). De plus, plusieurs plantes cultivées dans les plantations de café d'ombre sont utilisées comme médicaments naturels. Ces plantes médicinales sont une alternative immédiate et peu coûteuse pour plusieurs maladies et leur commerce peut contribuer à l'augmentation des revenus des producteurs de café (Zurita, 2004).

Au Mexique, Moguel et Toledo (2004) rapportent que les systèmes de café d'ombre diversifiés contiennent entre 40 et 140 espèces de plantes utiles. Par ailleurs, au Costa Rica, Espinoza (1986) affirme qu'un hectare d'une plantation de café avec une diversité d'arbres d'ombrage couvre les besoins en bois de construction, de chauffage et de fruits d'une famille de 7 personnes et que simplifier une telle plantation serait désavantageux pour eux, même si la production de café augmentait. Beer et *al.* (1998) et Muschler (1999) affirment que dans des conditions où l'ombre contribue à réduire la production de café (50 % de couvert d'ombre), la contribution économique des produits venant des arbres d'ombrage peut surpasser les pertes associées à la baisse de production de café (Figure 2.9).

Lors d'une étude menée au Pérou et au Guatemala, Rice (2008) a constaté que la consommation et la vente des produits autres que le café contribuent respectivement à un cinquième et un tiers du total des revenus d'un système de café d'ombre. Il souligne que le bois de chauffage et de construction contribuent à la majeure partie de ces revenus. Par ailleurs, au Chiapas, Mexique, Peeters et *al.* (2003) rapportent que, dans les polycultures traditionnelles, les producteurs de café utilisent 40 pour cent des arbres d'ombrage pour le bois de construction. Ils estiment que la valeur monétaire du bois de construction correspond à presque 18 fois le montant estimé pour une année de revenu obtenu des récoltes de café. Ils soulignent que bien que les producteurs ont extrait une partie du bois pour leur usage personnel, ce montant correspond à une production sur 30 ans et ne peut être récolté chaque année. Cependant, ils maintiennent que, comme source de bois de construction constante et réserve économique, la valeur du bois de construction des polycultures traditionnelles est considérable.



**Figure 2.9 Contribution économique hypothétique des produits venant des arbres en fonction de la fertilité du sol et de l'altitude**

Traduction libre

Modifiée de Muschler (1999), p. 73.

Planter une diversité d'arbres fruitiers valorise l'autosuffisance à travers une stratégie de diversification des sources de revenus. Les arbres d'ombrage qui servent comme bois de chauffage ou de construction peuvent aussi être considérés comme un capital en banque et être utilisés lorsque les familles sont dans le besoin. Par conséquent, cette stratégie contribue à réduire les risques économiques et augmenter la rentabilité à long terme.

## 2.5. Réduction des risques économiques et rentabilité à long terme

La maximisation des profits, tout en protégeant les investissements à long terme, est un des premiers objectifs des cultivateurs de café. Cette section évalue et compare la rentabilité des différents systèmes de caféiculture en considérant leur productivité, les coûts liés à leur fonctionnement, les risques économiques et leur vulnérabilité aux pressions globales. Cette analyse a pour objectif d'évaluer les coûts et les bénéfices économiques de la conservation pour les producteurs de café.

Les systèmes de café d'ombre présentent moins de risques économiques que le système de monoculture de café de plein soleil (Gobbi, 2000; Gordon et al., 2007). Les producteurs de café d'ombre ne sont pas tenus d'acheter des fertilisants, des pesticides et autres équipements qui sont

nécessaires à la production en monocultures de café de plein soleil; par conséquent, ces systèmes ont une demande comparativement basse pour les investissements (Perfecto et *al.*, 1996; Gobbi, 2000). Les nouvelles variétés de caféier utilisées en monocultures sont plus fragiles, c'est-à-dire moins résistantes que les variétés traditionnelles face aux dommages causés par les insectes ravageurs et les maladies (Tulet, 2008). De plus, elles disposent d'une durée de vie de huit ans environ, pouvant aller jusqu'à douze après recépage; ensuite, leur efficacité diminue fortement (Tulet, 2008) alors que les variétés traditionnelles ont une durée de vie de plus de 30 ans (Perfecto et *al.*, 1996). Par conséquent, ces nouvelles variétés doivent être remplacées plus fréquemment. Elles demandent surtout des soins et des entretiens beaucoup plus importants, avec des désherbages plus fréquents et diverses applications de pesticides, de fongicides et d'engrais (Tulet, 2008). Dans certains cas, selon les prix du café, ces coûts associés au fonctionnement des systèmes peuvent dépasser les revenus générés par l'augmentation de la production (Perfecto et *al.*, 1996).

Au Mexique, les producteurs qui utilisent le système de polyculture traditionnelle investissent en moyenne 2 pour cent du total de leurs dépenses pour l'achat d'intrants chimiques, alors que les producteurs qui utilisent le système de polyculture commerciale ou de monoculture de plein soleil investissent respectivement 19 et 25 pour cent pour les intrants chimiques (Perfecto, 1996). Au Brésil, dans la Zona da Mata of Minas Gerais, l'utilisation d'intrants chimiques tels que les fertilisants, la chaux, les fongicides, les insecticides, et les stimulateurs de croissance est une pratique commune (De Souza et *al.*, 2012). Dans certains cas, les intrants atteignent jusqu'à 54 pour cent du coût total de production (De Souza et *al.*, 2012).

De plus, les coûts d'entretien des arbres d'ombrage sont considérés comme étant relativement bas (Muschler, 1999; Gobbi, 2000). Malgré les dommages possibles lorsque les arbres d'ombrage sont abattus, le faible coût de restauration des caféiers affectés, la minime réduction de la production et les importants gains financiers de la vente du bois supportent fortement l'utilisation des arbres pour le bois de construction à l'intérieur de la plantation (Beer et *al.*, 1998). Cependant, certaines limitations économiques peuvent être causées par la période d'attente avant de retirer pleinement les bénéfices des systèmes de café d'ombre. Par exemple, les bénéfices de la conservation des sols et les revenus venant de la récolte du bois peuvent ne devenir apparents qu'après quelques décennies (Muschler et Bonneman, 1997). Néanmoins, les systèmes rustiques ou de polycultures utilisant peu d'intrants chimiques et ayant d'autres sources de revenus venant de la diversification des cultures

sont moins risqués économiquement puisqu'ils présentent une source de revenus additionnels qui diminue l'impact de la chute des prix du café, le cas échéant (Gordon et *al.*, 2007; Tableau 2.1).

**Tableau 2.1 Revenu net par hectare par année en fonction du prix du café pour 4 types de systèmes de caféiculture au centre de l'état de Veracruz, Mexique (en pesos mexicains/kg de cerises de café non transformées)**

Système	Scénario	Scénario	Scénario	Scénario
	1	2	3	4
Rustique	6448	10705	17623	14438
Monoculture semi-ombragée	6418	11514	19795	11514
Polyculture commerciale	1505	4485	9328	5817
Plein soleil	493	6373	15928	6373

Le scénario 1 : 1,4 p/kg : correspond au prix du café en janvier 2002 au point le plus bas dans la dernière crise des prix du café. Le scénario 2 : 2,2 p/kg : correspond au prix du café dans l'état de Veracruz en janvier 2003. Le scénario 3 : 3,5 p/kg : représente un « prix normal » avant crise. Le scénario 4 : 2,2 p/kg pour le café régulier (correspondant au prix de janvier 2003) et 3,5 p/kg pour le café organique (prix prévu pour 2004).

Traduction libre

Modifié de Gordon et *al.* (2007), p. 262.

Bien que dans les sites aux conditions optimales le système de monoculture de café de plein soleil présente les plus hauts profits potentiels, il présente un risque économique élevé. Les coûts élevés pour le fonctionnement des systèmes de caféiculture intensive sont certains alors que les revenus sont incertains puisqu'ils dépendent de la fluctuation des prix du café sur le marché (Gordon et *al.*, 2007). Par exemple, au Mexique, plus précisément au centre de l'état de Veracruz, lors de la crise des prix du café, les producteurs des plantations de café de plein soleil ont vu leur revenu net divisé par 30, relativement au prix du café avant la crise, alors que les revenus des producteurs des plantations rustiques ont été divisés en moyenne par 2,9 (Gordon et *al.*, 2007).

Il semble que la simplification de la structure et la diminution de la diversité puissent affecter la santé de l'agroécosystème et son équilibre écologique à long terme (Soto-Pinto et *al.*, 2002). Un système sain demande moins d'investissements et, par conséquent, il est moins vulnérable aux fluctuations des prix du café sur le marché. De plus, il possède une meilleure résilience lors d'événements climatiques (Schroth et *al.*, 2009) ou de l'incidence d'insectes ravageurs et de maladie (Bedimo et

*al.*, 2012). Ainsi, les revenus des producteurs utilisant le système traditionnel sont moins affectés par les trois grandes pressions globales.

La relation entre la biodiversité et la profitabilité est généralement vue comme étant un compromis, c'est-à-dire qu'il y a un coût pour conserver la biodiversité et que les plus gros profits sont réalisés dans les plantations avec un bas niveau de biodiversité. Cependant, les systèmes de caféiculture avec un haut niveau de biodiversité peuvent être profitables économiquement (Muschler, 1999; Gordon et *al.*, 2007). Par contre, une grande partie des petits producteurs de café d'ombre ont besoin d'une compensation économique supplémentaire pour les mauvaises récoltes (Perfecto et *al.*, 2005). Par conséquent, des stratégies et opportunités économiques sont alors nécessaires pour faire en sorte que la conservation de la biodiversité à travers les agroécosystèmes de café d'ombre soit une option viable pour ces producteurs qui sont sujets à la technification et à la conversion des cultures.

Plusieurs opportunités économiques permettent aux agriculteurs d'augmenter les revenus de leur production tout en conservant un système de café d'ombre qui favorise la diversité floristique et faunique. Le chapitre suivant analyse plus particulièrement la certification du café d'ombre et les paiements pour les services environnementaux. Ensuite, ces opportunités sont évaluées en fonction de leur contribution à la conservation de la biodiversité et leur contribution économique pour les producteurs de café d'ombre de la forêt de montagne centraméricaine.

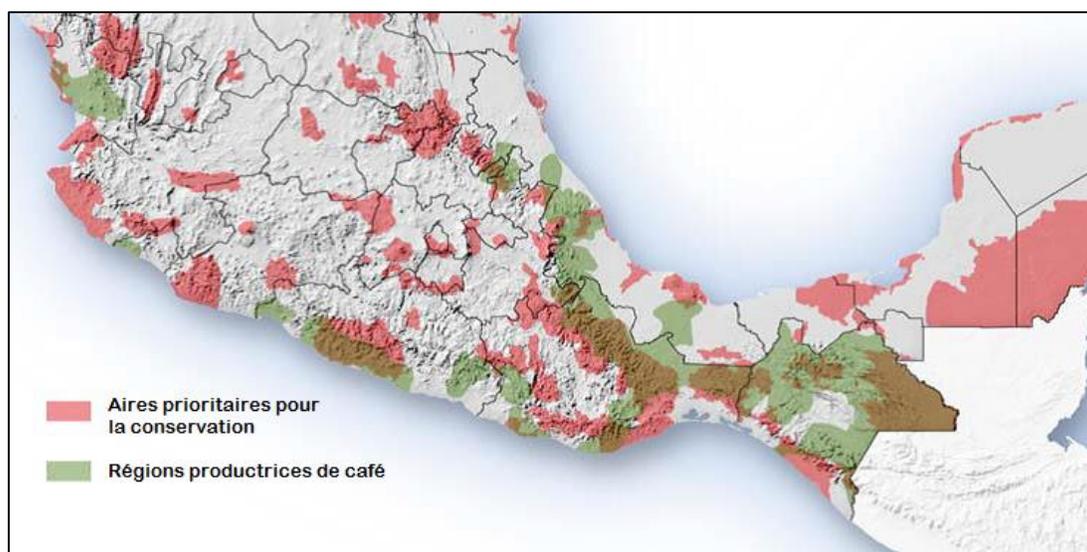
## Chapitre 3

### **Le café d'ombre en forêt de montagne mexicaine : combiner la conservation de la biodiversité et la rentabilité économique**

La conservation de la biodiversité est indissociable de la rentabilité économique des petits producteurs de café d'ombre, puisque le café est cultivé majoritairement par des petits producteurs dans des pays en développement et que les zones de production de café coïncident avec les points chauds de biodiversité (Moguel et Toledo, 1999a). Plusieurs petits producteurs qui ont des pratiques agricoles ayant un faible impact écologique ne reçoivent pas de compensation pour les bénéfices écologiques qu'ils procurent (Méndez, 2008). Lorsque des producteurs trouvent une option plus profitable, ces bénéfices écologiques peuvent être perdus (Auld, 2010). Dans ce contexte, les instruments économiques peuvent offrir des incitatifs financiers qui ont un impact sur les facteurs de la perte de biodiversité et, par conséquent, ils sont des outils à intégrer aux politiques de conservation (OECD, 2013). Les programmes de certification du café d'ombre sont une opportunité pour développer un mécanisme de paiement pour la conservation de la biodiversité qui s'exprime à travers le marché et les relations entre les producteurs et les consommateurs (Fonseca, 2006). Bien que le marché pour les cafés certifiés représente une petite part du marché, ces cafés ont le potentiel de promouvoir la conservation et d'être bénéfiques pour les conditions de vie des petits producteurs (Perfecto et *al.*, 2012). Les programmes de paiements pour les services écosystémiques (PSE) sont un autre outil économique développé dans les dernières années. Bien qu'ils ne soient pas appliqués au même niveau dans tous les pays ou régions, ils sont un moyen intéressant de compenser les petits producteurs de culture sous ombre pour la conservation de services écosystémiques comme la conservation de la biodiversité. Au Mexique, le café d'ombre est cultivé principalement par des paysans et des peuples autochtones de la forêt de montagne (Moguel et Toledo, 1999b). Dans ce contexte, ce chapitre contient une analyse de l'importance écologique des plantations de café d'ombre en forêt de montagne et du contexte socio-économique et culturel de ces producteurs de café. Ensuite, il définit les circonstances dans lesquelles la certification du café d'ombre et les programmes nationaux de PSE contribuent à la conservation de la biodiversité et à l'augmentation des revenus des producteurs et il identifie les facteurs qui limitent l'efficacité de ces stratégies. Pour conclure, ce chapitre propose des pistes de solution et illustre les perspectives futures pour la conservation de la biodiversité dans les plantations de café d'ombre et la rentabilité des producteurs en forêt de montagne mexicaine.

### 3.1. Importance écologique des plantations de café d'ombre en forêt de montagne

Au Mexique, Moguel et Toledo (2004) estiment que 60 pour cent des plantations correspondent au système rustique ou au système de polyculture traditionnelle. De plus, Bartra et *al.* (2003) mentionnent que seulement 17 pour cent des plantations sont des monocultures de plein soleil. Cette situation est exceptionnelle et n'est pas souvent présente dans les autres pays d'Amérique centrale ou du Sud où le système de monoculture de plein soleil a été fortement encouragé. Ces conditions sont très importantes puisque les plantations de café sont situées principalement dans des zones de conservation prioritaires pour la biodiversité du pays, et elles représentent d'importants corridors biologiques en altitude (Figure 3.1; Moguel et Toledo, 2004; Fonseca, 2006).



**Figure 3.1 Aires prioritaires pour la conservation et régions productrices de café**

Traduction libre

Modifié de Moguel et Toledo (2004), p. 3.

Au Mexique, les zones de production de café sont situées dans les écotones tropicaux et tempérés et coïncident avec les 4 principaux types de forêts mexicaines, soit la forêt tropicale humide haute et moyenne sempervirente (*selva alta* et *mediana perennifolia* et *subperennifolia*), la forêt basse décidue (*selva baja caducifolia*), la forêt de nuages (*bosque mesófilo*) et la forêt de pins et de chênes (*bosque de pino-encino*) (Moguel et Toledo, 1999a). Une étude menée par Moguel (1995) dans 356

municipalités où se produit le café a montré que les zones de production de café qui sont situées sur le versant Atlantique correspondent principalement à des régions originalement couvertes par la forêt tropicale humide haute et moyenne sempervirente et la forêt de nuages; alors que dans les montagnes du versant Pacifique (Nayarit, Colima, Guerrero), le café est cultivé dans la forêt basse décidue, la forêt de chêne de basse altitude et, en proportion plus faible, en forêt de pins et de chênes. Moguel et Toledo (2004) rapportent que 40 pour cent de la superficie des états producteurs de café correspond à des aires de forêt tropicale humide haute et moyenne, 23 pour cent de forêt de pins et de chênes, 21 pour cent de forêt basse décidue et 15 pour cent de forêt de nuages (Tableau 3.1; Moguel et Toledo, 2004).

**Tableau 3.1 Pourcentage des plantations de café par type de forêt affectée dans 9 états producteurs de café au Mexique**

États	<u>Forêt tropicale humide</u>		<u>Forêt tempérée</u>	
	Haute et moyenne sempervirente	Base décidue	Nuages	Pins et chênes
Versant Golf du Mexique				
San Luis Potosí	76	14	4	6
Puebla	51,5	1	7	40,5
Hidalgo	47	-	24	29
Veracruz	68,5	18,5	7	6
Versant Pacifique				
Nayarit	-	82,5	-	17,5
Colima	-	83	-	17
Guerrero	-	45	5	50
Les deux versants				
Oaxaca	76	14	4	6
Chiapas	54,5	12	15,3	18
<b>Valeurs moyennes</b>	<b>41,5</b>	<b>30</b>	<b>7,4</b>	<b>21,1</b>

Traduction libre

Modifié de Moguel et Toledo (1999a), p.19.

Au niveau mondial, la forêt de nuages est parmi les écosystèmes les plus menacés (Toledo-Aceves et *al.*, 2011). Cette forêt, qui couvre moins de 1 pour cent du Mexique, est le type de végétation le plus riche considérant la richesse en espèces par unité d'aire et elle contient un grand nombre d'espèces endémiques (Rzedowski, 1978). Par exemple, avec plus de 3 000 espèces de plantes vasculaires, elle contribue approximativement à 12 pour cent de la richesse en espèces de plantes du pays (Williams-Linera et *al.*, 2002; Toledo-Aceves et *al.*, 2011). De plus, elle joue un rôle important pour la captation

de l'eau puisqu'elle est caractérisée par la présence de nuages persistants qui permettent d'augmenter les précipitations nettes par l'interception directe de l'eau des nuages par la canopée (Hamilton et *al.*, 1995). L'utilisation de l'eau par la végétation est faible due à des radiations solaires réduites et, par conséquent, à un déficit en eau réduit, à l'humidité de la canopée et, en général, à la suppression de l'évapotranspiration presque toute l'année (Hamilton et *al.*, 1995). Ce type de forêt contribue grandement à l'addition de l'eau dans les bassins versants où elles se trouvent (Hamilton et *al.*, 1995). Cependant, la forêt de nuages a une distribution discontinue qui se limite aux chaînes de montagnes qui ont des conditions d'humidité et de température spécifiques; par conséquent, sa distribution est analogue à un archipel (Hamilton et *al.*, 1995). Sa distribution fragmentée et le long processus pour sa récupération après des perturbations en fait un écosystème particulièrement fragile (Williams-Linera et *al.*, 2002).

L'habitat naturel des caféiers *arabica* est la forêt de nuages du sud-ouest de l'Éthiopie; par conséquent, les premières plantations de café au Mexique furent créées en forêt de nuages dans les montagnes vers la fin des années 1800 (Bellingeri et Sánchez, 1980). Ainsi, durant le vingtième siècle, avec l'augmentation du marché international du café, les forêts de nuages du pays furent affectées par les plantations de café (Challenger, 2003; Toledo-Aceves et *al.*, 2011). Néanmoins, les plantations traditionnelles laissent les arbres en place et ainsi permettaient de conserver une partie de la biodiversité et des services écosystémiques (Williams-Linera, 1992; Toledo-Aceves et *al.*, 2011). Cependant, avec le temps, les systèmes et les pratiques agricoles se sont intensifiés. Premièrement, des arbres fruitiers et des légumineuses particulièrement du genre *Inga* ont remplacé plusieurs arbres originaux de la forêt afin d'augmenter la production par l'apport en azote des légumineuses (Nolasco, 1985). De plus, depuis la fin des années 1970, plusieurs plantations de café d'ombre se sont converties en monocultures de plein soleil (Rice et Ward, 1996). Finalement, dans les dernières années, les bas prix du café ont causé une diminution de la superficie des aires de production du café et la conversion à d'autres cultures telles que le maïs et l'élevage (Fonseca, 2006).

Moguel et Toledo (1999a) rapportent que les 14 principales régions productrices de café d'ombre du pays sont situées dans des zones désignées comme point chaud de biodiversité par le gouvernement mexicain et que, pour cette raison, elles ont un rôle important à jouer pour la conservation. Les principaux états producteurs du Mexique sont Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Guerrero et Hidalgo (Moguel et Toledo, 2004). Par ailleurs, les trois états qui produisent le plus de café, soit Oaxaca, Chiapas et Veracruz, sont ceux où se trouvent le plus grand nombre d'aires recommandées

pour la conservation (Moguel et Toledo, 1999a; 2004). Cependant, ces dernières années, ces régions sont aussi celles qui ont été le plus affectées par la conversion des plantations de café d'ombre et de la forêt (Moguel et Toledo, 2004). Néanmoins, les plantations d'ombre dominent ces régions mis à part la Sierra Norte de Puebla et la région de Soconusco dans le Chiapas où les plantations de café de plein soleil occupent une grande superficie (Moguel et Toledo, 1999a).

Dans les régions où la déforestation a affecté drastiquement la forêt, par exemple dans la Sierra Norte de Puebla, los Altos de Chiapas et el Soconusco dans le Chiapas, les plantations de café d'ombre agissent comme refuge pour plusieurs espèces (Moguel et Toledo, 1999a). Dans d'autres cas, les plantations de café d'ombre peuvent agir comme sites complémentaires pour la conservation ou faire partie de réserves de la biosphère ou autres aires protégées. Dans les régions comme le Chiapas, Oaxaca, Puebla, Guerrero et Nayarit, les plantations de café d'ombre jouent un rôle fondamental de corridor biologique en permettant la connexion entre les aires de végétation naturelle (Fonseca, 2006). Dans le Chiapas, les plantations de café d'ombre se trouvent dans l'aire d'influence de diverses aires naturelles protégées (ANP) comme la Réserve de la Biosphère El Triunfo et d'autres sites à travers la Sierra qui forment des corridors biologiques avec d'autres ANP telles que la Réserve de la biosphère de la Sepultura, la Réserve de la biosphère La Encrucijada et El Volcán del Tacaná. Dans l'Oaxaca, les plantations de café d'ombre forment d'importants corridors de connexion entre les forêts denses en basse altitude et les forêts de conifères et de chênes en haute altitude de la *Sierra* Nord et Sud de l'état (Moguel et Toledo, 1999a).

