

Impact de la modernisation de la caféiculture sur la richesse végétale des caféières au Mexique

Yann VERGRIETE

Département des sciences du bois
et de la forêt
université Laval
Québec (Qc) G1K 7P4
Canada

Alain OLIVIER

Département de phytologie
université Laval
Québec (Qc) G1K 7P4
Canada

L'impact de l'intensification de la caféiculture sur la diversité en espèces végétales est étudié par des collectes de données environnementales et des enquêtes socio-économiques, dans des plantations familiales de moins de 1,5 ha. Les auteurs dégagent les principaux facteurs positifs ou négatifs agissant sur la biodiversité, en fonction de la hauteur des plantes associées.



Fructification du caféier.
Fruiting coffee bush.
Photo A. Olivier.

RÉSUMÉ

IMPACT DE LA MODERNISATION DE LA CAFÉICULTURE SUR LA RICHESSE VÉGÉTALE DES CAFÉIÈRES AU MEXIQUE

Les plantations de café mexicaines révèlent une grande variabilité de structure et de composition, allant d'un modèle de production complexe, traditionnel, à un modèle moderne et simplifié. Afin de comprendre l'impact des politiques d'intensification de la caféiculture sur cette variabilité, et en particulier sur la richesse en espèces végétales des plantations, une étude a été effectuée à San Miguel Tzinacapan, un village nahua de la Sierra Norte de Puebla. L'objectif était d'identifier, parmi une série de facteurs environnementaux et socio-économiques, ceux qui influencent le plus la richesse végétale de plantations familiales de moins de 1,5 ha. Un échantillonnage standardisé, une collecte de données environnementales et une enquête socio-économique ont été réalisés. Les résultats semblent confirmer l'impact négatif de la modernisation des caféières sur la biodiversité végétale. Les facteurs les plus fortement liés à la richesse en plantes d'une hauteur de plus de 5 m sont, de façon positive, le degré de fermeture de la canopée et, de façon négative, la densité des plants de café. Pour les plantes d'une hauteur de 1,5 à 5 m, les principaux facteurs liés à leur richesse sont, de façon positive, le pourcentage de plants de café appartenant à la variété *criollo*, utilisée depuis les débuts de la caféiculture au Mexique, et, de façon négative, l'intensité de la force de travail salariée employée pour désherber les plantations. La biodiversité des caféières paraît, donc, menacée par les pratiques liées à l'intensification de la production.

Mots-clés : agroforêt, biodiversité, *Coffea arabica*, plantation, intensification, Mexique.

ABSTRACT

IMPACT OF MODERNISATION ON SPECIES RICHNESS IN MEXICAN COFFEE PLANTATIONS

Mexican coffee plantations are highly variable in structure and composition, ranging from complex traditional systems to modern simplified models of production. To understand the impact on this variability of intensification policies in coffee plantations, and especially on their species richness, a study was carried out at San Miguel Tzinacapan, a Nahua village in the Sierra Norte de Puebla region. The aim was to identify the environmental and socio-economic factors that exert the greatest influence on plant species richness in family-run plantations (less than 1.5 ha). The study involved standardised sampling, collecting environmental data and a socio-economic survey. The results seem to confirm the negative impact of modernisation on plant biodiversity in coffee plantations. Among the factors investigated, the extent of canopy closure showed the strongest positive link with species richness among trees more than 5 m in height, while the density of coffee plants had the strongest negative links. With plants 1.5 to 5 m in height, the main factor linked positively to species richness was the percentage of *criollo* coffee plants, a variety used since coffee growing first began in Mexico, while the intensity of labour employed for weedkilling had the strongest negative links. Biodiversity in coffee plantations thus appears to be under threat from practices linked to intensification.

Keywords: agroforest, biodiversity, *Coffea arabica*, plantation, intensification, Mexico.

RESUMEN

IMPACTO DE LA MODERNIZACIÓN DE LA CAFICULTURA SOBRE LA RIQUEZA VEGETAL DE LOS CAFETALES EN MÉXICO

Las plantaciones de café mexicanas revelan una gran variabilidad de estructura y composición, que van desde un modelo de producción complejo, tradicional, a un modelo moderno y simplificado. Para comprender el impacto de las políticas de intensificación de la caficultura en esta variabilidad y, en particular, sobre la riqueza de especies vegetales de las plantaciones, se efectuó un estudio en San Miguel Tzinacapan, un pueblo nahua de la Sierra Norte de Puebla. El objetivo consistía en definir, dentro de una serie de factores medioambientales y socioeconómicos, los que influyen más en la riqueza vegetal de plantaciones familiares de menos de 1,5 ha. Se efectuó un muestreo estandarizado, una recogida de datos medioambientales y una encuesta socioeconómica. Los resultados parecen confirmar el impacto negativo de la modernización de los cafetales en la biodiversidad vegetal. Los factores los más fuertemente relacionados con la riqueza de plantas de una altura de más de 5 m son, de manera positiva, el grado de cierre de la cubierta de copas y, de manera negativa, la densidad de las plantas de café. En las plantas de una altura de 1,5 a 5 m, los principales factores vinculados con su riqueza son, de manera positiva, el porcentaje de plantas de café pertenecientes a la variedad *criollo*, empleada desde el inicio de la caficultura en México y, de manera negativa, la intensidad de obreros agrícolas empleados para desherbar las plantaciones. La biodiversidad de los cafetales parece, por lo tanto, amenazada por las prácticas ligadas a la intensificación de la producción.

Palabras clave: agrobosque, biodiversidad, *Coffea arabica*, plantación, intensificación, México.

Introduction