En plus du maintien de la biodiversité, les plantations de café d'ombre diversifiées apportent d'autres services qui contribuent au maintien de l'équilibre écologique des écosystèmes. Par exemple, dans les régions productrices de café dans les montagnes, particulièrement dans les montagnes du Sud et Sud-Est du Mexique où les terres sont en pente, les systèmes agroforestiers protègent les sols contre l'érosion et les glissements de terrain (Moguel et Toledo, 1996). De plus, situées entre 600 et 1500 m au-dessus du niveau de la mer, où prennent forme les ruisseaux et rivières, les plantations de café occupent un site stratégique et jouent un rôle important dans l'équilibre écologique des bassins versants du côté Atlantique et Pacifique (Moguel et Toledo, 1996). Les plantations de café d'ombre offrent des conditions favorables à la culture organique et, ainsi, permettent de diminuer la contamination potentielle des sols et des cours d'eau par les intrants chimiques (Beer et *al.*, 1998). Finalement, Sotelo et *al.* (2008) ont évalué que les plantations de café d'ombre du Veracruz retiennent dans leur biomasse forestière en moyenne 42 tonnes de carbone par hectare pour les plantations

rustiques et 16 tonnes de carbone par hectare pour les polycultures. En ne libérant pas le carbone retenu dans les arbres et le sol, elles contribuent à maintenir l'équilibre des régimes climatiques régionaux et globaux (Moguel et Toledo, 1996).

### **3.2. Contexte socio-économique et culturel des producteurs de café**

Dans le contexte de la production mondiale de café, le Mexique se situe au quatrième rang des pays producteurs en termes de volume, cinquième en termes de superficie cultivée, et neuvième en termes de productivité (Moguel et Toledo, 1999b). Le café est cultivé sur une superficie d'environ 665 837 hectares par environ 479 116 producteurs (Fonseca, 2006). La production de café pour l'année 2011 était de 4 546 000 sacs de 60 kg de café vert, la consommation nationale de 2 354 000 sacs de 60 kg de café vert et la valeur des exportations a été estimée à 899,6 millions de dollars US (OIC, 2014). Aranda (2004) affirme qu'au Mexique 95 pour cent des producteurs cultivent le café sur 73 pour cent du total de la superficie de production de café du pays sur des parcelles de moins de 5 hectares. Le café se cultive dans 356 municipalités où se retrouvent 32 groupes ethniques (Moguel et Toledo, 2004). Par ailleurs, Pérez-Grovas et *al.* (2001) estiment que 84 pour cent des municipalités qui produisent le café sont très marginalisées. Le tableau 3.2 montre la distribution des plantations de café par entités fédératives au Mexique. Plus de la moitié des producteurs sont situés dans la région de Chiapas et Oaxaca et 40 pour cent de ces derniers possèdent moins d'un demi-hectare (Fonseca, 2006). Contrairement aux autres pays producteurs comme le Brésil et la Colombie, au Mexique, le café est fondamentalement produit à petite échelle par des familles paysannes et indigènes (Moguel et Toledo, 1996; Moguel et Toledo, 2004).

Ces dernières années, la chute des prix du café a provoqué une baisse des revenus dans les zones où se cultive le café. Au Mexique, une étude de la *Coordinadora Nacional de Organizaciones Cafetaleras* (CNOC, 2004) affirme qu'entre 1990 et 2004, les prix du café ont diminué de 45 pour cent et que la diminution de la production qui a accompagné la chute des prix du café a causé une diminution de 65 pour cent des revenus des producteurs. Dans les années 1980, le Mexique produisait en moyenne 5,2 millions de sacs de 60 kg par années et au début des années 2000, la production annuelle moyenne était de 4 millions de sacs (Fonseca, 2006). Par ailleurs, l'importance du café pour les exportations totales du pays a diminué drastiquement passant de 3 pour cent pour les années 1990 à 0,15 pour cent de la valeur totale des exportations du pays en 2006 (Fonseca, 2006).

La caféiculture est de grande importance pour les peuples autochtones et les paysans qui habitent dans les montagnes au centre et au sud-est du pays puisque la vente du café est historiquement une source de revenus économiques pour leur subsistance (Fonseca, 2006). Ces zones sont considérées comme les plus pauvres et marginales du pays (Fonseca, 2006). Ainsi, la chute des prix du café a eu d'importantes conséquences sociales et économiques : plusieurs producteurs de café furent obligés de changer ou d'abandonner leurs activités productives; par conséquent, l'émigration a augmenté et ces populations ont diminué (Moguel et Toledo, 2004; Fonseca, 2006).

**Tableau 3.2 Distribution des plantations de café par entités fédératives au Mexique**

États	Producteurs	Plantations	Superficie (ha)
Querétaro	295	400	207
Colima	800	1,047	1,444
Jalisco	1,094	1,333	2,843
Tabasco	1,209	1,407	977
Nayarit	5,282	9,261	15,927
San Luis Potosí	16,920	25,749	12,844
Guerrero	21,087	26,970	38,328
Hidalgo	32,345	42,893	23,040
Puebla	45,273	61,563	66,126
Veracruz	84,725	128,814	140,931
Oaxaca	98,788	138,380	133,037
Chiapas	171,298	179,810	230,134
Total	479,116	617,627	665,837

Traduction libre

Modifié de Fonseca (2006), p.20.

Au Mexique, la production de café est une activité qui a pris forme à travers les différentes cultures des peuples indigènes; par conséquent, autour de cette culture existe une grande richesse et diversité de valeurs, croyances et connaissances (Moguel et Toledo, 1996). Par ailleurs, Moguel et Toledo (1996) rapportent qu'à travers le système de polyculture traditionnel repose la plus grande expression de la culture millénaire des communautés indigènes, en laissant place à un système agroforestier complet, à « une forêt humanisée » qu'ils nomment « jardins de café » pour la grande variété de plantes utiles qui s'y trouvent. L'importance des peuples autochtones pour la production de café organique (Moguel et Toledo, 1996; 1999b) est un autre exemple du lien étroit entre les peuples

autochtones et la nature. Les expériences les plus réussies pour la production de café organique au Mexique ont pris forme à travers des organisations indigènes de petits producteurs (Moguel et Toledo, 1999b).

Dans les parties rurales du Mexique, Toledo (1999) rapporte l'existence d'un processus de résistance culturelle des paysans autochtones basé sur une utilisation adéquate des ressources naturelles locales, une autogestion sociale et politique et une insertion réussie dans les nouveaux marchés globaux. Ce mouvement pacifique d'inspiration écologique est en fait une forme de résistance locale face aux politiques gouvernementales néolibérales et des effets pervers de la globalisation (Toledo, 1999). De plus, ces peuples se considèrent comme des « gardiens de la forêt » et demandent une reconnaissance de ces services par le gouvernement mexicain (Shapiro-Garza, 2013a, b). Moguel et Toledo (1999b) affirment que, dans ce contexte, les organisations de café organiques avec les communautés forestières constituent « la colonne vertébrale » de cette nouvelle forme de résistance politique. Par ailleurs, cette résistance autochtone en est venue à influencer la conception du programme de PSE mexicains (Shapiro-Garza, 2013a, b) (Section 3.3.3).

La réalité de la production de café au Mexique implique que les problèmes écologiques, la conservation de la biodiversité, la résistance autochtone et la recherche de systèmes de caféiculture efficaces sont indissociables (Moguel et Toledo, 1996). Par ailleurs, Moguel et Toledo (1996) affirment que les systèmes de production traditionnelle peuvent contribuer à la conservation de la biodiversité et à la stabilité écologique à condition que les producteurs reçoivent des compensations économiques de la part du gouvernement et un prix premium venant du marché et des consommateurs. De plus, Perfecto et *al.* (2012) affirment que les programmes de certification qui encouragent la protection de l'environnement et la conservation de la biodiversité offrent un prix premium pouvant améliorer les conditions de vie des producteurs; par conséquent, ils contribuent à la stabilité socio-économique des régions productrices de café en Amérique latine. Parallèlement, les programmes de PSE mexicains ont évolué à travers le temps et sont maintenant devenus une stratégie qui prend compte non seulement des impacts sur l'environnement, mais aussi des impacts socio-économiques.

### **3.3. Outils économiques : opportunités pour la conservation des plantations traditionnelles**

Dans le contexte de la production de café, cette section examine deux outils économiques pouvant contribuer à la conservation de la biodiversité parmi ceux proposés par la Convention sur la diversité

biologique, soit le marché pour les produits certifiés et les programmes de paiement pour services environnementaux (PSE) (OECD, 2013). En premier lieu, elle offre une définition des concepts de la certification et des paiements pour les services environnementaux ou écosystémiques (PSE) afin de mettre en contexte la certification du café d'ombre et les paiements pour la conservation de la biodiversité (PCB).

La certification garantit que dans un certain environnement des standards régis ou volontaires sont appliqués par le producteur, groupe de producteurs, coopérative ou région (ITC, 2011). Ainsi, les producteurs doivent répondre à certaines exigences de caractère social, économique, et environnemental. La certification est confirmée par un auditeur accrédité appartenant à une tierce partie, et elle est généralement renouvelée sur une base annuelle (ITC, 2011). Une étiquette apparaît sur l'emballage du produit afin de confirmer l'information aux consommateurs. Les marchés pour les cafés certifiés sont facilités par des programmes qui certifient que les compagnies adhèrent à certains critères et communiquent cette information aux consommateurs (OECD, 2013). La certification se base sur le concept que certains consommateurs préfèrent acheter et payer un prix premium pour un produit qui certifie des pratiques durables (OECD, 2013). Ainsi, ces marchés créent des compensations économiques pour les producteurs qui adoptent des pratiques de production durable (Blackman et Rivera, 2010).

Dans le secteur du café, les certifications les plus répandues dans les commerces et les plus connues des consommateurs sont la certification organique et la certification équitable. La certification du café organique garantit principalement aux consommateurs que le café a été produit dans un environnement libre d'intrants chimiques et répond à des critères établis par la *International Federation of Organic Agriculture Movements* (IFOAM) (ITC, 2011). Cependant, afin d'obtenir une production durable, les agriculteurs doivent utiliser des techniques de l'agriculture organique, par exemple, le compostage de la matière organique, l'épandage de paillis au sol, et l'utilisation de moyens de contrôle biologiques pour les insectes ravageurs et les maladies (ITC, 2011). Par ailleurs, l'initiative de la certification équitable vise à améliorer les conditions de commerce pour les organisations de producteurs en leur procurant un prix équitable et stable et est administré par la *Fair Trade Labelling Organization International* (FLO) (ITC, 2011). Leur objectif est de procurer les outils nécessaires et d'assister les producteurs pour qu'ils prennent leur développement en main. Par conséquent, le prix premium est déterminé de façon à inclure les coûts de nécessités de base telles que l'eau courante, les soins de santé, l'éducation et le coût de certaines pratiques agricoles qui

respectent l'environnement (ITC, 2011). La certification du café d'ombre répond plus particulièrement à des critères de conservation de la biodiversité. Le café d'ombre destiné au commerce international est certifié principalement par deux organisations, soient l'Institut Smithsonian et la Rainforest Alliance (Fonseca, 2006; ITC, 2011; Perfecto et *al.*, 2012). La prochaine section analyse les programmes de certification pour le café certifié Bird Friendly par l'Institut Smithsonian, et le café certifié Rainforest Alliance par la Rainforest Alliance.

Les paiements pour les services environnementaux ou écosystémiques (PSE) furent définis par Wunder (2005) comme étant des ententes volontaires entre au moins un acheteur et un vendeur, basées sur la provision d'un service environnemental spécifique. Cependant, une définition plus récente considère les PSE comme le transfert de ressources entre des acteurs sociaux, à travers les marchés, incitatifs ou subventions, pour aligner la gestion des ressources naturelles avec un intérêt social (Muradian et *al.*, 2010). Cette nouvelle définition vient des considérations politiques et sociales, par exemple le développement régional ou la réduction de la pauvreté, qui ont dû être incluses dans les objectifs des programmes pour leur survie (Muradian et *al.*, 2010; Wunder et Kanounnikoff, 2009).

Ces programmes procurent des compensations économiques directes pour augmenter la provision de services écosystémiques (Wunder, 2008) et s'adressent aux individus ou aux communautés qui prennent des décisions concernant l'utilisation des terres et des ressources, c'est-à-dire aux personnes qui influencent la provision de services écosystémiques (OECD, 2013). Les programmes de PSE ont été appliqués pour la conservation des services de séquestration du carbone, des services hydriques, de la beauté esthétique du paysage et de la biodiversité. Des paiements pour la conservation de la biodiversité (PCB) figurent dans le cadre de certains programmes de PSE; par conséquent, la conservation de la biodiversité est parfois malencontreusement caractérisée comme un service écosystémique (Plan Vivo, 2013), par exemple par Fonseca (2006). Il importe de souligner que la conservation de la biodiversité n'est pas un service écosystémique, mais un élément primordial pour un écosystème sain qui procure une variété de services écosystémiques (Plan Vivo, 2013). Selon le *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), les services environnementaux sont les bénéfices que les gens obtiennent des écosystèmes; parmi ces services, il est possible de distinguer les services de support, de provision, de régulation et culturels. Sous ce cadre, la biodiversité est considérée comme un élément à partir duquel certains de ces services sont générés.

Par ailleurs, les actions qui augmentent ou protègent la biodiversité dans les zones d'agriculture aident souvent indirectement à préserver les services écosystémiques; cependant les actions qui augmentent les services écosystémiques ne sont pas nécessairement bénéfiques pour la biodiversité (Bullock et al., 2011; Macfadyen et al., 2012). Macfadyen et al. (2012) ont identifié plusieurs asymétries dans la relation entre la gestion pour maximiser les services écosystémiques et la conservation de la biodiversité. Par exemple, les espèces indigènes sont généralement le focus pour la conservation de la biodiversité alors que certaines espèces exotiques sont reconnues pour procurer des services écosystémiques importants telle que l'abeille à miel européenne (*Apis mellifera*) qui procure des services de pollinisation des cultures dans plusieurs parties du monde où elles ne sont pas indigènes (Ricketts, 2004; Ricketts et al., 2004). De plus, le niveau de biodiversité nécessaire pour procurer un service écosystémique est souvent bas en comparaison avec la biodiversité locale; par conséquent, la gestion des services écosystémiques n'implique pas nécessairement la conservation de la biodiversité (Macfadyen et al., 2012). Par exemple, dans certains cas, une monoculture d'espèces exotiques peut procurer des services spécifiques aussi bien ou même mieux qu'une communauté diversifiée d'espèces indigènes (Bullock et al., 2011).

Puisque les programmes de PSE utilisent des critères de sélection et des règles en conséquence d'un service spécifique, ils ne permettent pas de maximiser la conservation de la biodiversité (Bullock et al., 2011). Par exemple, la séquestration du carbone est un service de régulation qui peut être évalué en tonnes de carbone et la biodiversité est un élément qui contribue à la provision d'un grand nombre de services qui impliquent des méthodes de quantification et d'évaluation différentes (Tacconi et al., 2010). Néanmoins, les programmes de PSE pour la conservation des services écosystémiques tels que les services hydriques ou de séquestration du carbone contribuent indirectement à la conservation de la biodiversité puisque ces derniers impliquent la conservation du couvert forestier. De plus, puisque les services écosystémiques procurent d'importants bénéfices économiques pour les producteurs, le cadre des services écosystémiques peut être utilisé comme facteur de changement dans la gestion des cultures agricoles et ainsi contribuer dans certains cas à améliorer la conservation de la biodiversité (Macfadyen et al., 2012). Cependant, ces auteurs affirment qu'une synergie entre la production et la conservation de la biodiversité peut seulement être atteinte si une compréhension des services écosystémiques mène à un changement dans les pratiques agricoles qui supporte une plus grande biodiversité.

Parmi les pays d'Amérique latine, le Costa Rica et le Mexique sont souvent cités comme des précurseurs dans l'implantation des programmes de PSE (Le Grand et *al.*, 2010). Par ailleurs, dans ces deux programmes, les producteurs de café sont éligibles à recevoir des compensations. Dans le programme national de PSE du Costa Rica, les producteurs de café sont éligibles à recevoir des PSE sous la modalité reforestation pour la plantation d'arbres dans leur plantation (Le Grand et *al.*, 2010). À travers le programme national de PSE mexicain, les producteurs de café en système agroforestier sont éligibles aux paiements pour la conservation de la biodiversité. Une autre initiative nationale est celle du gouvernement du Panama qui, en l'absence de programme de PSE, offre des compensations financières aux producteurs de café pour des pratiques agricoles qui contribuent au maintien de services écosystémiques (Balvanera et *al.*, 2012). Bien que quelques initiatives locales de PSE offrent des compensations aux producteurs de café pour la séquestration du carbone ou les services hydriques, les services écosystémiques que les plantations de café d'ombre procurent ne sont pas récompensés dans les marchés courants (Jha et *al.*, 2011). Dans les programmes nationaux, les PSE pour la séquestration du carbone et pour les services hydriques sont généralement attribués à des propriétaires de terres forestières.

La prochaine section résume dans quelles circonstances les programmes de certification du café d'ombre et le programme national mexicain de paiements pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques contribuent à la conservation des plantations traditionnelles des principales régions productrices de café en forêt de montagne mexicaine.

### **3.3.1. Certification du café d'ombre : Bird Friendly et Rainforest Alliance**

Les programmes de certification du café d'ombre furent créés dans les années 1990 suivant la tendance des petits producteurs à promouvoir des cafés spécialisés comme moyen de faire face à la crise des prix du café (Fonseca, 2006). Pour les producteurs, l'accès à des marchés spécialisés leur permet d'obtenir un meilleur prix pour leur café et ainsi de diminuer les impacts des fluctuations des prix du café sur le marché (Perfecto et *al.*, 2012). Dans ce contexte, l'objectif principal de la certification du café d'ombre est d'obtenir un prix premium sur le prix du marché qui reconnaît la valeur du café d'ombre pour la conservation de la biodiversité (Gobbi, 2000). Par conséquent, les processus de certification se sont développés afin d'assurer aux consommateurs que le café qu'ils boivent a été produit de façon à minimiser les impacts sur la biodiversité (Perfecto et *al.*, 2005; Fonseca, 2006). Les sigles des certifications Bird Friendly et Rainforest Alliance apparaissent à la

figure 3.2. Les principaux pays producteurs de café d'ombre certifié sont le Guatemala, le Costa Rica, le Mexique et la Colombie (Fonseca, 2006).



**Figure 3.2 Sigles des certifications Bird Friendly et Rainforest Alliance**

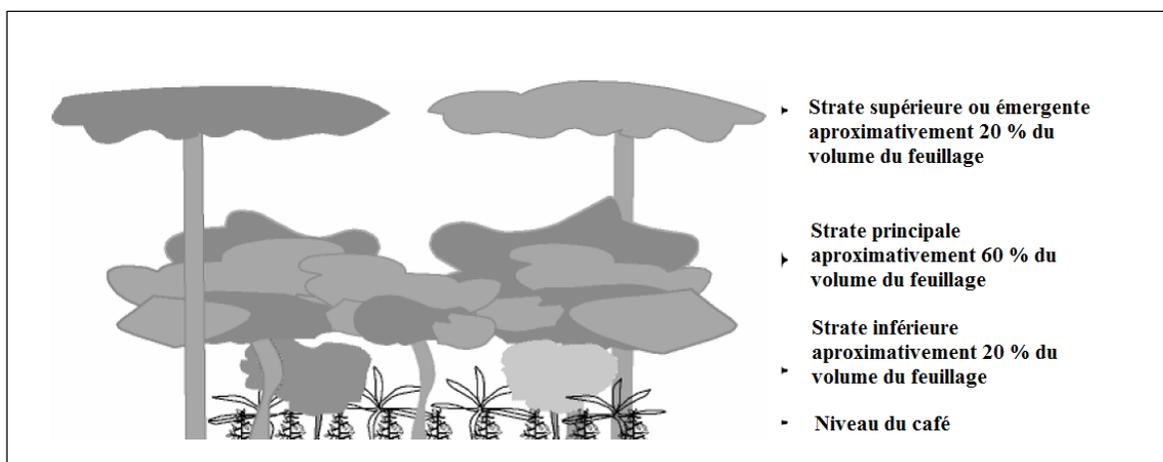
Le Centre des oiseaux migrateurs de l'Institut Smithsonian a comme mission la protection des oiseaux migrateurs néotropicaux. Vers la fin des années 1990, elle fut la première organisation à promouvoir le café d'ombre auprès de consommateurs nord-américains sous le sigle Bird Friendly (Fonseca, 2006). En 1997, une première plantation de café fut certifiée Bird Friendly (Rice et McLean, 1999). Cette certification implique que les consommateurs payent un prix plus élevé qui leur garantit que le café qu'ils consomment est cultivé sous un couvert d'ombre diversifié, sans intrants chimiques, et permet de maintenir des conditions adéquates de l'habitat qui sont requises par quelques espèces d'oiseaux migrateurs lors de leur migration dans les pays du Sud (Fonseca, 2006). En d'autres mots, cette certification valorise un service environnemental qui est la protection de la biodiversité à travers la conservation des arbres d'ombrage dans les plantations de café qui servent d'habitat, de source de nourriture et de refuge temporel ou permanent pour les oiseaux (Fonseca, 2006). Les principaux critères qui doivent être respectés par les producteurs pour que leur plantation obtienne la certification Bird Friendly sont présentés au tableau 3.3 et à la figure 3.3.

En 2012, approximativement 1 500 producteurs ont cultivé plus de 8 650 hectares pour produire environ 4 736 tonnes métriques, c'est-à-dire près de 79 milles sacs de 60 kg de café certifié Bird Friendly (Rice, 2014), représentant approximativement 0,06 % de la production globale de café. Le café certifié Bird Friendly est cultivé principalement en Amérique latine (Giovannucci et *al.*, 2008). Le Guatemala est le plus grand producteur et produit plus de 28 % du café certifié Bird Friendly (Rice, 2012). Le Pérou, le Mexique, le Nicaragua et la Colombie contribuent respectivement à 25 %, 20 %, 15 % et 8 % et avec le Guatemala constituent 96 % de la production totale (Rice, 2012). L'Éthiopie, le Salvador et l'Équateur constituent le 4 % restant (Rice, 2012).

**Tableau 3.3 Principaux critères de l'Institut Smithsonian pour la certification Bird Friendly**

1. Le couvert des arbres d'ombrage doit être de plus de 40 pour cent
2. La plantation doit avoir un minimum de trois strates arborées
3. La hauteur de la canopée principale des arbres d'ombrage doit être de plus de 12 mètres
4. La strate supérieure doit-être composée d'arbres indigènes
5. La plantation doit avoir plus de 10 espèces d'arbre d'ombrage; et une espèce ne doit pas dépasser 60 pour cent de la fréquence du total des arbres dans la plantation
6. La croissance de plantes épiphytes dans la canopée des arbres d'ombrage doit être encouragée.
7. Le café doit être produit sans l'utilisation d'intrants chimiques

Inspiré de Fonseca (2006), p.25. ; SMBC (2008), p.5-6.



**Figure 3.3 Critères pour la structure des plantations certifiées Bird Friendly**

Traduction libre

Modifié de SMBC (2008), p. 4.

Le marché pour le café Bird Friendly est grandissant. En 2011, les ventes ont atteint 5,3 million de dollars US pour les rôtisseurs, soit 30 % de plus que l'année précédente et 250 % de plus qu'en 2005 (Rice, 2012). En 2010, l'Amérique du Nord et le Japon se distribuaient respectivement 50 % et 49 % des ventes de café certifié Bird Friendly (Rice, 2014). Les Pays-Bas et le Canada représentaient le 1 % restant (Rice, 2014). Parmi les cafés certifiés Bird Friendly, le café Early Bird Blend de Allegro Coffee est produit au Nicaragua et au Mexique et est vendu par Whole Food dans plus de 350 points

de vente à travers les États-Unis et le Canada (Rice, 2013). Par ailleurs, Birds & Beans est un rôtisseur qui joue un rôle clé dans la distribution du café certifié Bird Friendly destiné aux États-Unis et au Canada (Rice, 2014). Plusieurs commerçants indépendants tels que des épiceries, cafés et cafétérias vendent ce type de café (Rice, 2013).

La Rainforest Alliance est une organisation internationale sans but lucratif qui a pour mission de contribuer à la conservation des forêts tropicales pour le bénéfice global des communautés (Wyss et al., 2012). Cet organisme poursuit sa mission à travers l'éducation, la recherche en sciences sociales et de la nature, un partenariat entre des coopératives, des entreprises, les gouvernements et les populations locales (Rainforest Alliance, 2014). L'objectif du programme de certification Rainforest Alliance (antérieurement ECO-OK) est de maintenir la biodiversité dans les aires productives et de lutter pour que les petits producteurs, les travailleurs dans la plantation et la population locale obtiennent des conditions de vie décentes (Wyss et al., 2012). En 1994, la Rainforest Alliance et ses partenaires ont commencé à développer un programme de certification qui respecte les principes d'agriculture durable, c'est-à-dire qui adresse des considérations écologiques, environnementales et sociales dans les pratiques agricoles (Rice et McLean, 1999). En 1996, la Rainforest Alliance a certifié une première plantation de café (Rice et McLean 1999). En plus du café, la Rainforest Alliance certifie actuellement 40 différents types de cultures telles que le cacao, la banane, le thé, les ananas, les citrons, les avocats et les mangues (SAN, 2010).

La politique et les critères pour la certification de la Rainforest Alliance sont revus et coordonnés par le secrétariat du Réseau d'Agriculture Durable (SAN pour son acronyme anglais) basé au Costa Rica (SAN, 2010). Chacun des dix principes est composé de critères qui décrivent des pratiques environnementales et sociales qui sont évaluées par un auditeur dans le processus de certification (SAN, 2010). Il existe deux types de critères, critique ou non critique; ceux qui sont critiques doivent être respectés pour que la plantation obtienne ou maintienne la certification (SAN, 2010). Pour obtenir ou maintenir la certification, la plantation doit respecter au moins 50 pour cent des critères pour chacun des principes et 80 pour cent du total des critères de la norme (SAN, 2010).

En plus des critères au tableau 3.4, la certification de la Rainforest Alliance exige que les écosystèmes qui procurent des habitats pour la faune et la flore dans les plantations doivent être protégés ou réhabilités (SAN, 2014). De plus, les producteurs doivent prendre des mesures pour protéger les

espèces en danger ou menacées (SAN, 2014). Ainsi, les critères de la Rainforest Alliance adressent la protection de la plantation et des écosystèmes adjacents, incluant le maintien des arbres d'ombrage, la conservation de la faune et de leurs habitats (SAN, 2010). De plus, à travers ces critères, la Rainforest Alliance assure des traitements justes et des bonnes conditions de travail pour les employés. Elle considère les intérêts de la communauté où se trouve la plantation et procure un support pour le développement communautaire et elle encourage une approche intégrée pour le contrôle des insectes ravageurs et des maladies, l'utilisation de pratiques de gestion des matières résiduelles et la conservation de l'eau et des sols (SAN, 2010).

**Tableau 3.4 Les dix principes de certification de la Rainforest Alliance**

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Système de gestion sociale et environnementale</li><li>2. Conservation des écosystèmes</li><li>3. Protection de la vie silvestre</li><li>4. Conservation des ressources hydriques</li><li>5. Équité et bonnes conditions pour les travailleurs</li><li>6. Santé et sécurité au travail</li><li>7. Relations communautaires</li><li>8. Gestion intégrée de la culture</li><li>9. Gestion et conservation des sols</li><li>10. Gestion des déchets</li></ol> |
|---|

Traduction libre

Source : SAN, (2010), p.5.

Le programme de certification de l'Institut Smithsonian comprend des critères plus exigeants que ceux de la Rainforest Alliance en regard au couvert d'ombre et à la structure de la plantation (Mas et Dietsch, 2004). De plus, le programme de certification de la Rainforest Alliance n'exige pas une production organique et permet l'utilisation contrôlée d'intrants chimiques (Fonseca, 2006). Les critères de la Rainforest Alliance sont plus permissifs que ceux de l'Institut Smithsonian; cependant, ils disqualifient aussi les monocultures semi-ombragées (Mas et Dietsch, 2004; Auld, 2010).

Le café certifié Rainforest Alliance est produit dans plus de 118 888 plantations couvrant approximativement 323 500 hectares (Rainforest Alliance, 2013). La production de café certifié par la Rainforest Alliance vient principalement de l'Amérique latine; 24 % de la production vient du

Mexique et de l'Amérique centrale, 69 % de l'Amérique du Sud, 6 % de l'Asie et 1 % de l'Afrique (Pierrot et *al.*, 2010). Au Mexique, en mars 2014, le café certifié Rainforest Alliance est produit sur 10 009 hectares (Rainforest Alliance et SAN, 2014). En 2012, les ventes de café certifié Rainforest Alliance ont atteint 375 milles tonnes métriques, c'est à dire un peu plus de 6,25 millions de sacs de 60 kg de café vert représentant 4,5 % de la production globale de café (Rainforest Alliance, 2013). Les principaux pays consommateurs du café certifié Rainforest Alliance sont les États-Unis, l'Europe et le Japon; suivis par la Suède, la France, l'Allemagne, la Suisse et le Taïwan (Guanca, 2007). Parmi les café certifiés, la Rainforest Alliance est un leader au Japon et en Europe de l'Ouest (Pierrot et *al.*, 2010). Par ailleurs, la certification Rainforest Alliance a été adoptée par des rôtisseurs et commerçants tels que Kraft Foods, Tchibo et Lavazza en Europe, Walmart et Kraft aux États-Unis (Giovannucci et *al.*, 2008; Rainforest, 2013). Les restaurants McDonald à travers la Grande-Bretagne, l'Irlande, l'Angleterre, les États-Unis et le Canada vendent le café Kenco de Kraft certifié Rainforest Alliance (Giovannucci et *al.*, 2008; Rainforest Alliance, 2013) et Nespresso (Nestle) s'est engagé à certifier 80 % de son café avec la Rainforest Alliance (Pierrot et *al.*, 2010; Reinecke et *al.*, 2012; Rainforest Alliance, 2013). De plus, Second Cup, Caribou Coffee et Green Mountain Coffee sont d'autres compagnies qui ont contribué à augmenter les ventes en se procurant d'importantes quantités de café Rainforest Alliance (Rainforest Alliance, 2013).

Le prix premium pour le café Bird Friendly se situe entre 0,05 \$ USD par livre, la moyenne se situant entre 0,05 et 0,10 \$ USD par livre (Giovannucci et *al.*, 2008). Comme pour les autres certifications, le prix premium varie selon l'acheteur et la qualité du café (Giovannucci et *al.*, 2008). Le prix premium pour le café certifié Rainforest Alliance se situe entre 0,04 et 0,20 \$ USD par livre avec une moyenne de 0,08 à 0,12 \$ USD par livre (Giovannucci et *al.*, 2008). Comme pour les autres certifications, le prix premium varie selon la qualité du café et dépend de la relation entre le vendeur et l'acheteur, c'est-à-dire que certains intermédiaires se réservent une partie du profit de la vente du café (Giovannucci et *al.*, 2008). Les certifications du café Bird Friendly et Rainforest Alliance peuvent être ajoutées à d'autres certifications telles qu'organique ou équitable. Ainsi, en 2008, 15 % des ventes de café de la Rainforest étaient également certifiées organique (Reinecke et *al.*, 2012). La certification pour café organique permettrait d'aller chercher un prix premium jusqu'à 20 % au-dessus du prix pour le café conventionnel (Giovannucci et *al.*, 2008). Par exemple, Giovannucci et Villalobos (2007) rapportent pour l'année 2006, un prix premium pour le café organique se situant en moyenne autour de 0,24 \$ USD par livre payé par les importateurs. Le prix premium pour le café organique est élevé comparé au prix premium pour le café certifié Rainforest Alliance, soit 3 % au-dessus du prix

du marché pour le café conventionnel (Giovannucci et *al.*, 2008). De plus, Rice (2012a) rapporte qu'une grande partie du café Bird Friendly est également certifié organique et équitable.

Le prix premium payé par l'acheteur ne va pas entièrement au producteur. Giovannucci et *al.* (2008) rapportent qu'il est difficile de déterminer comment le prix premium est distribué le long de la chaîne de distribution (Section 1.3.2) et comment il atteint les producteurs et les coopératives, puisque la chaîne de distribution peut-être complexe et que les transactions sont généralement faites avec peu de transparence. Cependant, Giovannucci et Villalobos (2007) rapportent que les importateurs qui connaissent le prix qui va aux fournisseurs affirment qu'approximativement 80 à 90 pour cent du prix premium rejoint les coopératives de producteurs. Par ailleurs, Rueda et Lambin (2012) estiment que les producteurs de café certifié Rainforest capturent environ 25 % du prix payé par les consommateurs, soit 2 % plus que les producteurs de café non certifiés (Rueda et Lambin, 2012). De plus, ils soulignent que les exportateurs capturent 5% alors que les rôtisseurs capturent le 69 % restant du prix de vente au consommateur (Rueda et Lambin, 2012).

### **3.3.2. Opportunités et limites des programmes de certification du café d'ombre**

Au Mexique, le café est cultivé sous un couvert d'ombre diversifié sur 39 pour cent de la superficie de production de café (Moguel et Toledo, 1999a). C'est-à-dire qu'une portion importante de producteurs utilise le système rustique ou de polyculture traditionnelle. Cette situation est exceptionnelle et contraste avec d'autres pays parmi les plus gros producteurs tels que la Colombie et le Brésil qui ont convertit plus de 68 pour cent de la superficie de production de café en monoculture de plein soleil (Rice et Ward, 1996). Par ailleurs, le Mexique est reconnu comme un leader mondial pour la production de café organique certifié (Giovannucci, 2001; Mas et Dietsch, 2004; Pagiola et Ruthenberg, 2006; Toledo et Moguel, 2012), et il produit le cinquième du total de la production de café organique au niveau mondial (Moguel et Toledo 2004; Toledo et Moguel, 2012). Bien que ce type de café ne soit pas le sujet de cet essai, il importe de souligner que les pratiques agricoles associées à la culture organique sont un complément important au couvert d'ombre diversifié pour conserver la biodiversité. Ces caractéristiques font que le Mexique est bien positionné pour mettre de l'avant des actions proactives pour la conservation des plantations traditionnelles de café d'ombre (Mas et Dietsch, 2004). Cette section contient une évaluation du potentiel de la certification du café d'ombre. Elle aborde les contraintes pour les producteurs à embarquer dans le processus de

certification; les risques et limitations du marché pour le café d'ombre certifié et les difficultés de mesurer les impacts réels des programmes de certification.

Les bénéfices potentiels pour les petits producteurs de café certifié sont non seulement les meilleurs revenus obtenus des prix premium pour un café de qualité, mais aussi une plus grande stabilité due à la vente assurée de leur production (Wyss et *al.*, 2012). Cependant, pour beaucoup de producteurs de café, certains aspects sont des contraintes importantes pour que la certification soit une option viable, par exemple la réduction de la productivité et des rendements et les coûts associés à la certification relativement au prix reçu (Gobbi, 2000; Perfecto et *al.*, 2005); le manque de flexibilité des programmes de certification pour s'adapter aux conditions spécifiques de chaque région; l'accessibilité aux programmes et l'équité pour les petits producteurs; la capacité de croissance des marchés spécialisés; et le potentiel des programmes de certification pour améliorer le bien-être socio-économique des communautés participantes (Rice, 2001).

Une bonne partie des producteurs de café manque d'information, d'argent ou de support externe pour être capable de répondre aux exigences de la certification (Wyss et *al.*, 2012; Pagiola et Ruthenberg, 2006). Pour la plupart des producteurs, l'intégration des programmes de certification est très coûteuse (Gobbi, 2000). Les coûts de production augmentent puisque les producteurs doivent payer le coût des évaluations et inspections reliées à la certification (Fonseca, 2006; Guhl, 2009). Par conséquent, seuls les producteurs qui ont suffisamment de ressources peuvent accéder à la certification (Guhl, 2009). Puisque les coûts pour la certification sont fixes et peuvent être élevés, les grands producteurs ont tendance à avoir un avantage et les petits producteurs et entreprises communautaires sont parfois exclus des programmes de certification (Pagiola et *al.*, 2006; Pagiola et Ruthenberg, 2006). Dans plusieurs cas, cet obstacle peut être surmonté avec la certification collective (Pagiola et Ruthenberg, 2006). Les coopératives ont de meilleures chances que les petits producteurs individuels d'accéder au marché et elles facilitent l'accès au crédit pour les petits producteurs (Wyss et *al.*, 2012). Cependant, dans certains cas, pour que les producteurs qui n'ont pas beaucoup de ressources aient accès au marché, des interventions actives venant d'une agence externe peuvent être nécessaires (Pagiola et *al.*, 2006; Pagiola et Ruthenberg, 2006).

Une autre contrainte en regard à l'adoption de la certification par les producteurs est la difficulté de répondre aux exigences, plus particulièrement aux critères de sélection. Les critères de certification élaborés en fonction de la biodiversité doivent être stricts pour bénéficier réellement à la biodiversité;

cependant, plus les critères sont exigeants, plus le coût de l'adoption de la certification est élevé et, par conséquent, il est difficile pour les producteurs de se conformer aux critères (OECD, 2013). Ainsi, des critères exigeants peuvent contribuer à exclure les producteurs qui manquent de connaissances et de ressources financières (Giovannucci et Ponte, 2005). Dans plusieurs cas, les programmes de certification doivent trouver des compromis entre le nombre de participants et la sévérité des critères (OECD, 2013).

Auld (2010) suggère qu'il existe une dynamique potentiellement utile entre deux niveaux de certification, c'est-à-dire les certifications avec des critères exigeants et les certifications avec des critères plus permissifs. Par exemple, pour la certification du café d'ombre, l'Institut Smithsonian a des critères contraignants en comparaison avec ceux de la Rainforest Alliance qui sont plus permissifs (Philpott et Dietsch 2003; Mas et Dietsch, 2004; Auld, 2010). Par conséquent, le café certifié Bird Friendly a gagné avec succès la reconnaissance des consommateurs et il occupe une place stratégique sur le marché (Auld, 2010). De son côté, la Rainforest Alliance cherche à supporter davantage de producteurs avec des critères moins contraignants et plus accessibles; par conséquent, elle étend la portée et l'application des programmes de certification du café (Auld, 2010). Auld (2010) argumente qu'une synergie peut émerger de deux niveaux de certification. Cependant, il souligne que le fait d'avoir deux niveaux de certification soulève la confusion auprès des consommateurs. Par contre, il affirme qu'afin de maintenir une pression pour l'adoption de bonnes pratiques agricoles par les producteurs, les programmes aux critères exigeants doivent continuer de se démarquer des autres programmes en maintenant un niveau de difficulté élevé (Auld, 2010).

Par ailleurs, les critères de certification ne correspondent pas nécessairement à la réalité de toutes les régions (Philpott et *al.*, 2007; Guhl, 2009). Ainsi, les critères de l'Institut Smithsonian et de la Rainforest Alliance sont les mêmes au niveau global et ne tiennent pas compte des caractéristiques spécifiques de production d'une région (Guhl, 2009). Par exemple, au Mexique, Toledo et Moguel (2012) rapportent qu'à des élévations élevées, soit entre 1 000 et 2 000 msnm, les producteurs de café font face à un dilemme entre le maintien des arbres d'ombrage pour conserver l'habitat et la réduction des risques de maladie telle que la rouille orangée. Une situation similaire prévaut en Colombie où Guhl (2009) rapporte que, dans les régions pluvieuses, les critères d'ombre de la Rainforest Alliance génèrent un microclimat favorable au développement de champignons comme la rouille orangée. Par conséquent, les critères concernant le couvert d'ombre sont plus faciles à accomplir dans certaines régions (Guhl, 2009).

L'Institut Smithsonian et la Rainforest Alliance utilisent les mêmes critères au niveau global; cependant, une autre approche est l'utilisation de critères au niveau national (Potts et *al.*, 2010), voire régional. Des critères au niveau national sont plus adaptés aux variations sociales, culturelles et environnementales entre les pays (OECD, 2013). Cependant, lorsque les producteurs doivent appliquer différents critères pour obtenir la même légitimité, il y a un risque que certains aient un avantage inéquitable et qui s'en suive une distorsion des marchés (OECD, 2013). Par conséquent, une différenciation des normes selon l'emplacement géographique de la plantation peut également favoriser certains producteurs et en défavoriser d'autres (Guhl, 2009). De plus, appliquer les mêmes critères pour tous les producteurs indépendamment du contexte peut rendre les critères impertinents et causer peu de bénéfices pour la biodiversité (Potts et *al.*, 2010). Pour cette raison, différentes approches peuvent être à considérer selon l'étendue géographique du programme de certification (Guhl, 2009; Potts et *al.*, 2010).

Les prix premium sont un autre aspect important de la certification. Lorsque les prix du café ne sont pas suffisamment élevés pour permettre aux producteurs de survivre, plusieurs producteurs se retirent du marché, vendent leur terre ou convertissent leur plantation à d'autres cultures qui ont plus d'impacts écologiques que les plantations de café d'ombre (Perfecto et *al.*, 2012). Par conséquent, les programmes de certification qui offrent un prix premium peuvent contribuer à la stabilité écologique et économique des régions productrices de café (Perfecto et *al.*, 2012). Perfecto et *al.* (2005) affirment que pour la conservation des espèces forestières rares ou menacées, les prix premium doivent être plus élevés que pour la conservation d'espèces communes. Cependant, Tejeda-Cruz et *al.* (2010) rapportent que les résultats d'entrevues auprès de producteurs de café au Chiapas ont révélé une prédisposition à la conversion de la forêt pour la production de café d'ombre dû aux défis socio-économiques auxquels font face les producteurs et une opportunité pour augmenter leurs revenus. Par conséquent, pour éviter cette situation, les programmes de certification ne certifient pas les plantations qui ont récemment converti la forêt (Pagiola et *al.*, 2006).

La certification du café d'ombre procure aux producteurs une compensation pour la diminution de la productivité associée à la conservation de la biodiversité (Perfecto et *al.*, 2012). Cependant, Pagiola et Ruthenberg, (2006) soulignent qu'étant donné le coût et le temps nécessaire pour établir un couvert d'ombre de plus de 40 pour cent requis pour la certification Bird Friendly, il est peu probable que les producteurs souhaitent réaliser cette conversion considérant les prix actuels du café, et même dans un

scénario où le prix premium est élevé. Cependant, au Salvador, Gobbi (2000) montre que la transition d'un système de monoculture de plein soleil ou de polyculture traditionnelle à une plantation de café d'ombre certifié est économiquement viable grâce au prix premium. Il rapporte que bien que l'investissement initial pour la plantation d'arbres augmente dramatiquement des plantations traditionnelles aux monocultures de plein soleil, ce capital représente moins de 10 pour cent des coûts de production. De plus, les produits venant des arbres d'ombrage peuvent contribuer à augmenter les revenus des producteurs de café (Section 2.4).

Par ailleurs, les bénéfices environnementaux de la certification peuvent être limités dû à des limitations commerciales. Le marché du « café d'ombre » est un marché émergent qui montre une tendance à l'augmentation (Giovannucci et Koekoek, 2003; Pierrot et *al.*, 2010). En 2012, 375 milles tonnes métriques de café, représentant 4.5 pour cent de la production mondiale provenait de plantations certifiées par la Rainforest Alliance, une augmentation de 45 pour cent par rapport à 2011 (Rainforest Alliance, 2013). Cependant, malgré l'augmentation du volume des exportations de café d'ombre certifié ces dernières années, il n'est pas clair si l'augmentation de la consommation peut être maintenue avec l'augmentation du prix premium (Perfecto et *al.*, 2005). Par ailleurs, Castro et *al.* (2013) rapportent le manque d'études qui évaluent le prix que les consommateurs sont prêts à payer pour le café d'ombre et Pagiola et Ruthenberg (2006) soulignent que les problèmes de la méthodologie et du petit nombre de consommateurs rejoints par ce type d'enquête rendent les résultats douteux. Néanmoins, la Commission de coopération environnementale (CCE) (1999) a estimé qu'aux États-Unis et au Canada approximativement 20 et 40 pour cent des consommateurs de café, respectivement, sont disposés à payer un premium de 1 \$ USD/lb pour le café d'ombre.

À travers la certification du café d'ombre, la conservation de la biodiversité est régie par le marché et l'intérêt des consommateurs pour le café d'ombre certifié (Fonseca, 2006). Cependant, les consommateurs de café d'ombre certifié semblent davantage intéressés à la qualité de ce type de café qu'au service de protection de la biodiversité associé aux pratiques agricoles et leur intention d'aider les petits producteurs en situation de pauvreté n'est pas toujours clair (Fonseca, 2006). De plus, les certifications existantes, par exemple celle de l'Institut Smithsonian ou de la Rainforest Alliance, n'expriment pas clairement l'intérêt de faire bénéficier les petits producteurs qui vivent en conditions marginales et de pauvreté (Fonseca, 2006). Les commerçants du café d'ombre qui sont des rôtisseurs minoritaires se procurent ce type de café principalement pour ses caractéristiques de qualité (Fonseca, 2006). Des études de marché montrent que sans une qualité acceptable, les autres caractéristiques

perdent de l'importance (Giovannucci, 2001) alors que dans le contexte des petits producteurs, il est difficile d'atteindre de hauts niveaux de qualité de manière constante (Pagiola et Ruthenberg, 2006).

La stratégie des programmes de certification du café d'ombre suppose que les consommateurs sont disposés à payer un prix plus élevé pour un produit qui possède certaines caractéristiques (Guhl, 2009). En principe cette stratégie dépend de la demande et non de l'offre, ce qui signifie que l'efficacité de cette stratégie dépend davantage du marché que des bénéfices environnementaux et sociaux que la certification génère (Guhl, 2009). Ce type de stratégie est orienté vers les consommateurs de pays développés et vise très peu les pays en voie de développement, précisément puisque le pouvoir d'acquisition de leurs habitants est bas (Guhl, 2009). Guhl (2009) affirme que, de cette façon, la certification pourrait renforcer les liens entre le local et le global en courant cependant le risque d'établir de nouveaux liens d'exportation et de dépendance entre le Nord et le Sud (Guhl, 2009).

Finalement, les impacts écologiques et socio-économiques des programmes de certification font rarement l'objet d'une évaluation scientifique (Blackman et Rivera, 2010; OECD, 2013). Blackman et Rivera affirment que les études qui tentent de discerner les liens entre les programmes de certification et les bénéfices environnementaux et socio-économiques ou celles qui relèvent des résultats dans l'objectif de savoir si ces programmes ont généré des bénéfices environnementaux ou socio-économiques sont rares (OECD, 2005; Blackman et Rivera, 2010). De plus, peu de ces études utilisent une méthodologie crédible ou démontrent des impacts pertinents (Philpott et *al.*, 2007; Blackman et Rivera, 2010). Cependant, le nombre de programmes de certification continue à augmenter et ceux qui se démarqueront seront ceux qui réussiront à démontrer les impacts réels de leurs programmes (OECD, 2013). Par ailleurs, les programmes de certification doivent s'adapter davantage en incluant des procédures pour développer, revoir et approuver les critères afin d'apprendre des expériences passées et refléter les changements dans les connaissances sociales, écologiques, techniques et le développement du marché (OECD, 2005). De cette façon, ils augmenteront les bénéfices des programmes de certifications (OECD, 2005).

La certification du café d'ombre ne doit pas être vue comme la seule solution pour encourager la conservation de la biodiversité dans les plantations de café. Les paiements pour la conservation de services écosystémiques (PES) ont été proposés comme une autre stratégie pour augmenter la conservation de la biodiversité dans les zones d'agriculture et atténuer le conflit entre la production

alimentaire et la conservation de la biodiversité (Macfadyen et *al.*, 2012). La prochaine section porte sur les paiements pour la conservation de la biodiversité (PCB) attribués aux producteurs de culture sous ombre à travers le programme national de PSE mexicain. Elle contient une analyse de la façon dont ces paiements peuvent contribuer à conserver les plantations traditionnelles de café d'ombre et la biodiversité qu'elles contiennent.

### **3.3.3. Programme mexicain pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques**

Au Mexique, la *Comisión Nacional Forestal* (CONAFOR) est l'organisme gouvernemental responsable de l'implantation du programme national de PSE (Fonseca, 2006; Chagoya et Gutiérrez, 2009). Le premier programme national de PSE fut lancé en 2003, afin d'aider la capture de l'eau dans les principales montagnes du pays (Fonseca, 2006). Ce programme de paiement pour services hydrologiques (PSAH) établissait des contrats avec des propriétaires ruraux dans des zones choisies pour la rareté de la ressource en eau situées en amont des centres urbains, afin qu'ils conservent la forêt sur leur terres (Shapiro-Garza, 2013b). En 2004, un second programme de PSE fut implanté (Shapiro, 2013b). Ce programme nommé PSA-CABSA avait comme objectif le développement de marchés pour le service de séquestration du carbone et des dérivés de la biodiversité ainsi que la promotion pour l'introduction et l'amélioration de systèmes agroforestiers (Shapiro, 2013b). Il payait pour la conservation de la biodiversité à travers la restauration des habitats, l'introduction et l'amélioration des systèmes agroforestiers et pour la séquestration du carbone à travers la conservation de la forêt et la reforestation (Shapiro-Garza, 2013b). Ainsi, les systèmes agroforestiers avec des cultures sous ombre, tels que les plantations de café ou de cacao sous l'ombre d'arbres indigènes sont devenues éligibles à recevoir des paiements pour la conservation de la biodiversité (PCB) et les services écologiques que ces systèmes procurent (Fonseca, 2006). En 2006, les deux programmes PSAH et PSA-CABSA furent incorporés au programme PROÁRBOL (Shapiro-Garza, 2013b). De plus, ce programme incluait des stratégies de reforestation, de plantations commerciales, de certification et de tourisme (McAfee et Shapiro, 2010; SEMARNAT, 2011; Lerma-Serna, 2013; Rico et *al.*, 2013). En 2013, le programme PROÁRBOL fut renommé PRONAFOR (Programme National Forestal). Ce programme est le programme national de PSE actuel. Selon les règles d'opération de PRONAFOR pour 2014, l'objectif de la composante services environnementaux est d'attribuer de l'aide aux propriétaires de terres forestières qui décident de manière volontaire de participer au programme de PSE dans le but d'incorporer des pratiques de bonne gestion pour

promouvoir la conservation des écosystèmes et augmenter la provision générale de services environnementaux comme la captation de l'eau, le maintien de la biodiversité et la séquestration du carbone, lesquelles bénéficient aux populations locales et aux activités productives (SEMARNAT, 2013).

Les producteurs de café qui sollicitent les PSE pour la conservation de la biodiversité, c'est-à-dire les PCB du programme PRONAFOR doivent être enregistrés dans le *Padrón Nacional Cafetalero* et le polygone proposé doit avoir des écosystèmes forestiers en bon état de conservation (SEMARNAT, 2013). Les personnes participantes qui ne possèdent pas la superficie minimum pour recevoir les paiements peuvent former un groupe avec d'autres personnes intéressées (SEMARNAT, 2013). Les producteurs qui obtiennent le plus de points pour les critères de sélection (Tableau 3.5) ont priorité. Ensuite, les demandes qui répondent aux prérequis juridiques, techniques, environnementaux, économiques et sociaux établis dans les règles doivent se soumettre à des critères de priorité de caractère technique et social (Tableau 3.6) (SEMARNAT, 2013).

**Tableau 3.5 Principaux critères de sélection pour les PCB du programme PRONAFOR**

1. La personne qui fait la demande est un ejido ou une communauté qui n'a jamais reçu d'aide monétaire de la CONAFOR
2. Le projet se trouve dans une zone avec un indice de marginalisation élevé et fait partie des zones rurales prioritaires définies par le secrétariat de développement social
3. Le regroupement agricole qui fait la demande est composé de population autochtone, ou la personne qui fait la demande se trouve dans un regroupement agricole avec population autochtone
4. La personne morale qui fait la demande intègre des femmes dans son organe de représentation ou la personne physique qui fait la demande est une femme
5. La personne morale qui fait la demande intègre des jeunes dans son organe de représentation ou la personne physique qui fait la demande est jeune, c'est-à-dire entre 18 et 25 ans
6. La personne qui fait la demande détient un P-PREDIAL*
7. Possède un certificat du programme de gestion forestière

\* Un P-PREDIAL (Programme Predial de Développement Intégral) est un document technique de planification et de suivi qui identifie et décrit les processus, actions et subventions nécessaires destinés à résoudre des problèmes de protection, conservation, restauration et exploitation forestière.

Traduction libre  
Modifié de SEMARNAT (2013), p.20.

**Tableau 3.6 Critères de priorité pour les PCB du programme PRONAFOR**

1. Être située dans une aire de Conservation pour les oiseaux selon la classification du CONABIO ou une zone humide d'importance mondiale (site RAMSAR) selon la classification de la CONANP
2. Être située dans une région hydrologique prioritaire ou dans une région terrestre prioritaire selon la classification de CONABIO
3. Être située sur un site terrestre prioritaire pour la conservation de la biodiversité déterminé par la CONABIO, la CONANP, The Nature Conservancy et Pronatura
4. Être située dans les corridors biologiques qui se trouvent dans les cartes publiées par CONABIO
5. Être située sur une terre qui figure dans une aire proposée par une étude technique spécialisée pour l'établissement d'une aire de conservation communautaire pour la diversité biologique et être approuvée par la CONAFOR

Traduction libre

Modifié de SEMARNAT (2013), p.71.

De plus, les participants au programme de PCB doivent s'engager à effectuer les activités obligatoires qui figurent dans le tableau 3.7. Une de ces activités obligatoires indique qu'ils doivent choisir des activités réalisables suggérées dans le guide des meilleures pratiques de gestion (SEMARNAT et CONAFOR, 2013b). Ces activités visent à améliorer la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques, par exemple prendre des mesures pour la protection et le contrôle de l'érosion des sols, pour la régulation et la gestion de l'eau, et la diversification des arbres d'ombrage en utilisant des espèces indigènes (SEMARNAT et CONAFOR, 2013b).

Selon la superficie de production, les producteurs reçoivent entre 280 et 550 pesos/ha/année, soit approximativement entre 21 et 42 \$USD/ha/année pour la conservation de la biodiversité. De plus, un montant est destiné pour la vérification, l'assistance technique et les activités de renforcement des capacités (SEMARNAT, 2013). Les participants peuvent recevoir jusqu'à 5 paiements consécutifs; cependant, ils doivent se conformer à des critères d'exécution pour recevoir chacun des 5 paiements prévus (SEMARNAT, 2013).

**Tableau 3.7 Principales activités obligatoires (durant la première année) pour les bénéficiaires du programme de PSE PRONAFOR**

1. Éviter de changer l'utilisation des terres et conserver l'écosystème forestier
2. Éviter le surpâturage
3. Dans le cas de regroupements (ejidos, communautés, associations), le technicien devra organiser au moins une rencontre par année pour renforcer les capacités des personnes bénéficiaires
4. Surveillance pour éviter la taille illégale, la chasse ou extraction illégale de faune ou de flore forestière, ainsi que la détection d'incendies, de maladies ou insectes ravageurs
5. Protection de sites de nidification, de refuge et/ou alimentation pour la faune forestière
6. Pratiques de protection contre les incendies
7. Choisir des activités pertinentes dans la liste qui se trouve dans le guide des meilleures pratiques de gestion basées sur les processus de planification participative et initier leur exécution à partir de la deuxième année

Traduction libre

Inspiré de SERMANAT (2013), p.68; SEMARNAT et CONAFOR (2013a), p.2 et p.12.

Pagiola et *al.* (2005) rapportent qu'un important bénéfice des programmes de PSE pour les pauvres est que le paiement reçu par les participants est un revenu plus stable que les revenus d'autres sources. C'est-à-dire que contrairement aux prix des cultures, les PSE ne varient pas constamment, bien qu'ils peuvent être renégociés tous les cinq ans (Pagiola et *al.*, 2005). Au Mexique, Kosoy et *al.* (2008) ont évalué que les PSE représenteraient une importante partie des revenus pour ces producteurs, soit approximativement 10 % des leurs revenus totaux. Cependant, certaines communautés ou ejidos décident d'investir dans les biens collectifs au lieu de diviser les PSE entre les producteurs qui peuvent investir par la suite pour leurs propres activités agricoles, des outils, de la nourriture ou des vêtements (Kosoy et *al.*, 2008). Par ailleurs, Pagiola et *al.* (2005) soulignent que le montant du paiement n'est pas un bon indicateur pour mesurer les bénéfices financiers des producteurs et suggèrent que le calcul adéquat serait le montant des paiements moins le coût de l'adoption de l'utilité encouragée par le programme. C'est-à-dire que, pour calculer les bénéfices financiers du programme de paiements pour la conservation de la biodiversité pour les producteurs de café, il faut soustraire le coût de transformation du système pour se conformer aux critères du programme.

La CONAFOR estime qu'entre 2003 et 2011, approximativement 3,4 millions d'hectares de terres forestières (soit 5,2 % du couvert forestier total) sont entrés dans les programmes nationaux de PSE

et plus de 490 millions de dollars US des fonds nationaux mexicains ont été distribués à des communautés ou à des propriétaires de terres privées (Alix-Garcia et *al.*, 2013; Shapiro-Garza, 2013a). Le tableau 3.8 montre le nombre d’hectares concernés par les différents programmes de PSE et les montants d’argent investis.

**Tableau 3.8 Résultat des programmes nationaux de PSE de la CONAFOR au Mexique pour la période 2003-2008**

Service environnemental	Hectares	Montant total (millions de pesos)
Hydrologiques	1 463 600	2 414,69
<b>Conservation de la biodiversité</b>	<b>180 821</b>	<b>361,72</b>
Systèmes agroforestiers	81 094	138,8
Séquestration du carbone	6 962	0,715
Renforcement de la régénération naturel	7 165	13,1
<b>Total</b>	<b>1 739 642</b>	<b>2 929,025</b>

10,35 pesos : 1 \$USD

Traduction libre

Modifié de Chagoya et Gutiérrez (2009), p.200.

Par définition, les programmes de PSE sont basés sur un système où les acheteurs payent pour des services écosystémiques qui leur permettent de retirer des bénéfices et les pourvoyeurs de services ont accès aux programmes de PSE comme compensation pour le maintien de ces services écosystémiques (OECD, 2013). Chagoya et Gutiérrez (2009) affirment que cette théorie fonctionne dans les pays où le niveau socio-économique et culturel est élevé; cependant, dans les pays comme le Mexique avec de hauts niveaux de pauvreté et de marginalisation, le concept de PSE basé sur les règles d’un parfait marché a dû être modifié pour son implantation en zones rurales (Chagoya et Gutiérrez, 2009). Par ailleurs, dans le cas du programme de PSAH mexicain, la source initiale de financement était exclusivement la perception des droits fédéraux pour l’utilisation de l’eau (CONAFOR et el Fondo Mexicano para la Naturaleza, 2012). Cependant, les programmes mexicains de PSE n’ont pas réussi à développer un marché pour les services environnementaux (Shapiro-Garza, 2013b). Initialement, le programme PROÁRBOL offrait des paiements pour « le développement de l’idée de projet pour la séquestration du carbone » (Shapiro-Garza, 2013b; Chagoya et Gutiérrez,

2009), cependant, face à la difficulté de développer un marché pour la séquestration du carbone, ce paiement fut retiré complètement du programme en 2010 (SEMARNAT, 2011; Shapiro-Garza, 2013b). Par conséquent, le gouvernement mexicain est devenu le principal acheteur de services environnementaux (Rico et al., 2011). Ainsi, les programmes de PSE sont devenus des programmes de subvention du gouvernement pour les régions rurales (Shapiro-Garza, 2013b). Dans le cas du programme PRONAFOR, les fonds viennent entièrement du gouvernement fédéral, mis à part un prêt de 45 millions de dollars US de la Banque Mondiale et une subvention de 15 millions de dollars US de *Global Environment Facility* en 2007 qui devait être utilisée pour développer des marchés pour les services écosystémiques produits (Shapiro-Garza, 2013a). Dans cette perspective, dû à la résistance des utilisateurs de reconnaître, valoriser et payer pour les services environnementaux, des programmes locaux de PSE ont été initiés en 2007 (Chagoya et Gutiérrez, 2009). Par ailleurs, en plus du programme national de PSE PRONAFOR, la stratégie de PSE de la CONAFOR qui a pour objectif de maintenir et améliorer les services écosystémiques comprend des mécanismes locaux tels que des programmes de PSE pour la conservation des bassins versants et des corridors biologiques (CONAFOR et el Fondo Mexicano para la Naturaleza, 2012). Ces programmes sont maintenant financés à travers les fonds courants et le Fond patrimonial pour la biodiversité (CONAFOR et el Fondo Mexicano para la Naturaleza, 2012).

### **3.3.4. Opportunités et limites du programme mexicain de paiements pour la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques**

Le programme fédéral mexicain est un des plus grands au monde parmi quatre autres initiatives de programmes de PSE nationales: Programme de PSE national au Costa Rica; Programme de conversion des terrains en pente en Chine et le programme de conservation de réserves aux États-Unis (Shapiro-Garza, 2013a). Les PSE ne sont pas, à la base, une stratégie de réduction de la pauvreté (Wunder, 2008; OECD, 2013). Cependant, comme il fut discuté à la section précédente, les programmes de PSE de la CONAFOR ont évolué et le programme actuel a comme objectif de récompenser les paysans dans les régions rurales pauvres pour leurs services de conservation des services écosystémiques (Muradian et al., 2010; SEMARNAT, 2013). Par conséquent, la CONAFOR a pris des mesures d'équité pour les pauvres en tentant de leur faciliter l'accès au programme de PSE et en utilisant des critères sociaux pour leur donner priorité dans le processus de sélection. De plus, la CONAFOR applique des critères de conservation de la biodiversité et des activités obligatoires qui ont pour objectif d'augmenter la conservation de la biodiversité et d'autres services écosystémiques.

Cependant, certains aspects limitent l'efficacité des PSE pour la conservation des plantations de café traditionnelles ainsi que pour la conservation de la biodiversité dans ces systèmes et la diminution de la pauvreté des producteurs en régions rurales. Cette section contient une analyse des limites du programme national de PSE comme stratégie de conservation de la biodiversité et opportunité pour les producteurs de café d'ombre dans des régions rurales pauvres et marginales comme celle de la forêt de montagne du Mexique.

La participation des petits agriculteurs aux programmes nationaux de PSE reste limitée (Chagoya et Gutiérrez, 2009). Cette situation est causée par des facteurs tels que les coûts d'opportunité de la conversion qui sont plus élevés que le montant offert par le programme de PSE; le manque d'accès au capital de départ pour les personnes éligibles qui ne permet pas de payer le coût élevé des investissements; les critères de sélection exigeants, la complexité des procédures d'application et les contrats inflexibles qui rendent les coûts de transaction plus élevés que les bénéfices à obtenir; et les fonds économiques apportés par le gouvernement qui sont insuffisants pour répondre à la demande (Chagoya et Gutiérrez, 2009; OECD, 2013). De plus, à ces facteurs s'ajoutent le niveau d'éducation des personnes éligibles et l'insécurité de la tenure des terres (Chagoya et Gutiérrez, 2009; OECD, 2013). Une autre difficulté rencontrée par ces programmes est de quantifier les services écosystémiques, par exemple la conservation de la biodiversité ou les services hydriques, ce qui limite la valorisation des services écosystémiques par les utilisateurs et, par conséquent, limite leur participation pour le financement des PSE (Chagoya et Gutiérrez, 2009).

La CONAFOR a pris des mesures d'équité pour les petits agriculteurs en tentant de leur faciliter l'accès au programme de PSE, par exemple, en permettant aux personnes qui n'ont pas la superficie minimum requise de former des regroupements et en rendant éligibles des *ejidos* ou communautés, des regroupements de *ejidos* ou de communautés et des organisations de petits propriétaires (SEMARNAT, 2013). Pour une distribution équitable des paiements, une autre méthode généralement utilisée dans le cadre des programmes de PSE est la diminution des paiements par hectare avec l'augmentation de la superficie de la plantation (OECD, 2013). La CONAFOR applique cette méthode à travers le programme PRONAFOR (SEMARNAT, 2013). De plus, dans le cadre de ce programme, les agriculteurs reçoivent un montant pour une assistance technique et les regroupements doivent organiser des rencontres qui visent à fortifier les capacités des agriculteurs pour une meilleure gestion de leur système de production (SEMARNAT, 2013). Par ailleurs, les PSE au Mexique sont donnés majoritairement à des communautés et sont redistribués entre les membres

selon l'accord de l'assemblée (Rico et *al.*, 2011). Ainsi, les montants des paiements peuvent être réinvestis pour le développement local, par exemple dans des infrastructures telles que des réseaux d'aqueduc, des routes, des cliniques, des écoles ou des projets communautaires (Tacconi, 2010).

Muñoz-Piña et *al.* (2008) rapportent que les PSE mexicains ont été considérés comme étant orientés pour aider les pauvres puisque la plupart des paiements ont été alloués à des communautés rurales pauvres. Cependant, certaines études rapportent que la plupart des paiements ont été attribués dans des régions peu à risque de déforestation (Muñoz-Piña et *al.*, 2008; Alix-Garcia et *al.*, 2013). Le ciblage des aires hautement menacées de déforestation et des aires isolées ont des implications pour les conditions de vie des gens qui y habitent (Tacconi et *al.*, 2010). Cependant, les aires sujettes à de fortes menaces de déforestation peuvent avoir un plus faible pourcentage de gens pauvres que celui des régions isolées qui sont généralement moins menacées par la déforestation puisqu'elles présentent moins d'opportunités économiques dû à un accès limité au marché (Tacconi et *al.*, 2010; Alix-Garcia et *al.*, 2013). Par ailleurs, Alix-Garcia et *al.* (2013) soulignent que les PSE peuvent avoir un impact significativement positif simultané sur l'environnement et le niveau de vie des producteurs seulement lorsque le risque de déforestation est corrélé positivement avec la pauvreté.

Cependant, Shapiro-Garza (2013b) rapporte que dans la majorité des sites participants aux programmes de PSE, soit dans 94 pour cent des cas, les participants ont choisi de réinvestir une portion significative des paiements dans des activités de gestion de la forêt, par exemple pour la lutte contre les incendies, les insectes ravageurs et les maladies; des clôtures pour protéger les cultures des animaux d'élevage et pour des brigades de surveillance contre la coupe illégale de bois. Par conséquent, bien qu'il soit possible que la superficie de terrain qui entre dans le programme de PSE ne soit pas sous menace de dégradation venant de leur propriétaires, les paiements permettent aux propriétaires d'adopter des meilleures pratiques de conservation de la forêt en améliorant leurs propres méthodes de gestion et en limitant l'accès aux personnes venant de l'extérieur (Shapiro-Garza, 2013b).

Les règles d'opération du programme PRONAFOR ne spécifient pas de pourcentage d'ombre à respecter pour les systèmes agroforestiers avec des cultures sous-ombre; cependant, elles mentionnent des activités obligatoires pour améliorer la provision de services écosystémiques. Bien que les auditeurs surveillent la réalisation de ces activités, Muñoz-Piña et *al.* (2011) rapportent que les relevés de changement graduel dans la densité forestière ou autres indicateurs de dégradation tels que la

biodiversité sont difficilement estimables. Ce manque de données cause un manque de reconnaissance de la valeur des services écosystémiques; par conséquent, les utilisateurs de services environnementaux ne les valorisent pas adéquatement et ne sont pas intéressés à participer aux programmes de PSE (OECD, 2013). Pour cette raison, dans la population, il n'existe pas de culture de paiements de la part des utilisateurs aux procureurs pour aucun type de service environnemental (Chagoza et Gutiérrez, 2009).

Le manque de fonds pour les programmes de PSE vient du fait que les coûts de la conservation et de l'utilisation durable des ressources sont distribués au niveau local et que les bénéfices peuvent se disperser au niveau global, ce qui est particulièrement le cas pour la valeur des services et de l'existence de la biodiversité (OECD, 2013). Lorsque les procureurs de services écosystémiques sont situés loin des personnes qui bénéficient de ces services, il est difficile de démontrer la provision des services (CONAFOR et el Fondo Mexicano para la Naturaleza, 2012). Par ailleurs, Tacconi et al. (2010) soulignent que le manque de données quantitatives est un problème dans l'évaluation des impacts et de l'efficacité des programmes de PSE. De plus, Alix-Garcia et al. (2012) et Shapiro-Garcia (2013b) rapportent le manque d'études qui portent sur les impacts des programmes nationaux de PSE.

### **3.4. Perspectives futures et recommandations**

Comme il fut mentionné dans les sections précédentes, les programmes de certification et de PSE comportent certaines contraintes et limites; par conséquent, il est important de revoir ces mécanismes et d'inclure d'autres stratégies pour atteindre, à travers les plantations de café d'ombre, des objectifs de conservation de la biodiversité et de rentabilité économique. Dans cette perspective, cette section présente des pistes de solutions pour améliorer les programmes de certification et le programme mexicain de PSE. Ensuite, elle discute d'autres stratégies pouvant jouer un rôle important pour la valorisation des plantations de café d'ombre au Mexique.

Le marché du café d'ombre est un marché relativement nouveau comparé au marché pour le café organique ou équitable. Le développement du marché autour d'un nouveau produit implique de créer un besoin et une demande de la part du consommateur. Le marché pour le café organique et équitable est bien établi et ces types de café ont surmonté ces étapes contrairement au café d'ombre (Pagiola et

*al.*, 2006). Par conséquent, pour les régions où la production de café organique est bien établie, il peut être plus facile pour les producteurs de monter le marché du café d'ombre à partir du marché existant pour le café organique, du moins au début comme l'ont fait les producteurs au Chiapas, en commercialisant leur café d'ombre comme café organique (Pagiola *et al.*, 2006). Par ailleurs, Perfecto *et al.* (2005) affirment qu'afin que les stratégies de certification du café d'ombre soient efficaces, le prix premium doit être élevé et aller directement aux producteurs plutôt qu'aux agences de certification et ils soulignent que tel est l'objectif des programmes de certification du café équitable. De plus, Philpott et Dietsch (2003) affirment que les plantations de café d'ombre qui combinent la certification du café d'ombre à la certification du café organique et du café équitable ont une valeur de conservation significative. Par conséquent, Philpott et Dietsch (2003) suggèrent que ces trois certifications soient reliées en une seule stratégie de conservation à long terme pour les régions productrices de café. Un tel programme de certification permettrait aux producteurs de café de diminuer les coûts reliés à l'adoption de multiples certifications.

En 2001, un groupe d'organisations de producteurs de café organique et équitable se sont joints à d'autres organisations non gouvernementales et académiques pour constituer el *Consejo Civil para la Cafecultura Sustentable en Mexico A. C.* (CCCSM). Ce conseil a comme mission de promouvoir un modèle de certification qui inclut trois composantes principales pour une production durable, soit la production de café organique qui bénéficie aux producteurs en situation de pauvreté et qui se cultive en systèmes d'ombre diversifiés pour contribuer à la protection des oiseaux et d'autres espèces (Fonseca, 2006). Cependant, ce processus de certification implique de développer le marché et faire sa promotion auprès des consommateurs qui sont disposés à payer pour ce type de café (Fonseca, 2006).

En plus de contribuer à la conservation des agroécosystèmes de café d'ombre, la certification du café d'ombre contribue à améliorer les pratiques agricoles des producteurs en leur procurant un revenu additionnel grâce au prix premium. Cependant, elle ne doit pas être vue comme la seule solution possible pour la conservation des agroécosystèmes de café d'ombre et l'adoption de bonnes pratiques agricoles par les producteurs de café. Pour les producteurs de café qui utilisent le système semi-ombragé, la certification du café d'ombre peut initialement comporter beaucoup de contraintes par rapport aux bénéfices potentiels à court terme (Pagiola et Ruthenberg, 2006). Dans ce cas, il est préférable que ces producteurs fassent tout d'abord des démarches pour obtenir la certification organique et équitable. Bien que ces certifications ne comprennent pas les aspects essentiels pour la

conservation de la biodiversité, elles peuvent contribuer à l'adoption de bonnes pratiques agricoles et à la rentabilité des producteurs de café. Ainsi, pour les producteurs de café de plein soleil ou de monoculture semi-ombragée, ces outils peuvent être une aide économique considérable dans une démarche pour convertir leur plantation en plantation de café d'ombre diversifiée qui répond aux exigences des programmes de certification du café d'ombre.

Par ailleurs, Auld (2010) affirme que le potentiel des programmes de certification dépend de leur synergie avec d'autres initiatives privées ou gouvernementales adressant les défis de la filière café. De plus, Perfecto et *al.* (2005) soulignent que les prix premium ne doivent pas provenir exclusivement des programmes de certification qui dépendent exclusivement des forces du marché. Ils affirment que les programmes de conservation gouvernementaux ou non gouvernementaux pourraient procurer des fonds pour un prix premium; par conséquent les agriculteurs recevraient un prix équitable sans augmenter les coûts pour les consommateurs.

Fonseca (2006) souligne qu'afin de promouvoir et de favoriser des pratiques agricoles qui respectent la biodiversité et qui bénéficient aux groupes sociaux en situation de pauvreté, les actions et l'aide financière du gouvernement sont indispensables; par exemple, une aide financière de départ pour le développement de nouveaux marchés alternatifs, une assistance technique et un service conseil pour les producteurs et des activités pour fortifier l'organisation sociale et productive. Les programmes de PSE offrent un support économique aux producteurs, une aide technique et des activités qui ont pour objectif de fortifier les capacités des producteurs; par conséquent, il est important que les programmes de PSE soient maintenus et que leur processus d'assignation de l'aide aux producteurs soit amélioré (Fonseca, 2006). De plus, Fonseca (2006) suggère que les PSE soient redéfinis et réorientés pour se concentrer sur l'aide aux petits agriculteurs qui sont certifiés organique et qui leur permettent d'obtenir la certification de café d'ombre et équitable.

Pour permettre aux marchés de services écosystémiques de se développer, il est important que des projets de recherche ayant pour objectif de générer des évidences scientifiques soient mis de l'avant. La CONAFOR à travers les fonds sectoriels (CONACYT-CONAFOR) et les fonds directs développent, en coordination avec des universités et des instituts de recherche, diverses activités pour développer des méthodologies pour quantifier et valoriser les services environnementaux et obtenir de l'information pour l'amélioration des stratégies de PSE (Chagoya et Gutiérrez, 2009).

De plus, il existe des programmes de PSE venant d'initiatives privées. Par exemple, la coopérative AMBIO, une organisation civile qui travaille avec de petits producteurs et des communautés rurales pour le développement de programmes et de projets, a instauré un programme au Chiapas (Plan Vivo, 2013; Ambio, 2009). Les producteurs de café au Chiapas bénéficient de ce programme (Plan Vivo, 2013; Ambio, 2009). Ce projet se base sur Plan Vivo, un système qui procure aux communautés pauvres des ressources et un cadre pour accéder au marché du carbone et aux marchés de conservation de la biodiversité et des bassins hydrologiques (Plan Vivo, 2013). Ce programme fait partie de la stratégie nationale de la REDD+ qui est en phase préliminaire (Shapiro, 2013b; The REDD desk, 2014). Cette stratégie a pour objectif de contribuer à la mitigation des changements climatiques et la diminution de la pauvreté en conservant la biodiversité et de maintenir les services écosystémiques (The REDD desk, 2014). Éventuellement, à travers cette stratégie, le gouvernement vendrait des crédits de carbone sur le marché international et l'argent serait redistribué à travers les communautés pauvres (The REDD desk, 2014).

En plus de la CONAFOR, un autre organisme gouvernemental offre une aide aux producteurs de café. Le *Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación* (SAGARPA) offre aux producteurs de café une aide économique à travers le programme *fomento a la agricultura 2014*, sous la composante *PROCAFE e Impulso Productivo al Café*. Ce programme vise à stimuler la production de café par le rendement individuel et assurer la compétitivité des producteurs (SAGARPA, 2013). Ainsi, il peut contribuer à atteindre des objectifs de réduction de la pauvreté; cependant, bien qu'il soit spécifié que les producteurs de café organique reçoivent une aide économique plus élevée, les autres critères importants pour la conservation du couvert forestier et de la biodiversité sont absents des règles du programme (SAGARPA, 2013). De plus, les producteurs qui reçoivent cette aide ne doivent pas recevoir d'autre aide financière venant d'autres programmes gouvernementaux pour la production de café (SAGARPA, 2013).

Dans un contexte, comme celui du Mexique où il y a plus d'un programme ou d'une stratégie en rapport à la production de café, la synergie de ces programmes devrait être étudiée plus en détail afin de connaître leur influence sur l'atteinte des objectifs de conservation de la biodiversité et de réduction de la pauvreté chez les producteurs de café. C'est-à-dire que des études devraient considérer comment plusieurs actions telles que les programmes de certification, les programmes des organisations non-gouvernementales et les initiatives du gouvernement peuvent coopérer de manière à obtenir

davantage de résultats pour atteindre des objectifs de bonnes pratiques agricoles, de conservation et de rentabilité économique pour les producteurs.

Ce chapitre a permis de constater qu'au Mexique, malgré une tendance à la technification et à la conversion des plantations de café d'ombre ces dernières années, le fait que les plantations de café d'ombre occupent encore une grande portion de la superficie sous production permet la mise en place de programmes et de stratégies qui peuvent avoir un impact positif sur la conservation de la biodiversité et la rentabilité économique des producteurs de café. Finalement, les leçons qui ressortent des expériences du Mexique en rapport aux stratégies de valorisation du café d'ombre peuvent servir à d'autres pays. Cependant, dans une situation où les monocultures de café de plein soleil sont plus répandues, ces stratégies ne pourront avoir un impact tant significatif pour la conservation de la biodiversité et la rentabilité des producteurs de café. Par exemple, O'Brien et Kinnaird (2003) affirment qu'en Indonésie, dans les régions où il n'y a pas d'historique de production de café d'ombre, le développement d'autres stratégies sera nécessaire pour garantir la conservation de la biodiversité qui est menacée par l'expansion des monocultures de café de plein soleil.

## Conclusion

Plus de 80 pour cent de la production mondiale de café vient de petites plantations familiales et une grande majorité des producteurs sont marginaux, isolés et vivent dans la pauvreté. Dans les années 1970, suivant le mouvement de la « Révolution verte », plusieurs gouvernements ont encouragé la technification des systèmes de production de café afin d'augmenter les revenus des producteurs. Puis, suite à une surproduction en 2001, une crise des prix du café est survenue et a contribué au phénomène de technification des systèmes tout en étant accompagné d'un phénomène d'abandon de la caféiculture. Ce phénomène de conversion menace la biodiversité et s'ajoute aux impacts écologiques de la production de café. Par ailleurs, alors que les habitats sont devenus de plus en plus dégradés et fragmentés, une attention grandissante fut portée sur la conservation en milieu agricole comme un moyen de compléter la conservation dans les aires protégées, lesquelles sont insuffisantes pour faire face aux pressions grandissantes de la déforestation.

Au cours de la dernière décennie, plusieurs études ont révélé l'importance des plantations traditionnelles de café pour le maintien et la protection de la biodiversité. De plus, le maintien des arbres d'ombrage et de la biodiversité permet de conserver plusieurs services écosystémiques bénéfiques pour les producteurs de café ainsi que pour les populations locales et globales. Les plantations traditionnelles permettent de maintenir une productivité relativement élevée en conservant davantage la biodiversité que dans les monocultures qui causent la déforestation et la contamination des cours d'eaux et des sols. Par ailleurs, la baisse des coûts de production et les bénéfices écologiques associés principalement à l'impact positif des arbres et des services écosystémiques font en sorte que ces producteurs sont moins vulnérables aux pressions globales. De plus, les opportunités économiques tels que les programmes de certification et de PCB permettent un revenu supplémentaire aux producteurs de café et peuvent ainsi contribuer à la conservation des plantations traditionnelles de café d'ombre et de la biodiversité qu'elles contiennent.

L'objectif principal de cet essai était de proposer des recommandations pour conserver la biodiversité, soutenir la productivité agricole et la qualité de vie des producteurs de café d'ombre de la région de la forêt de montagne mexicaine. Dans le premier chapitre, l'analyse de la problématique de la conversion des plantations de café d'ombre dans le monde, et plus particulièrement en Amérique latine, a permis d'identifier les enjeux écologiques, économiques, sociaux et culturels de la production

de café et d'identifier les principales pressions globales auxquelles font face les producteurs de café. Dans le deuxième chapitre, l'analyse du fonctionnement des agroécosystèmes a permis de clarifier la relation entre la biodiversité, la productivité des caféiers, la qualité des grains et les revenus des producteurs. Dans le troisième et dernier chapitre, l'analyse de cas du Mexique a permis d'affirmer que les systèmes de café d'ombre diversifiés sont économiquement profitables dû à des opportunités économiques telles que la certification et les PSE. Cependant, l'évaluation de ces outils économiques révèle certaines contraintes et limites. Au terme du troisième chapitre, il fut possible d'émettre quelques recommandations pour conserver la biodiversité, soutenir la productivité agricole et la qualité de vie des producteurs de café d'ombre de la région de la forêt de montagne mexicaine. Pour conclure, il est également possible d'émettre des recommandations générales qui peuvent être appliquées dans d'autres régions avec un historique de culture du café d'ombre.

En premier lieu, différents acteurs tels que les organisations gouvernementales et non-gouvernementales, les coopératives, les associations et groupes de recherche en agronomie ou en écologie doivent travailler ensemble au niveau global afin de conserver les plantations traditionnelles de café d'ombre. Les différents acteurs doivent encourager la conservation de la biodiversité à travers l'adoption de pratiques agricoles respectant la biodiversité floristique et faunique, par exemple conserver les épiphytes, planter des arbres et des plantes indigènes, protéger les sites de nidification et éviter l'utilisation d'intrants chimiques.

Les coopératives et les organisations non-gouvernementales jouent un rôle important en facilitant l'accès au crédit et aux marchés aux petits producteurs et en permettant d'augmenter la participation des producteurs aux programmes de certification. Il est également important que ces acteurs encouragent la diversification des cultures puisque cette stratégie de production permet d'augmenter les ressources disponibles pour les producteurs et leur famille et d'obtenir un revenu additionnel par la vente de ces produits sur le marché. De plus, les coopératives pourraient inclure dans leurs services une aide à la commercialisation des produits autres que le café.

Par ailleurs, les programmes de certification du café d'ombre doivent tenir compte de la réalité propre à chaque région pour permettre d'augmenter la participation des producteurs et les bénéfices réels. Ils doivent développer et inclure des procédures pour revoir et approuver les critères afin d'apprendre de leurs expériences et refléter les changements dans les connaissances sociales, écologiques, techniques et dans le développement du marché. De plus, ils doivent développer et introduire des

mécanismes pour mesurer les changements suite à leur mise en place. Par la suite, ils doivent rendre cette information accessible et réaliser des campagnes pour rejoindre un plus grand nombre de consommateurs. Face à des résultats significatifs, les consommateurs seront davantage intéressés par le café d'ombre certifié; par conséquent, ce type de café gagnera de la popularité et sa part du marché augmentera.

Parallèlement, les programmes gouvernementaux de PSE doivent être élaborés dans une stratégie à l'échelle de paysage qui vise le maintien de corridors biologiques, le maintien de zones tampons pour les aires naturelles protégées (ANP), et la protection de sites de conservation prioritaire déterminés par des organismes de conservation ou par des conventions internationales telles que RAMSAR pour les sites humides de conservation prioritaire. Cette stratégie a été adoptée par la Commission forestière nationale (CONAFOR) au Mexique. Suivant l'exemple du gouvernement mexicain, les gouvernements d'autres pays producteurs de café doivent utiliser les programmes de PSE dans leur stratégie globale de conservation et incluent une composante pour la conservation de la biodiversité en système agroforestier tel que les plantations de café d'ombre. De plus, le mode d'attribution de l'aide économique de ces programmes doit favoriser les petits producteurs en régions rurales marginales.

Par ailleurs, les services écosystémiques qui découlent de la conservation de la biodiversité apportent plusieurs bénéfices aux agriculteurs, aux communautés locales et au niveau global. Ainsi, dans le futur, les organisations non-gouvernementales et les gouvernements, particulièrement ceux des pays développés, devraient mettre des efforts pour le développement de marchés pour les services écosystémiques. Les stratégies de conservation des services écosystémiques doivent également inclure des critères qui visent à conserver la biodiversité. Puisque les PCB en milieu agricole contribuent à augmenter les services écosystémiques, advenant le cas de l'établissement de marchés pour les services écosystémiques, cette source de financement pourrait également être utilisée pour financer la conservation de la biodiversité.

Mis à part les outils économiques analysés dans cet essai, d'autres opportunités peuvent être considérées dans le but d'atteindre des objectifs de conservation de la biodiversité et de rentabilité économique pour les producteurs de café. Par exemple, le tourisme agroécologique et ornithologique dans les plantations de café d'ombre peut apporter un revenu additionnel aux producteurs. De plus, les associations intersectorielles agroécologiques et la coopération entre les producteurs et le milieu

scientifique, par le partage de connaissances, peuvent aider la recherche et l'adoption de pratiques agricoles pour l'amélioration de la productivité d'un système qui favorise la conservation de la biodiversité.

Finalement, plus d'études doivent-être réalisées pour saisir toute la valeur écologique, économique et culturelle autour des systèmes de café d'ombre diversifiés et ainsi aider au développement et à l'amélioration des stratégies de conservation. Idéalement les études qui portent sur la diversité des espèces floristiques ou fauniques devraient relever le nombre d'espèces par unité de surface, inclure plusieurs groupes d'espèces et être réalisées dans un contexte de paysage. Plus d'études agronomiques pour maximiser la production tout en maximisant le maintien de la biodiversité dans le système sont nécessaires. De plus, davantage d'études devraient être réalisées en rapport aux bénéfices économiques qui viennent des services écosystémiques. En amenant des outils pour quantifier la biodiversité et les services écosystémiques associés, ces études faciliteraient l'évaluation des impacts des initiatives et programmes et le développement de stratégies de mise en marché pour la conservation de la biodiversité et les services écosystémiques associés. Finalement, il est important que la synergie des outils qui visent une plus grande production sous système conventionnel et celle qui vise à arrimer la conservation de la biodiversité avec la production soient étudiées plus en profondeur afin d'éviter que les stratégies pour une plus grande production aient des impacts négatifs sur les stratégies de conservation des plantations traditionnelles.

## Références

- Aguilar, E., Peterson, C., Obando, P.R., Frutos, R., Retana, J.A., Solera, M., Soley, J., Garcia, I.G., Araujo, R.M., Santos, A.R., et al. (2005). Changes in Precipitation and Temperature Extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003. *J Geophys Res* 110, 1-15.
- Alix-Garcia, J.M., de Janvry, A., Sadoulet, E., & Torrew, J.M. (2005). An Assessment of Mexico's Payment for Environmental Services Program. [ftp://ftp.fao.org/es/ESA/Roa/pdf/aug05-env\\_mexico.pdf](ftp://ftp.fao.org/es/ESA/Roa/pdf/aug05-env_mexico.pdf). 27 février 2014.
- Alix-Garcia, J.M., Shapiro, E.N., & Sims, K.R.E. (2012). Forest Conservation and Slippage: Evidence from Mexico's National Payments for Ecosystem Services Program. *Land Econ* 88, 613-638.
- Alix-Garcia, J.M., Sims, K.R.E., Yanez-Pagans, P., & Shapiro, E.N. (2013). Only One Tree from Each Seed? Environmental Effectiveness and Poverty Alleviation in Programs of Payments for Ecosystem Services. Working paper. University of Wisconsin. [https://www.amherst.edu/system/files/media/One\\_tree\\_5\\_10\\_13.pdf](https://www.amherst.edu/system/files/media/One_tree_5_10_13.pdf). 27 février 2014.
- Alvim, P. (1960). Physiology of Growth and Flowering in Coffee. *Coffee* 2, 57-62.
- Ambio (2009). Scole'te Programme Plan Vivo Annual Report 2009. [http://theredddesk.org/sites/default/files/plan\\_vivo\\_scol.pdf](http://theredddesk.org/sites/default/files/plan_vivo_scol.pdf). 27 février 2014.
- Armbrecht, I. & Perfecto, I. (2003) Litter-twig Dwelling Ant Species Richness and Predation Potential within a Forest Fragment and Neighbouring Coffee Plantations of Contrasting Habitat Quality in Mexico. *Agric Ecosyst Environ* 97, 107-115.
- Armbrecht, I., Rivera, L., & Perfecto, I. (2005). Reduced Diversity and Complexity in the Leaf Litter Ant Assemblage of Colombian Coffee Plantations. *Conserv Biol* 19, 897-907.
- Aranda, J. (2004). El Sistema Campesino-indígena de Producción de Café. *Café: Sustentable, Orgánico y Mexicano. La Jornada Ecológica*.
- Ataroff, M. & Monasterio, M. (1997a). Cambios Ecológicos Producto de Cambios Technologicos en Sistemas Cafetaleros en los Andes Venezolanos. *Dessarrollo Sostenible de Ecosistemas de Montaña: Manejo de Areas Frágiles en los Andes*. <http://www.ciens.ula.ve/icae/publicaciones/agroecologia/pdf/ataroff1997a.pdf>. 5 septembre 2014.

- Ataroff, M. & Monasterio, M. (1997b). Soil Erosion under Different Management of Coffee Plantations in the Venezuelan Andes. *Soil Technol* 11, 95-108.
- Auld, G. (2010). Assessing Certification as Governance: Effects and Broader Consequences for Coffee. *J Environ Dev* 19, 215-241.
- Bacon, C.M. (2010). Who Decides What is Fair in Fair trade? The Agri-environmental Governance of Standards, Access, and Price. *J Peasant Stud* 37, 111-147.
- Bacon, C.M., Mendez, V.E., Flores-Gomez, M.A., Stuart, D., & Dfaz-Flores, S.R. (2008a). Are Sustainable Coffee Certifications Enough to Secure Farmer Livelihoods? The Millenium Development Goals and Nicaragua's Fair Trade Cooperatives. *Globalizations* 5, 259-274.
- Bacon, C.M., Mendez, V.E., Gliessrnan, S., Goodman, D., & Fox, J. (2008b) *Confronting the Coffee Crisis: Fair Trade, Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mexico and Central America*. (Cambridge: MIT Press).
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., DeClerck, F., Gardner, T., Hall, J., Lara, A., Litterra, P., Peña-Claros, M., Matosm, D.M.A., et al. (2012). Ecosystem Services Research in Latin America: The State of the Art. *Ecosystems Services* 2, 56-70.
- Bandeira, F.P., Martorell, C., Meave, J.A., & Caballero, J. (2005). The Role of Rustic Plantations in the Conservation of Wild Tree Diversity in the Chinantec Region of Mexico. *Biodivers Conserv* 14, 1225-1240.
- Bartra, A., Cobo, R., & Paz, L. (2003). *Sombra y Algo Más: Hacia un Café Sustentable Mexicano*. (México: Instituto Maya).
- Bedimo, J.A.M., Dufour, B.P., Cilas, C., & Avelino, J. (2012). Effets des arbres d'ombrage sur les bioagresseurs de *Coffea Arabica*. *Cah Agri*, 21, 89-97.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D., & Sommariba, E. (1998). Shade Management in Coffee and Cacao Plantations. *Agrofor Syst* 38, 139-164.

- Beer, J.W. (1987). Advantages, Disadvantages and Desirable Characteristics of Shade Trees for Coffee, Cacao and Tea. *Agrofor Syst* 5, 3-13.
- Bellingeri, M. & Sánchez, I. G. (1980). Las Estructuras Agrarias bajo el Porfiriato. In *México en el siglo XIX, 1821-1910: Historia Económica de la Estructura Social*, Cardoso, C. ed. (México: Nueva Imagen), 315-337.
- Benzing, D.H. (1990). *Vascular Epiphytes: General Biology and Related Biota*. (Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press).
- Bertrand, B., Montagnon, C., Georget, F., Charmetant, P., & Étienne, H. (2012). Création et diffusion de variétés de caféiers Arabica : quelles innovations variétales? *Cah Agric*, 21, 77-88.
- Blackman, A. & Rivera, J. (2010). The Evidence Base for Environmental and Socioeconomic Impacts of “Sustainable” Certification. (Washington : Resources for the Future).
- Bleasdale, J.K.A. (1960). Studies on Plant Competition. In *The Biology of Weeds*. Harper, J. L. ed. (Oxford: Backwell), 133-142.
- Bos, M. M., Höhn, P., Saleh, S., Büche, B., Buchori, D., Steffan-Dewenter, & Tschardtke, T. (2007). Insect Diversity Responses to Forest Conversion and Agroforestry Management. In *The Stability of Tropical Rainforest Margins, Linking Ecological, Economics and Social Constraints of Land Use and Conservation*. Tschardtke, T., Leuschner, C., Zeller, M., Guhardja, E., & Bidin, A. eds. (Berlin: Springer Verlag), 279-296.
- Bosselmann, A.S., Dons, K., Oberthur, T., Olsen, C.S., Raebild, A., & Usma, H. (2009). The Influence of Shade Trees on Coffee Quality in Small Holder Coffee Agroforestry Systems in Southern Colombia. *Agric Ecosyst Environ* 129, 253-260.
- Bosselmann, A.S. (2012). Mediating Factors of Land Use Change among Coffee Farmers in a Biological Corridor. *Ecol Econ* 80, 79-88.
- Boyce, J.K., Fernández, A., Fürst, E., & Segura, O. (1994). *Café y Desarrollo Sostenible: Del Cultivo Agroquímico a la Producción Orgánica en Costa Rica*. EFUNA, 248.
- Brash, A.R., (1987). The History of Avian Extinction and Forest Conversion on Puerto Rico. *Biol Conserv* 39, 97-111.

- Bullock, J.M., Aronson, J., Newton, A.C., Pywell, R.F., & Rey-Benayas, J.M. (2011). Restoration of Ecosystems Services and Biodiversity: Conflicts and Opportunities. *Trends Ecology Evol* 26, 541-549.
- Burgess, S.S.O., Adams, M.A., Turner, N.C., & Ward, B. (2000). Characterisation of Hydrogen Isotope Profiles in an Agroforestry System: Implications for Tracing Water Sources of Trees. *Agr Water Manage* 45, 229-241.
- Bustillo, A.E. & Villacorta A. (1994). Manejo de las Principales Plagas del Café en Plantaciones de Altas Densidades. Proceedings of the Internacional Symposium on High Coffee Tree Density, 28-31 March. Londrina Brazil, 185-196.
- Cannell, M.G.R., (1983). Coffee. *Biologist* 30, 257-263.
- Cárdenas, S.M. (1992). Ensayos sobre Política Económica: Ciclos Económicos y Bonanzas Exportadoras: Teoría y Evidencia en Cuatro Países Productores de Café. *Revista ESPE*, 21, 101-134.
- Carr, M. (2001). The Water Relations and Irrigation Requirements of Coffee. *Exp Agr* 37, 1-36.
- Castellanos, E.J., Tucker, C., Eakin, H., Morales, H., Barrera, J.F., & Díaz, R. (2013). Assessing the Adaptation Strategies of Farmers Facing Multiple Stressors: Lessons from the Coffee and Global Changes Project in Mesoamerica. *Environ Sci Policy* 26, 19-28.
- Castro, L.M., Calvas, B., Hildebrandt, P., & Knoke, T. (2013). Avoiding the Loss of Shade Coffee Plantations: how to Derive Conservation Payments for Risk-averse Land-users. *Agroforest Syst* 87, 331-347.
- CCE (Commission de coopération environnementale) (1999). L'évaluation de l'intérêt des consommateurs pour le café d'ombre du Mexique : une analyse des marchés canadien, mexicain et américain. Section des communications et de la sensibilisation du public du Secrétariat de la CCE.
- CEDEAO-OCDE (2007). Le Café. Atlas de l'Intégration Régionale en Afrique de l'Ouest, Série économie [www.atlas-ouestafrique.org](http://www.atlas-ouestafrique.org). 25 avril 2013.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina) (2002). Globalización y Desarrollo. (Santiago: CEPAL).

- Chagoya, J.L. & Gutiérrez, L.I. (2009). Esquema de Pago por Servicios Ambientales de la Comisión Nacional Forestal, México. Capítulo 10. In Políticas y Sistemas de Incentivos para el Fomento y Adopción de Buenas Prácticas Agrícolas como una Medida de Adaptación al Cambio Climático en América Central. Sepúlveda, L.C.J., & Ibrahim, M, eds. (Turrialba, Costa Rica: CATIE).
- Challenger, A. (2003). Conceptos Generales Acerca de los Ecosistemas Templados de Montaña de México su Estado de Conservación. Capítulo 1. In Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México. Sánchez, O, Vega, E., Peters, E, & Monroy-Vilchis, O. eds. (México: Instituto Nacional de Ecología).
- Charrier, A., Bertrand, B., & Lashermes, P. (2012). Des évolutions marquantes pour le café en ce début de XXIe siècle. Cah Agri 21, 73-76.
- CIMS (Centro Inteligente de Mercados Sostenibles) (2007). Revista de café diferenciado, 3-4.
- Clough, Y., Abrahamczyk, S., Adams, M.-O., Anshary, A., Ariyanti, N., Betz, L., Buchori, D., Cicuzza, D., Darras, K., Dwi Putra, D., et al. (2010). Biodiversity Patterns and Trophic Interactions in Human-dominated Tropical Landscapes in Sulawesi (Indonesia): Plants, Arthropods and Vertebrates. In Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change. Environmental Science and Engineering Series. Tschardtke, T., Leuschner, C., Veldkamp, E., Faust, H., Guhardja, E., & Bidin, A. eds. (Berlin: Springer Verlag), 15-72.
- CNOC (Coordinadora Nacional de Organizaciones Cafetaleras) (2004). El Mercado Mundial del Café y sus Tendencias. (México: CNOC).
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2010). El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. (México: CONABIO).
- CONAFOR (Comisión nacional forestal) & el Fondo Mexicano para la Naturaleza (2012). Tercer Encuentro Nacional de Mecanismos Locales de PSA. México, D. F.
- Conde, C., Vinocur, M., Gay, C., Seiler, R., & Estrada, F. (2008). Climate Threat Spaces in Mexico and Argentina. In Climate Change and Vulnerability. Leary, N., Conde, C., Kulkarni, J., Nyong, A., & Pulhin, J. eds. (London, UK: Earthscan), 279-306.
- Connell, J.H. (1978). Diversity in Tropical Rainforest and Coral Reefs. Science 199, 1302-1310.

- Corre, M.D., Dechert, G., & Veldkamp, E. (2006). Soil Nitrogen Cycling Following Montane Forests Conversion in Central Sulawesi, Indonesia. *Soil Sci Soc Am J* 70, 359-366.
- Cruz-Angón, A. (2007). Evaluación Experimental sobre la Importancia de las Epífitas para la Conservación de la Biodiversidad en Plantaciones de Café. Tesis de doctorado. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, Mexico.
- Cruz-Angón, A., Baena, M., & Greenberg, R. (2009). The Contribution of Epiphytes to the Abundance and Diversity of Canopy Arthropodes in a Mexican Coffee Farm. *J Trop Ecol* 25, 453-463.
- Cruz-Angón, A. & Greenberg, R. (2005). Are Epiphytes Important for Birds in Coffee Plantation? An Experimental Assessment. *J Appl Ecol* 42, 150-159.
- Cruz-Lara, L.E., Lorenzo, C., Soto, L., Naranjo, E., & Ramírez-Marcial, N. (2004). Diversidad de Mamíferos en Cafetales y Selva Mediana de las Cañadas de la Selva Laconda, Chiapas, México. *Acta Zoologica Mexicana* 20, 6-81.
- Cruz-Para, C.A. (2012). Diversidad de Reptiles y Anfibios en Bosque Mesófilo de Montaña y Cafetal, Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná. Tesis de maestría. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Mexico.
- Curry, J., Jelinek, M., Foskey, B., Suzuki, A., & Webster, P. (2009). Potential Economic Impacts of Hurricanes in Mexico, Central America, and the Caribbean 2020-2025. LCR Sustainable Development Working Paper 32, 18-24.
- DaMatta, F.M. (2004). Ecological Constraints on the Production of Shaded and Unshaded Coffee: a review. *Field Crop Res* 86, 99-114.
- Damon, A. (2000). A Review of the Biology and Control of the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera; Scolytidae). *B Entomol Res* 90, 453-465.
- Davidson, D.W., Cook, S.C, Snelling, R., & Chua, T.H. (2003). Explaining the Abundance of Ants in Lowland Tropical Rainforest Canopies. *Science* 300, 969-972.
- Daviron, B. & Ponte, S. (2007). *Le paradoxe du café*. (Pari : Éditions Quae), 359.

- Dawson, T.E. (1996). Determining Water Use by Trees and Forests from Isotopic, Energy Balance and Transpiration Analyses: the Roles of Tree Size and Hydraulic Lift. *Tree Physiol* 16, 263-272.
- De la Mora, A., Livingston, G., & Philpott, S.M. (2008). Arboreal Ant Abundance and Leaf Miner Damage in Coffee Agroecosystems in Mexico. *Biotropica* 40, 742-746.
- De Souza, H.N., De Graaff, J., & Pulleman, M.M. (2012). Strategies and Economics Farming Systems with Coffee in the Atlantic Rainforest Biome. *Agroforest* 84, 227-242.
- De Pelsmacker, P., Driesen, L., & Rayp, G. (2006). Do Consumers Care about Ethics? Willingness to Pay for Fair-trade Coffee. *J Consum Aff* 39, 363-385.
- De Silva, N.T.M.H., Tisdell, C.A., & Byrne, P.N. (1990). Evaluating Techniques for Weed Control in Coffee in Papua New Guinea. *Internat Tree Crops J* 6, 31-49.
- Díaz, R., Castellanos, E., Solano, L., Anzueto, F., Tucker, C., Morales, H., Gaytán, J.F.B., Eakin, H., & Bello, G.C. (2010). Estrategias Efectivas de Adaptación y Reducción de Riesgos por Fluctuaciones de precios, plagas y cambios climáticos: Lecciones de la Crisis del Café en Mesoamérica. *Cambios Globales y Café*, 23.
- Dietsch, T.V. (2000). Assessing the Conservation Value of Shade-Grown Coffee: a Biological Perspective using Neotropical Birds. Report from the Field, *Endangered Species Update* 17, 122-124.
- Dietsch, T.V. (2003). Conservation and Ecology of Birds in Coffee Agroecosystems of Chiapas, Mexico. Ph. D. Dissertation, University of Michigan.
- Dietsch, T.V., Philpott, S.M., Rice, R., Greenberg, R., & Bichier, P. (2004). Conservation Policy in Coffee Landscapes. *Science* 303, 625-626.
- Eakin H.C., Tucker, C.M., & Castellanos, E. (2005). Market Shocks and Climate Variability: The Coffee Crisis in Mexico, Guatemala, and Honduras. *Mt Res Dev* 25, 304-309.
- Enriquez, G. (1993). Ecofisiología del Cultivo. In *Manual del Cultivo del Café*. Sotomayor, H. I. ed. (Quevedo, Ecuador: INIAP, FUNDAGRO, GTZ), 28-42.

- Eccardi, F. & Sandalj, V. (2002). *The coffee: A Celebration of Diversity*. (Trieste, Italy: Sandalj Editions).
- Espinoza, L. (1986). *Investigaciones Sobre la Importancia del Componente Arbóreo en el Sistema Agroforestal "Cafetal Arbolado" Basándose en Ejemplos de Costa Rica*. (Turrialba, Costa Rica: CATIE).
- Estrada, A., & Coates-Estrada, R. (2001). Species Composition and Reproductive Phenology of Bats in a Tropical Landscape at Los Tuxtlas, Mexico. *J Trop Ecol* 17, 627-646.
- Faminow, M.D., & Rodriguez, E.A. (2001). Biodiversité floristique et faunique dans les systèmes de culture du café d'ombre. Rapport établi pour la Commission de coopération environnementale de l'Amérique du Nord. (Lima : Centre international de recherche en agro-sylviculture).
- FAO (Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture) (2011). FAOSTAT [faostat.fao.org](http://faostat.fao.org). 25 avril 2013.
- Flores, L.J.R., Barrera J.F., & Bernal, J.S. (2009). Impacts of Natural Enemies on Coffee Leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) Population Dynamics in Chiapas, Mexico. *Biol Control* 51, 51-60.
- Fragoso, D.B., Guedes, R.N.C., Picanco, M.C., & Zambolim, L. (2002). Insecticide Use and Organophosphate Resistance in the Coffee Leaf Miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *B Entomol Res* 92, 203-212.
- Fragoso, D.B., Jusselino-Filho, P., Guedes R.N.C., & Porque, R. (2001). Seletividade de Inseticidas a Vespas Predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guer-Menev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Neotrop Entomol* 30, 139-144.
- Franco, C.M. (1958). *Influence of Temperature on the Growth of the Coffee Plant*. (New York: IBEC Research Institute).
- Fonseca, S.A. (2006). El Café de Sombra: un Ejemplo de Pago de Servicios Ambientales para Proteger la Biodiversidad. *Gaceta Ecológica* 80, 19-31.
- Gallina, S., González-Romero, A., & Manson, R.H. (2008). Mamíferos Pequeños y Medianos. Capítulo 12. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México: INECOL, INE-SEMARNAT), 161-178.

- Garcia, G.C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H., & Viller, L. (2006). Potential Impacts of Climate Change on Agriculture: a Case Study on Coffee Production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change* 79, 259-288.
- Garcia-Burgos, J. (2007). Comparación de la Riqueza de Mamíferos Medianos en un Gradiente de Manejo de Cafetales en el Centro de Veracruz. Tesis de doctorado, Instituto de Ecología A.C., Veracruz, México.
- Giovannucci, D. (2001). Enquête sur le café produit de façon durable auprès de l'industrie nord-américaine du café de spécialité. The Summit Foundation, The Nature Conservancy, Commission de coopération environnementale, Specialty Coffee Association of America et la Banque mondiale, 28.
- Giovannucci, D., Liu, P., & Byers, A. (2008). Adding Value: Certified Coffee Trade in North America. In *Value-adding Standards in the North American Food Market: Trade Opportunities in Certified Products for Developing Countries*. Liu, P., ed. (Rome: FAO), 33-49.
- Giovannucci, D. & Koekoek, J.F. (2003). The State of Sustainable Coffee: A Study of Twelve Major Markets. (Cali, Colombia: CINECAFE). [http://mpr.aub.uni-muenchen.de/17172/1/MPRA\\_paper\\_17172.pdf](http://mpr.aub.uni-muenchen.de/17172/1/MPRA_paper_17172.pdf). 27 février 2014.
- Giovannucci, D. & Ponte, S. (2005). Standards as a New Form of Social Contract? Sustainability Initiatives in the Coffee Industry. *Food Policy*, 30, 284-301.
- Giovannucci, D. & Villalobos, A. (2007). The State of Organic Coffee: 2007 US Update. (San Jose: CIMS). [http://orgprints.org/12856/1/State\\_of\\_Organic\\_Coffee\\_2007\\_US\\_update.pdf](http://orgprints.org/12856/1/State_of_Organic_Coffee_2007_US_update.pdf). 4 mars 2014.
- Gobbi, J. A. (2000). Is Biodiversity Friendly Coffee Financially Viable? An Analysis of Five Different Coffee Systems in El Salvador. *Ecol Econ* 33, 267-281.
- Goldberg, A.D. & Kigel, J. (1986). Dynamics of the Weed Community in Coffee Plantations Grown Under Shade Trees: Effect of Clearing. *Isr J Bot* 35, 121-131.
- González-Ortega, M.A.A., Enríquez, P.L., Rangel-Salazar, J.L., García-Estrada, C., & Tejeda-Cruz, C. (2012). Contribución de la Riqueza y la Uniformidad a la Diversidad de Aves en Plantaciones de Café de Sombra del Sureste de México. *Trop Subtrop Agroecosystems* 15, 629-647.

- González-Romero, A., & Murrieta-Galindo, R. (2008). Anfibios y Reptiles. Capítulo 10. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México: INECOL, INE-SEMARNAT), 135-143.
- Gordon, C., Manson, R., Sundberg, J., & Angón, A.C. (2007). Biodiversity, Profitability, and Vegetation Structure in Mexican Coffee Agroecosystem. *Agric Ecosyst Environ* 118, 256-266.
- Greenberg, R., Bichier, P., Cruz Angon, A., MacVean, C., Perez, R., & Cano, E. (2000). The Impact of Avian Insectivory on Arthropods and Leaf Damage in some Guatemalan Coffee Plantations. *Ecology* 81, 1750-1755.
- Greenberg, R., Bichier, P., & Sterling, J. (1997). Bird Populations in Rustic and Planted Shade Coffee Plantations of Eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica* 29, 501-514.
- Geissert, D. & Ibáñez, A. (2008). Calidad y Ambiente Físico-químico de los Suelos. Capítulo 15. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México : INECOL, INE-SEMARNAT), 213-222.
- Guanca, J.L.Q. (2007). Caracterización del Impacto Ambiental y Productivo de las Diferentes Normas de Certificación de Café en Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1725E/A1725E.PDF>. 27 février 2014.
- Guhl, A. (2008). Coffee Production Intensification and Landscape Change in Colombia. *Land Change Sci Trop*, 93-116.
- Guhl, A. (2009). Café, Bosques y Certificación Agrícola en Aratoca, Santander. *Rev Estud Soc* 32, p.114-125.
- Halffter, G. (2011). Reservas de la Biosfera: Problemas y Oportunidades en México. *Acta Zoológica Mexicana*, 177-189.
- Hamilton, L.S., Juvik, J.O., & Scatena, F.N. (1995). *Tropical Montane Cloud Forests*. (New York: Springer Verlag).
- Hardner J. & Rice, R. (2002). Rethinking Green Consumerism. *Sci Am*, 286, 88-95.

- Harvey, C.A. & Villalobos, J.A.G. (2007). Agroforestry Systems Conserve Species Rich but Modified Assemblages of Tropical Birds and Bats. *Biodivers Conserv* 16, 2257-2292.
- Hietz, P. (2005). Conservation of Vascular Epiphyte Diversity in Mexican Coffee Plantations. *Conserv Biol* 19, 391-399.
- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S. et al. (2005). Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge. *ESA Report. Ecol Monogr* 75, 3-35.
- IADB (Inter-American Development Bank) , United States Agency for International Development, The World Bank (2002). *Managing the Competitive Transition of the Coffee Sector in Central America. Discussion Document Prepared for the Regional Workshop: The Coffee Crisis and its Impacts in Central America Situation and Lines of Action*, 30.
- Ibarra-Núñez, G. (1990). Los Artrópodos Asociados a Cafetos en un Cafetal Mixto del Soconusco, Chiapas, México, Variedad y Abundancia. *Folia Entomológica Mexicana* 79, 207-231.
- Ibarra-Núñez, G., García, J.A., López, J.A., & Lachaud, J.P. (2001). Prey Analysis in the Diet of Some Ponerine Ants (Hymenoptera: Formicidae) and Web-building Spiders (Araneae) in Coffee Plantations in Chiapas, Mexico. *Sociobiology* 37, 723-755.
- IHCAFE (Instituto Hondureño del Café ) (2001). *Manual de Caficultura.*, (Honduras : IHCAFE), 239.
- Imbach, A. C., Fassbender, H. W., Beer, J., Borel, R., & Bonneman, A. (1989). Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y Café con Poro (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. Balances hídricos y lixiviación de elementos nutritivos. *Turrialba* 39, 400-414.
- Infante, F., Pérez, J., & Vega, F.E. (2013). Cien Años Después de una Invasión Biológica. *Ecofronteras*, 47, 18-20.
- ITC (International Trade Center) (2011). *The Coffee Exporter's Guide, Third Edition.* (Geneva: ITC), 247.
- Jaffee, D. (2007). *Brewing Justice: Fair Trade Coffee, Sustainability, and Survival.* (Berkeley: University of California Press).

- Jedlicka, J., Greenberg, G., Perfecto, I., Philpott, S., & Dietch, T.V. (2006). Seasonal Foraging Niche Shift of Tropical Avian Residents: Resource Competition at Work? *J Trop Ecol* 22, 1-11.
- Jha, S., & Vandermeer, J.H. (2010). Impacts of Coffee Agroforestry Management on Tropical Bee Communities. *Biol Conserv* 143, 1423-1431.
- Jha, S., Bacon, C.M., Philpott, S.M., Rice, R.A., Mendez, V.E. & Laderach, P. (2011). A Review of Ecosystem Services, Farmer Livelihoods, and Value Chains in Shade Coffee Agroecosystems. In *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*. Campbell, W.B. & López-Ortiz eds. *Issues in Agroecology, Present Status and Future Prospectus* 1, p.141-208.
- Jones, J., Ramoni-Perazzi, P., Carruthers, E.H., & Robertson, R.J. (2000). Sociality and Foraging Behavior of the Cerulean Warbler in Venezuelan Shade-coffee Plantations. *Condor* 102, 958-962.
- Kellermann, J.L., Johnson, M.D., Stercho, A.M., & Hackett, S.C. (2008). Ecological and Economic Services Provided by Birds on Jamaican Blue Mountain Coffee Farms, *Conserv Biol* 22, 1177-1185.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I.F., Buchori, D., & Tscharntke, T. (2002). Effects of Land Use Intensity in Tropical Agroforestry Systems on Coffee Flower-visiting and Trap-nesting Bees and Wasps. *Conserv Biol* 16, 1003-1014.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I.F., & Tscharntke, T. (2003a). Bee Pollination and Fruit Set of *Coffea Arabica* and *C. Canephora* (Rubiaceae). *Am J Bot* 90, 153-157.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I.F., & Tscharntke, T. (2003b). Fruit Set of Highland Coffee Increases with the Diversity of Pollinating Bees. *Biol Sci* 270, 955-961.
- Komar, O. (2006). Ecology and Conservation of Birds in Coffee Plantations: a Critical Review. *Bird Conserv Int* 16, 1-23.
- Komar, O. & Domiguez, J.P. (2002). Efectos del Estrato de Sombra sobre Poblaciones de Anfibios, Reptiles y Aves en Plantaciones de Café de El Salvador: Implicaciones para Programas de Certificación. XV. Simposio "Café y Biodiversidad". Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación. Libro de Resúmenes, 101.

- Kosoy, N., Corbera, E., & Brown, K. (2008). Participation in Payments for Ecosystem Services: Case Studies from the Lacandon Rainforest, Mexico. *Geoforum*, 2073-2083.
- Krauss, U. (2004). Disease in Tropical Agroforestry Landscapes: the Role of Biodiversity. In *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Schroth, G., Fonseca, G.A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L., & Izac, A.M.N. eds. (Washington DC: Island Press), 397-412.
- Labouisse, J.P. & Adolphe, C. (2012). Conserver et gérer les ressources génétiques du caféier Arabica (*Coffea arabica* L.) un défi pour l'Éthiopie. *Cah Agri* 21, 99-105.
- Larsen, A. & Philpott, S.M. (2010). Twig-Nesting Ants: The Hidden Predator of the Coffee Berry Borer in Chiapas, Mexico. *Biotropica* 42, 342-347.
- Lashermes P., Combes, M.-C., Dereeper, A., Cenci, A. (2012). Diversité et évolution des caféiers à la lumière de la génomique. *Cah Agri* 2, 134-42.
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., & Hammond, P.M. (1998). Biodiversity Inventories, Indicator Taxa and Effects of Habitat Modification in Tropical Forest. *Nature* 391, 72-75
- Le Grand, T., Froger, G., & Le Coq, J.F. (2010). The Efficiency of the Costa Rican Payment for Environmental Services Program under Discussion. From the Wealth of Nations to the Wealth of Nature: Rethinking Economic Growth. 12th BIOECON Conference, Venice. [http://www.bioecon-network.org/pages/12th\\_2010/Froger.pdf](http://www.bioecon-network.org/pages/12th_2010/Froger.pdf). 1 mai 2014.
- Lemes, L.N., Carvalho, L.B., Souza, M.C., & Alves, P.L.C.A. (2010). Weed Interference on Coffee Fruit Production during a Four-year Investigation after Planting. *Afr J Agric Res* 5, 1138-1143.
- Le Pelley, R.H. (1968). *Pests of Coffee*. Tropical Science Series. (London: Longmans Press, Green and Co. Ltd.).
- Lerma-Serna, I. (2013). *Un Sistema para la Gestión y Divulgación de Apoyos del ProÁrbol*. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México.
- Lewin, B., Giovannucci, D., & Varangis, P. (2004). *Coffee Markets New Paradigms in Global Supply and Demand*, World Bank and Agriculture and Rural Development Discussion Paper 3, 133.

- Lin, B.B. (2007). Agroforestry Management an Adaptative Strategy against Potential Microclimate Extremes in Coffee Agriculture. *Agr Forest Meteorol* 144, 85-94.
- Lin, B.B. (2010). The Role of Agroforestry in Reducing Water Loss through Soil Evaporation and Crop Transpiration in Coffee Agroecosystems. *Agr Forest Meteorol* 150, 510-518.
- Lin, B.B., Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2008). Synergies Between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising Vulnerability for Crops. *Bioscience* 58, 847-854.
- Lin, B.B. & Richards, P.L. (2007). Soil Random Roughness and Depression Storage on Coffee Farms of Varying Shade Levels. *Agr Water Manage* 92, 194-204.
- Lindell, C. & Smith, M. (2003). Nesting Bird Species in Sun Coffee, Pasture, and Understory Forest in Southern Costa Rica. *Biodivers Conserv* 12, 423-440.
- Lomeli-Flores, J.R., Bernal, J.S., Barrera, J.F., & Quiroz-Robledo, L. (2008). Hormigas Depredadoras del Minador del Café, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) en el Soconusco, Chiapas, México. *Sociedad Mexicana de Control Biológico, XXXI Congreso Nacional de Control Biológico, Zacatecas*, 313-316.
- Lopes, S.A., Marcussi, S., Torres, S.C.Z., Souza, V., Fagan, C., França, S.C., Fernandez, S.G., & Lopes, J.R.S. (2003). Weeds as Alternative Hosts of the citrus, coffee and plum strains of *Xylella fastidiosa* in Brazil. *Plant Dis.* 87, 544-549.
- López-Barrera, F. & Landgrave, R. (2008). Variación de la Biodiversidad a Nivel Paisaje. Capítulo 19. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México: INECOL, INE-SEMARNAT), 259-270.
- López-Gómez, A.M., Williams-Linera, G., & Manson, R.H. (2008). Tree Species Diversity and Vegetation Structure in Shade Coffee Farms in Veracruz, Mexico. *Agric Ecosyst Environ* 124, 160-172.
- Lyon, S., Bezaury, L.A., & Mutersbaugh, T. (2010). Gender Equity in Fair Trade-organic Coffee Producer Organizations: Cases from Mesoamerica. *Geoforum* 41, 93-103.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. (Princeton, New Jersey: University Press).

- Macfadyen, S., Cunningham, S.A., Costamagna, A.C., & Schellhorn, N.A. (2012). Managing Ecosystems Services and Biodiversity Conservation in Agricultural Landscapes: Are the Solutions the Same? *J Appl Ecol* 49, 690-694.
- Macip-Ríos, R. & Casas-Andreu, G. (2008). Los Cafetales en México y su Importancia para la Conservación de los Anfibios y Reptiles. *Acta Zoológica Mexicana* 24, 143-159.
- Macip-Ríos, R. & Muñoz-Alonzo, A. (2008). Diversidad de Lagartijas en Cafetales y Bosque Primario en el Soconusco Chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79, 185-195.
- Magrin, G., Gay-García, C., Cruz-Choque, D., Gimenez, J.C., Moreno, A.R., Nagy, G.J., Nobre, C., & Villamizar, A. (2007). Latin America. In Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., & Hanson, C. eds. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (UK: Cambridge University Press), 581–615.
- Manson, R.H., Sosa, V.J., & Hernández, A.C. (2008). Efectos del Manejo sobre la Biodiversidad: síntesis y conclusiones. Capítulo 21. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México: INECOL, INE-SEMARNAT), 279-302.
- Manson, R.H., Williams-Linera, G., & Monroy, R. (2004). El Bosque de Niebla. *Pronatura* 6, 32-33.
- Martínez, M.A., Evangelista, V., Basurto, F., Mendoza, M., & Cruz-Rivas, A. (2007). Flora útil de los Cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78, 15-40.
- Martínez-Salinas, A. & DeClerck, F. (2010). El Papel de Los Agroecosistemas y Bosques en la Conservación de Aves Dentro de Corredores Biológicos. *Mesoamericana* 14, 36-51.
- Mas, A.H. & Dietsch, T.V. (2003). An Index of Management Intensity for Coffee Agroecosystems to Evaluate Butterfly Species Richness. *Ecol Appl* 13, 1491-1501.
- Mas, A.H. & Dietsch, T.V. (2004). Linking Shade Coffee Certification to Biodiversity Conservation: Butterflies and Birds in Chiapas, Mexico. *Ecol Appl*, 642-654.

- Mathieu, F., Brun, L.O., Frerot, B., Suckling, D.M., & Frampton, C. (1999). Progression in Field Infestation is Linked with Trapping of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). *J Appl Entomol* 123, 535-540.
- Mc Afee, K. & Shapiro, E.N. (2010). Payment for Ecosystem Services in Mexico: Nature, Neoliberalism, Social Movements and the State. *Ann Assoc Am Geogr*, 579-599.
- McCann, K.S. (2000). The Diversity-stability Debate. *Nature* 405, 228-233.
- McCann, C., Williams-Guillén, K., Koontz, F. W., Roque Espinoza, A. A., Martínez Sánchez, J. C., & Koontz, C. (2003). Shade Coffee Plantations as Wildlife Refuge for Mantled Howler Monkeys (*Alouatta palliata*) in Nicaragua. In *Primates in fragment*. Marsh, L.K. ed. (New York: Kluwer Academic Press), 321-341.
- Méndez, V.E. (2008). Farmers' livelihoods and biodiversity conservation in a coffee landscape of El Salvador. In *Confronting the Coffee Crisis: Fair Trade, Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mexico and Central America*. Bacon, C.M., Méndez, V.E., Gliessman, S.R., Goodman, D., & Fox, J.A. eds. (Cambridge, U.S.A.: MIT Press), 207-236.
- Méndez, V.E. & Bacon, C. (2006). Ecological Processes and Farmer Livelihoods in Shade Coffee Production. *LEISA, The Netherlands* 22, 22-23.
- Méndez, V.E., Gliessman, S.R., & Gilbert, G.S. (2007). Tree Biodiversity in Farmer Cooperatives of a Shade Coffee Landscape in Western El Salvador. *Agric Ecosyst Environ* 119, 145-159.
- Mendez, V.E., Bacon, C.M., Olson, M., Morris, K.S., & Shattuck, A.K. (2010a). Agrobiodiversity and Shade Coffee Smallholder Livelihoods: a Review and Synthesis of ten Years of Research in Central America. *Prof Geogr* 62, 357-376
- Mendez, V. E., Bacon, C., Olson, M., Petchers, S., Herrador, D., Carranza, C., Trujillo, L., Guadarrama Zugasti, C., Córdón, A., & Mendoza, A. (2010b). Effects of Fair Trade and Organic Certifications on Small-scale Coffee Farmer Households in Central America and Mexico. *Renewable Agric Food Syst* 25, 236-251.
- Meyland, L., Merot, A., Gary, C., & Rapidel, B. (2013). Combining a Typology and a Conceptual Model of Cropping System to Explore the Diversity of the Relationships between Ecosystem Services: The Case of Erosion Control in Coffee based Agroforestry Systems in Costa Rica. *Agr Syst* 118, 52-64.

- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*, World Resource Institute.
- Moguel, P. (1995). Diagnóstico de la Región Cafetalera en México por Zonas Ecológicas. Informe Técnico. (México, D. F.: Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México).
- Moguel, P. & Toledo, V.M. (1996). El Café en México, Ecología, Cultura Indígena y Sustentabilidad. *Ciencias* 43, 40-51.
- Moguel, P. & Toledo, V.M. (1999a). Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Conserv Biol* 13, 11-21.
- Moguel, P. & Toledo, V.M. (1999b). Café, Luchas Indígenas y Sostenibilidad; el Caso de México. *Ecología Política* 18, 23-36.
- Moguel, P. & Toledo, V.M. (2004). Conservar Produciendo: Biodiversidad, Café Orgánico y Jardines Productivos, *Biodiversitas* 55, 2-7.
- Moorhead, L.C., Philpott, S.M., & Bichier, P. (2010). Epiphyte Biodiversity in the Coffee Agricultural Matrix: Canopy Stratification and Distance from Forest Fragments. *Conserv Biol* 24, 737-746.
- Moraga Q.P., Bolaños, T.R.I., Pilz, M., Munguía, H.R., Jürgen P.H.A., Barios M., Hagggar J., & Gamboa M.W. (2011). Árboles de Sombra e Intensidad del Cultivo Afectan el Rendimiento de Café (*Coffea arabica* L.) y la Valoración Ecológica en Masatepe, Nicaragua. *La Calera Rev Científica* 11, 41-47.
- Morin, P.J. (2011). *Community Ecology*. (Oxford: Blackwell Science).
- Muradian, R., Corbera, E., Unai, P., Kosoy, N., & May, P. (2010). Reconciling Theory and Practice: an Alternative Conceptual Framework for Understanding Payments for Environmental Services. *Ecol Econ* 69, 1202-1208.
- Muñoz, A.A., Horváth, A., Vidal L., R., Percino, D.R., González, O.E., & Zárraga, S.V. (2000). “Efectos de la Fragmentación del Hábitat Sobre la Biodiversidad de la Reserva de la Biosfera El Triunfo”. Informe Final. ECOSUR-SIBEJ-TNC. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

- Muños, C., Zorrilla, M., Guevara, A., Bulás, J.M., Torres, J.M., & Braña, J. (2004). El Programa de Pago de Servicios Ambientales en México. (México D. C.: INE).
- Muñoz-Piña, C., Guevara, A., Torres-Rojo, J.M., & Braña-Varela, J. (2008). Paying for the Hydrological Services of Mexico's Forests: Analysis, Negotiations and Results. *Ecol Econ*, 725-736.
- Muñoz-Piña, C., Rivera, M., Cisneros, A., & García, H. (2011). Restos de la Focalización del Programa de Pago por los Servicios Ambientales en México. Pagos por Servicios Ambientales y Desarrollo Económico: perspectivas y retos. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 87-114.
- Muriel, S.B. & Kattan, G.H. (2009). Effects of Patch Size and Type of Coffee Matrix on Ithomiine Butterfly Diversity and Dispersal in Cloud-forest Fragments. *Conserv Biol* 23, 948-956.
- Muschler, R.G. (1993). Component Interactions. In *An Introduction to Agroforestry*. Nair, P.K.R. eds. (Dordrecht: Kluwer), 243-258.
- Muschler, R.G. (1997a). Efectos de Sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra et Catimor. *Memorias del XVIII Simposium Latinoamericano de Cafecultura*, San Jose, Costa Rica, 157-162.
- Muschler, R.G. (1997b). Shade or Sun for Ecologically Sustainable Coffee Production: a Summary of Environmental Key Factors. III Semana Científica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, 109-112.
- Muschler, R.G. (1998). Tree-crop Compatibility in Agroforestry: Production and Quality of Coffee Grown under Managed Tree Shade in Costa Rica, Ph. D. Dissertation, University of Florida.
- Muschler, R.G. (1999). Árboles en Cafetales. Colección Modulos de Enseñanza Agroforestal, Módulo 5 (Turrialba: CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)).
- Muschler, R.G. (2001). Shade Improves Coffee Quality in a Sub-optimal Coffee Zone in Costa Rica. *Agroforest Sys*. 85, 131-139.
- Muschler, R.G. & Bonneman, A. (1997). Potentials and Limitations of Agroforestry for Changing Land-use in the Tropics: Experiences from Central America. *Forest Ecol Manage*, 61-73.

- Muschler, R.G., Yépez, C., Camacho, A. R., Grether, W.P., & Pohlen, H.A.J. (2006). Manejo y Valoración de la Biodiversidad de Flora y Fauna en Cafetales. In *El Cafetalero del Futuro, Realidades y Visiones*. ECOSUR Chiapas. Pohlen, J., Soto, L. et Barrera, J. eds. (Aachen : Shaker Verlag).
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Nadkarni, N.M., Merwin, M.C., & Nieder, J. (2001). Forest Canopies, Plant Diversity. In *Encyclopedia of Diversity*. Levin, S. A. eds. (London: Academic Press), 27-40.
- Nir, M.M.A. (1988). The survivors: Orchids on a Puerto Rican Coffee Finca. *Am Orchid Soc Bull* 57, 989-995.
- Nolasco, M. (1985). *Café y sociedad en México*. Centro de Ecodesarrollo, México.
- O'Brien, T.G. & Kinnaird, M.F. (2003). Caffeine and Conservation. *Science* 300, 587.
- OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) (2013). Scaling-up Finance Mechanisms for Biodiversity. [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/scaling-up-finance-mechanisms-for-biodiversity\\_9789264193833-en](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/scaling-up-finance-mechanisms-for-biodiversity_9789264193833-en). 27 février 2014.
- OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) (2005). *Environmental Fiscal Reform for Poverty Reduction, DAC Guidelines and Reference Series*, (Paris: OECD Publishing).
- OIC (Organisation Internationale du Café) (2013a). Country Datasheets 2011. [http://www.ico.org/profiles\\_e.asp?section=Statistics](http://www.ico.org/profiles_e.asp?section=Statistics). 17 avril 2013.
- OIC (Organisation Internationale du Café) (2013c). *Rétrospective 2011-2012*. <http://www.ico.org/documents/cy2012-13/annual-review-2011-12f.pdf>. 17 avril 2013.
- OIC (Organisation Internationale du Café) (2013d). *The Story of Coffee*. [http://www.ico.org/coffee\\_story.asp](http://www.ico.org/coffee_story.asp). 17 avril 2013.
- OIC (Organisation Internationale du Café) (2014). Country Datasheets. Mexico. <http://www.ico.org/countries/mexico.pdf>. 25 avril 2014.

- ICC (International Coffee Council) (2013). Critical Situation in Central America Caused by Coffee Leaf Rust Outbreak, Resolution number 451. <http://dev.ico.org/documents/cy2012-13/icc-res-451e-leaf-rust.pdf>. 26 juin 2013.
- Olschewski, R., Tschardtke, T., Benítez, P.C., Schwarze, & Klein, A.M. (2007). Economic Evaluation of Ecosystem Services as a Basis for Stabilizing Rainforest Margins? The example of Pollination Services and Pest Management in Coffee landscapes. In *The Stability of Tropical Rainforest Margins, Linking Ecological, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation*. Tschardtke, T. Leuschner, C., Zeller, M., Guhardja, E., & Bidin, A. eds. (Berlin: Springer Verlag), 265-278.
- Olschewski R., Tschardtke T., Benítez P.C., Schwarze S., & Klein A.M. (2006). Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecol Soc* 11 <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/>. 12 décembre 2013.
- Osario, N. (2004). Lessons from the World Coffee Crisis: a Serious Problem for Sustainable Development. *Organisation Internationale du café*, 6. <http://dev.ico.org/documents/ed1922e.pdf>. 27 avril 2013.
- Pagiola, S. & Ruthenberg, I. (2006). La Venta de Biodiversidad en una Taza de Café: el Café de Sombra y la Conservación Forestal en Mesoamérica. Capítulo 8. In *La Venta de Servicios Ambientales Forestales, Mecanismos basados en el mercado para la conservación y el desarrollo*. Pagiola, S., Bishop, J., & Landell-Mills, N. eds. Segunda edición. (México: INE-SEMARNAT), 207-240.
- Pagiola, S., Landell-Mills, N., Bishop, J. (2006). Cómo Lograr que los Mecanismos Basados en el Mercado Funcionen para los Bosques y la Gente. Capítulo 16. In *La Venta de Servicios Ambientales Forestales, Mecanismos Basados en el Mercado para la Conservación y el Desarrollo*. Pagiola, S., Bishop, J., & Landell-Mills, N. eds. Segunda edición. (México: INE-SEMARNAT), 417-460.
- Paliz, V. & Mendoza, J. (1993). Plagas del Cafeto. In Sotomayor, H. I. *Manual del Cultivo del Café*, Estación Experimental Pichilingue, Quevedo, Ecuador. 144-166.
- Parra, J.R.P. (1985). Biología Comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guerin-Meneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) Visando ao Seu Zoneamento Ecologico no Estado de Sao Paulo. *Rev Brasileira Entomol* 29, 45-76.
- Peeters, L.Y.K., Soto-Pinto, L., Perales, H., Montoya, G., & Ishiki, M. (2003). Coffee Production, Timber, and Firewood in Traditional and Inga-Shaded Plantations in Southern Mexico. *Agric Ecosyst Environ* 95, 481-493.

- Pelupessy, W. (2001). La Crisis de Mercado en Cadenas Globales del Café. *Perspectives rurales*, 57-71.
- Pendergrast, M. (2010). *Uncommon Grounds: The History of Coffee and How it Transformed Our World*. Revised Edition. (NY: Basic Books), 424.
- Pérez-Grovas, V., Cervantes, E., & Burstein, J. (2001). Case Study of the Coffee Sector in Mexico. Collins, F., Fair Trade Research Group, (Colorado: State University), 1-72. [http://ip.cals.cornell.edu/courses/iard4010/documents/Mexico\\_coffee.pdf](http://ip.cals.cornell.edu/courses/iard4010/documents/Mexico_coffee.pdf). 27 février 2014.
- Pérez, V. (1977). Venticinco Años de Investigación Sistemática del Cultivo del Café en Costa Rica: 1950-1975. *Agron Costarric* 1, 169-185.
- Perfecto, I. & Armbrecht, I. (2003). The Coffee Agroecosystem in the Neotropics: Combining Ecological and Economic Goals. Chapter 6. In *Tropical Agroecosystems*. Vandermeer, J.H. ed. (New York: CRC Press), 159-194.
- Perfecto, I., Armbrecht, I., Philpott, S. M., Soto-Pinto, L., & Dietsch, T. (2012). Shaded Coffee and the Stability of Rainforest Margins in Northern Latin America. In *The Stability of Tropical Rainforest Margins, Linking Tropical, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation*. Tschardtke T., Leuschner, C., Zeller, M., Guardja, E., & Bidin, A. eds. (Berlin: Springer), 227-263.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of Biodiversity in Coffee Agroecosystems: a Tri-taxa Comparison in Southern Mexico. *Biodivers Conserv* 12, 1239-1252.
- Perfecto, I., Rice, R.A., Greenberg, R., & Van der Voort, M. E. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience* 46, 598-608.
- Perfecto, I. & Vandermeer, J. (1996). Microclimatic Changes and the Indirect Loss of Ant Diversity in a Tropical Agroecosystem *Ecologia* 108, 577-582.
- Perfecto, I. & Vandermeer, J. (2002). Quality of Agroecological Matrix in a Tropical Montane landscape: Ants in Coffee Plantations in Southern Mexico. *Conserv Biol* 16, 174-182.
- Perfecto, I., Vandermeer, J., Mas, A., & Soto-Pinto, L. (2005). Biodiversity, Yield, and Shade Coffee Certification. *Ecol Econ* 54, 435-446.

- Philpott, S.M., Arendt, W.J., Armbrrecht, I., Bichier, P., Diestch, T.V., Gordon, C., Greenberg, R., Perfecto, I., Reynoso-Santos, R., Soto-Pinto, L., et al. (2008). Biodiversity Loss in Latin American Coffee Landscapes: Review of the Evidence on Ants, Birds, and Trees. *Conserv Biol* 22, 1093-1105.
- Philpott, S.M. & Dietsch, T. (2003). Coffee and Conservation: a Global Context and the Value of Farmer Involvement. *Conserv Biol* 17, 1844-1846.
- Philpott, S.M., Bichier, P., Rice, R., & Greenberg, R. (2007). Field-Testing Ecological and Economic Benefits of Coffee Certification Programs. *Cons Biol* 21, 975-985.
- Philpott, S.M. & Bichier, P. (2012). Effects of Shade Tree Removal on Birds in Coffee Agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agric Ecosyst Environ* 149, 171-180.
- Philpott, S.M., Uno, S., & Maldonado, J. (2006). The Importance of Ants and High-shade Management to Coffee Pollination and Fruit Weight in Chiapas, Mexico. *Biodivers Conserv* 15, 487-501.
- Pierrot, J., Giovannucci, D., & Kasterine, A. (2010). Trends in the Trade of Certified Coffees. (Geneva: International Trade Centre), 18.
- Pinard, F. (2007). Sur les chemins des caféiers. *Études rurales* 2, 15-34.
- Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F., & Halffter, G. (2004). Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Cons Biol* 19, 400-410.
- Pinkus, M.A.R., Ibarra-Núñez, G., Parra-Tabla, V., García-Ballinas, J.A., & Hénaut, Y. (2006). Spider Diversity in Coffee Plantations with Different Management in Southeast Mexico. *J Arachnol* 34, 104-112.
- Piteli, R.A. (1985). Interferência de Plantas Daninhas em Culturas Agrícolas. *Info Agropec* 11, 16-17.
- Plan Vivo (2013). The Plan Vivo Standard for Community Payments for Ecosystem Services Programmes. <http://www.planvivo.org/wp-content/uploads/Plan-Vivo-Standard-2013.pdf>. 27 février 2014.
- Poo, D.C.T. & León, D.V. (2012). Organización, Percepción Social y Valoración Económica del Sistema Agroforestal con Café Sustentable en la Cuenta Alta del Río Cuxtepeques, Municipio de la Concordia, Chiapas. Colorado State University and El Colegio de la Frontera Sur, 143.
- Porras, R.D. (2009). Cambio Climático y Presiones Económicas: Un Análisis de Percepción de los Caficultores Mesoamericanos. *Comentario. Puentes* 6, 8-9. [www.ictsd.org/news/puentes](http://www.ictsd.org/news/puentes). 27 avril 2013.

- Potts, J., Van Der Meer, J., & Daitchman, J. (2010). The State of Sustainability Initiatives Review 2010: Sustainability and Transparency. (Winnipeg: International Institute for Sustainable Development). <http://pubs.iied.org/G03066.html>. 27 février 2014.
- Radosevich, S.R., Holt, J., & Ghera, C. (1997). *Weed Ecology: Implications for Management*. (New York: Wiley and Sons).
- Rainforest Alliance (2013). Certified Sustainable Coffee Grows Rapidly as More Companies Commit to Sourcing. <http://www.rainforest-alliance.org/newsroom/press-releases/sustainable-coffee-grows>. 14 avril 2014.
- Rainforest Alliance (2014). Café. <http://www.rainforest-alliance.org/fr/work/agriculture/coffee>. 27 février 2014.
- Rainforest Alliance & SAN (Sustainable Agriculture Network) (2014). List of Certified Farms and Operations. <http://sanstandards.org/userfiles/List%20of%20certified%20farms%20and%20operations%20March%2031st%202014.pdf>. 25 avril 2014.
- Ramirez, L.G. (1993). Producción de Café (*Coffea arabica*) bajo Diferentes Niveles de Fertilización Con y Sin Sombra de *Erythrina poeppigiana*. In *Erythrina in the New and Old Worlds*. Westley S.B. & Powell, M.H. eds. (Hawaii: Nitrogen Fixing Tree Association), 121-124.
- Ramiro, D.A., Guerreiro-Filho, O., Queiroz-Volta, R.B. & Matthiesen, S.C. (2004). Caracterizacao Anatomica de Folhas de Caffeiros Resistentes e Suscetiveis ao Bichomineiro. *Bragantia* 63, 363-372.
- Ranieri, S., Strizaker, R., Suprayogo, D., Purwanto, E., de Willigen, P., & van Noordwijk, M. (2004). Managing Movement of Water, Solutes and Soil: from Plot to Landscape Scale. Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems. In *Concepts and Models with multiple Plant Components*. Van Noordwijk, M., Cadisch, G., & Ong, C.K. eds. (Wallingford: CABI Publishing), 329-347.
- Rappole, J.H., King, D.I., & Rivera, J.H.V. (2003). Coffee and Conservation. *Conserv Biol* 17, 334-336.
- Rauscher, S., Giorgi, F., Diffenbaugh, N.S., & Seth, A. (2008). Extension and Intensification of the Meso-american Mid-summer Drought in the Twenty-first Century. *Clim Dynam* 31, 551-571.
- Rayner, R.W. (1942). Shading of Coffee in Latin America. *The Coffee Board of Kenya Monthly Bulletin* 7, 97.

- Reinecke, J., Manning, S., & Van Hagen, O. (2012). The Emergence of a Standards Market: Multiplicity of Sustainability Standards in the Global Coffee Industry. *Standards in the Global Coffee Industry. Organization Studies* 33, 789-812.
- Rice, R.A. (1990). *Transforming Agriculture: The Case of Coffee Leaf Rust and Coffee Renovation in Southern Nicaragua*. Doctoral Dissertation. (CA: University of California).
- Rice, R.A. (1999). A Place Unbecoming: the Coffee Agroecosystem in Latin America. *Geogr Rev* 89, 554-579.
- Rice, R.A. (2001). Noble Goals and Challenging Terrain: Organic and Fair Trade Coffee Movements in the Global Marketplace. *J Agr Environ Ethic* 14, 39-66.
- Rice, R.A. (2008). Agricultural Intensification within Agroforestry: The Case of Coffee and Wood Products. *Agric Ecosyst Environ* 128, 212-218.
- Rice, R.A. & Ward, J.R. (1996). *Coffee, Conservation, and Commerce in the Western Hemisphere. How Individuals and Institutions can Promote Ecologically Sound Farming and Forest Management in Northern Latin America*. (Washington: Smithsonian National Zoological Park).
- Rice, R. (2014). Executive summary. [http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/coffee/bird\\_friendly/global\\_market.cfm](http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/coffee/bird_friendly/global_market.cfm). 23 avril 2014.
- Rice, R. (2013). The Global Market for Bird Friendly Coffee 2010. <http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/blog/default.cfm?id=114>. 23 avril 2014.
- Rice, R. (2012a). Bird Friendly Coffee Surpasses 10 Million Pounds. <http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/blog/?id=87>. 23 avril 2014.
- Rice, R. (2012b). Update on Bird Friendly Coffee Market. <http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/blog/?id=111>. 23 avril 2014.
- Rice, R. (2010). The Ecological Benefits of Shade Grown Coffee: The Case for Going Bird Friendly. (Washington: SMBC). [http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/coffee/bird\\_friendly/Eco-Report.pdf](http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/coffee/bird_friendly/Eco-Report.pdf). 27 février 2014.
- Rice, P.D. & McLean, J. (1999). *Sustainable Coffee at the Crossroads*. Washington: Consumer's Choice Council. <http://www.greenbeanery.ca/bean/documents/sustainableCoffee.pdf>. 27 février 2014.

- Richardson, D.M., Binggeli, P., & Schroth, G. (2004). Invasive Agroforestry Trees; Problems and Solutions. In *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Schroth, G., Fonseca, G.A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L., & Izac, A.M.N. eds. (Washington: Island Press), 371-396.
- Ricketts, T.H. (2004). Tropical Forest Fragments Enhance Pollinator Activity in Nearby Coffee Crops. *Conserv Biol* 18, 1262-1271.
- Ricketts, T.H., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., & Fay, J.P. (2001). Countryside Biogeography of Moths in a Fragmented Landscape: Biodiversity in Native and Agricultural Habitats. *Conserv Biol* 15, 378-388.
- Ricketts, T.H., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Michener, C.D. (2004). Economic Value of Tropical Forest to Coffee Production. *PNAS* 101, 12579-12582.
- Rico, L.G.A., Pérez, M.R., Escutina, F.R., García, S.B., & Mejía, E.C. (2011). Efficiency of Payments for Environmental Services: Equity and Additionality in a Case Study from a Biosphere Reserve in Chiapas, Mexico. *Ecol Econ*, 2361-2368.
- Rico, L.G.A., Pérez, M.R., & García, S.B. (2013). Motivation for Conservation: Assessing Integrated Conservation and Development Projects and Payments for Environmental Services in La Sepultura Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Ecol Econ*, 92-100.
- Robinson, M.H. & Robinson, B.A. (1974). A Census of Web-building Spiders in a Coffee Plantation at WAU, New Guinea, and an Assessment of their Insecticidal Effect. *Trop Ecol* 15, 95-107.
- Rodríguez, R.M. (1935). Observaciones Sobre la Frecuencia de la Temperatura en Cafetales Sombreados. *Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica* 7, 95-105.
- Rosenzweig, M.L. (1995). *Species diversity in Space and Time*. (Cambridge, Cambridge University Press), 136.
- Rueda, X. & Lambin, E.F. (2013). Linking Globalization to Local Land Uses: How Eco-consumers and Gourmands are Changing the Colombian Coffee Landscapes. *World Dev* 41, 286-301.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México.

- Sáen, V.H.M. & Horváth, A. (2013). Roedores y Murciélagos en la Zona Cafetalera del Volcán Tacaná, Chiapas, México. Rodents and bats in the coffee zone from Tacaná Volcano, Chiapas, México. *Mamíferos Pequeños del Volcán Tacaná, Therya* 4, 409-423.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2013). Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Reglas%20de%20Operacion/DOF%20reglas%20de%20operacion%202013.pdf>. 27 février 2014.
- SAN (Sustainable Agriculture Network) (2010). Sustainable Agriculture Standard. (Costa Rica: SAN). [http://sanstandards.org/userfiles/SAN-S-1-1\\_2%20Sustainable%20Agriculture%20Standard\\_docx%281%29.pdf](http://sanstandards.org/userfiles/SAN-S-1-1_2%20Sustainable%20Agriculture%20Standard_docx%281%29.pdf). 27 février 2014.
- SAN (Sustainable Agriculture Network) (2014). SAN Principles. <http://sanstandards.org/sitio/subsections/display/7>. 27 février 2014.
- Sánchez, A.R., Ulloa, K.H., & Márquez, R.A. (2012). El Impacto de la Producción de Café sobre la Biodiversidad, la Transformación del Paysaje y las Especies Exóticas Invasoras. *Ambiente y Desarrollo* 16, 93-104.
- Sanchez, P.A. (1995). Science in Agroforestry. *Agrofor Syst* 30, 5-55.
- Schroth, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Haggard, J., Eakin, H., Castillejos, T., Garcia-Moreno, J., Soto-Pinto, L., Hernandez, R., et al. (2009). Towards a Climate Change Adaptation Strategy for Coffee Communities and Ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 14, 605-625.
- SEMARNAT (2011). REGLAS de Operación del Programa ProArbol 2012. Diario Oficial de la Federación. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos-2012>. 27 février 2014.
- SEMARNAT (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales) (2013). Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2014 (PRONAFOR). SEGOB. Diario Oficial de la Federación. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos-2014>. 27 février 2014.
- SEMARNAT & CONAFOR (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales & Comisión nacional forestal) (2013a). Términos de Referencias de Áreas 1 y 2 (PMPM). <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos-2014>. 27 février 2014.

- SEMARNAT & CONAFOR (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales & Comisión nacional forestal) (2013b). Guía de Mejores Prácticas de Manejo (GMPM). <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos-2014>. 27 février 2014.
- Shapiro-Garza, E. (2013a). Contesting Market-Based Conservation: Payments for Ecosystem Services as a Surface of Engagement for Rural Social Movements in Mexico. *Hum Geogr* 6, 134-150.
- Shapiro-Garza, E. (2013b). Contesting the Market-Based Nature of Mexico's National Payments for Ecosystem Services Programs: Four Sites of Articulation and Hybridization. *Geoforum* 46, 5-15.
- Sherry, T.W. (2000). Shade Coffee: a Good Brew even in Small Doses. *The Auk* 117, 563-568.
- Sheffield, J. & Wood, E. F. (2008). Projected Changes in Drought Occurrence under Future Global Warming from Multi-model, Multi-scenario, IPCC AR4 Simulations. *Clim Dynam* 31, 79-105.
- Sibelet, N. & Montzieux, M. (2012). Les facteurs de résilience de la caféiculture au Kenya : de la sécurisation alimentaire à la retraite. *Cah Agri* 21, 179-191.
- SMBC (Smithsonian Migratory Bird Center) (2008). Normas para la Producción, el Procesamiento y la Comercialización de Café "Bird Friendly". (Washington: SMBC). [http://nationalzoo.si.edu/scbi/aves\\_migratorias/cafe/norms-spanish.pdf](http://nationalzoo.si.edu/scbi/aves_migratorias/cafe/norms-spanish.pdf). 27 février 2014.
- Sotelo, R.D., Morato, M.I.R., & Pinillos-Cueto, E.M. (2008). Almacenamiento de Carbono. Capítulo 16. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México: INECOL, INE-SEMARNAT), 223-234.
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Hernandez, J.C., & Nieto, J.C. (2000). Shade Effect on Coffee Production at the Northern Tzeltal Zone of the State of Chiapas, Mexico. *Agric Ecosyst Environ* 80, 61-69.
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I., & Nieto, J.C. (2002). Shade over Coffee: its Effects on Berry Borer, Leaf Rust and Spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agrofor Syst* 55, 37-45.
- Soto-Pinto, L., Romero-Alvarado, Y., Caballero-Nieto, J., & Warnholtz, G.S. (2001). Woody Plant Diversity and Structure of Shade-grown-coffee Plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Rev Biol Trop* 49, 977-987.

- Soto-Pinto, L., Villalvazo-López, V., Jiménez-Ferrer, G., Ramírez-Marcial, N., Montoya, G., & Sinclair, F.L. (2007). The Role of Knowledge in Determining Shade Composition of Multistrata Coffee Systems in Chiapas, Mexico. *Biodivers Conserv* 16, 419-436.
- Staver, C. (1998). Managing Ground Cover Heterogeneity in Coffee under Trees: from Replicated Plots to Farmer Practice. In *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*. Buck, L., Lassoie, J., & Fernandes, E.C.M. eds. (Florida, USA: CRC Press), 67-96.
- Staver, C., Guharay, F., Monterroso, D., & Muschler, R.G. (2001). Designing Pest-suppressive Multistrata Perennial Crop Systems: Shade-grown Coffee in Central America. *Agrofor Syst* 53, 151-170.
- Tacconi, L., Mahanty, S., Suich, H. (2010). PES schemes' impacts on livelihoods and implications for REDD activities. Chapter 10. In *Payments for Environmental Services, Forest Conservation and Climate Change: Livelihoods in the Redd?* Tacconi, L., Mahanty, S., & Suich, H., eds. (Massachusetts: Edward Elgar Publishing), 244-270.
- Tejeda-Cruz, C. & Gordon, C.E. (2008). Aves. Capítulo 11. In *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Melhtreter, K. eds. (México: INECOL, INE-SEMARNAT), 149-157.
- Tejeda-Cruz, C., Silva-Rivera, E., Barton, J.R., & Sutherland, W.J. (2010). Why Shade Coffee Does Not Guarantee Biodiversity Conservation. *Ecol Soc* 15. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art13/>. 6 janvier 2014.
- Tejeda-Cruz, C. & Sutherland, W.J. (2004). Bird Responses to Shade Coffee Production. *Anim Conserv* 7, 169-179.
- The REDD desk (2014). REDD in Mexico. <http://theredddesk.org/countries/mexico/>. 27 février 2014.
- Tlapaya, L. & Gallina, S. (2010). Cacería de Mamíferos Medianos en Cafetales del Centro de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 26, 259-277.
- Toledo-Aceves, T., Meava, J.A., González-Espinosa, M., & Ramírez-Marcial, N. (2011). Tropical Montane Cloud Forests: Current Threats and Opportunities for their Conservation and Sustainable Management in Mexico. *J Environ Manage* 92, p.974-981.
- Toledo, V.M. (1999). El Otro Zapatismo: Luchas Indígenas de Inspiración Ecológica en México. *Ecología Política* 18, 11-22.

- Toledo, V.M. & Moguel, P. (2012). Coffee and Sustainability: The Multiple Values of Traditional Shaded Coffee. *J Sustain Agr* 36, 353-377.
- Tucker, C.M., Eakin, H., & Castellanos, E.J. (2010). Perceptions of Risk and Adaptation: Coffee Producers, Market Shocks, and Extreme Weather in Central America and Mexico. *Glob Env Change* 20, 23-32.
- Tulet, J.C. (2008). Le café en Amérique latine, une durabilité à géométrie variable. *Géocarrefour* 83, 171-179.
- Uwizeyimana, L. (2009). Après le café, le maraîchage? Mutations des pratiques agricoles dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun. *Les Cahiers d'Outre-Mer* 3, 331-344.
- Vandermeer, J., & Caraval, R. (2001). Metapopulation Dynamics and the Quality of the matrix. *Am Nat* 158, 211-220.
- Vandermeer, J., Perfecto, I., & Philpott, S. (2010). Ecological Complexity and Pest Control in Organic Coffee Production: Uncovering an Autonomous Ecosystem Service. *BioScience* 60, 527-537.
- Vijayan, V., Rehman, P., & Vijayalakshmi, C.K. (1999) Influence of Shade on Coffee Berry Borer. *Insect Environ* 5, 132.
- Wegbe, K., Cilas, C., Decazy, B., Alauzet, C., & Dufour, B. (2003) Estimation of Production Losses Caused by the Coffee Berry Borer (Coleoptera: Scolytidae) and Calculation of an Economic Damage Threshold in Togolose Coffee plots. *J Econ Entom* 96, 1473-1478.
- Williams-Linera, G. (1992). El bosque de Montaña: un Ecosistema muy Frágil. In *Los Recursos Vegetales. Serie: Problemática Ambiental en el Estado de Veracruz*. Castillo-Campos, G. & Mejía-Saulé, M.T. eds. (Xalapa: Instituto de Ecología), 51-58.
- Williams-Linera, G., Manson, R.H., & Isunza, V.E. (2002). La Fragmentación del Bosque Mesófilo de Montaña y Patrones de Uso de Suelo en la Región Oeste del Xapala, Veracruz, México. *Madera y Bosque* 8, 69-85.
- Williams-Linera, G., López-Gómez, A.M., & Muñiz-Castro, M.A. (2005). Complementariedad y Patrones de Anidamiento de Especies de Árboles en el Paisaje de Bosque de Niebla del Centro de Veracruz (México). In *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. M3m-Monografías Tercer Milenio 4. Halffter, G., Soberón, J., Koleff P., & Melic, A., eds. (Zaragoza, Spain: SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS, CONACYT), 153-164.

Wrigley, G. (1988). *Coffee*. (New York: Longman).

Wunder, S. (2008). Payments for Environmental Services and the Poor: Concepts and Preliminary Evidence. *Environ Dev Econ*, 279-297.

Wunder, S. (2005). Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. Occasional Paper 42. (Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research).

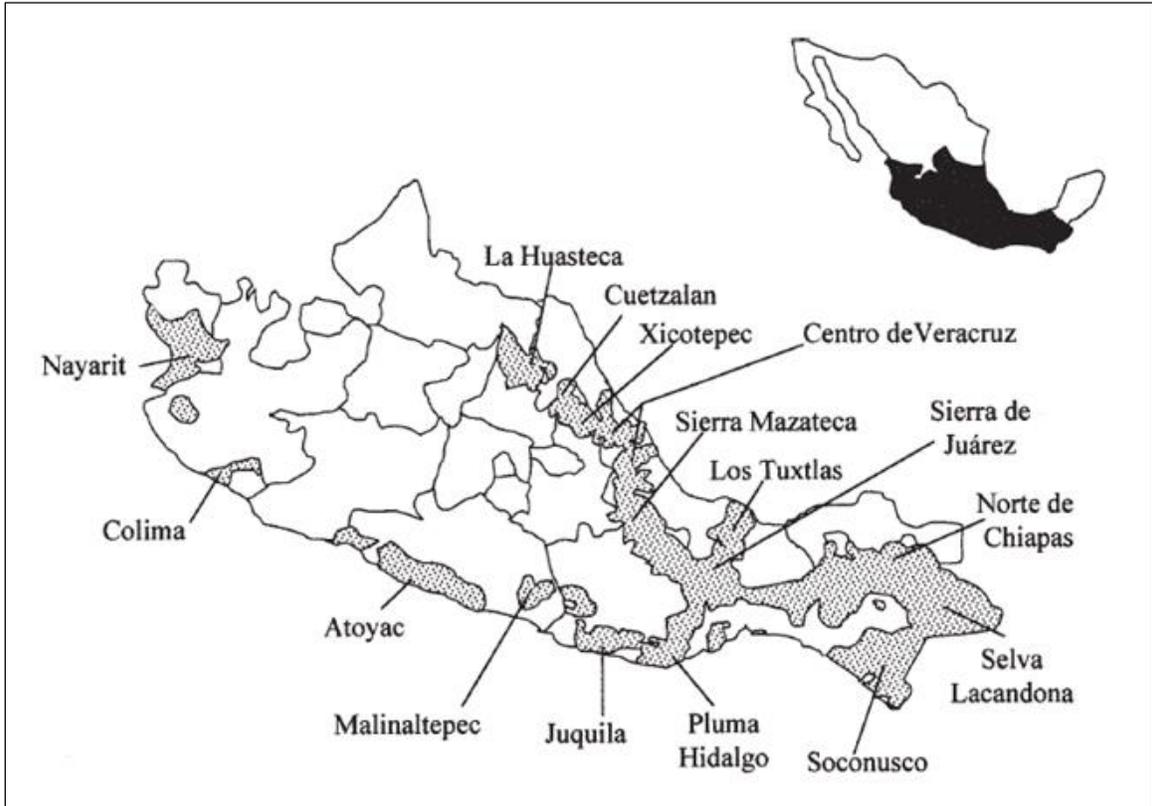
Wunder S. & Kanounnikoff, S.W. (2009). Payments for Ecosystem Services: A New Way of Conserving Biodiversity in Forests. *J Sustain Forestry*, 28:3-5, 576-596.

Wyss, R., Fromm, I., & Garcia, M. (2012). Socio-Environmental Certifications: Risks and Opportunities for Small-Scale Coffee Farmers in Central America. *Int J Dev Soc* 1, 133-140.

Zurita, A.D. (2004). Estudio de un Producto Forestal no Maderable, el Malabar (*Solanum erianthum* D. Don) en el Municipio de Pahuatlán, Puebla. Tesis de maestría, UNAM, Los Reyes Iztacala, Estado de México.

## **Annexe 1**

### **Distribution des zones de production de café au Mexique**



Source : Moguel et Toledo (1999b), p. 26.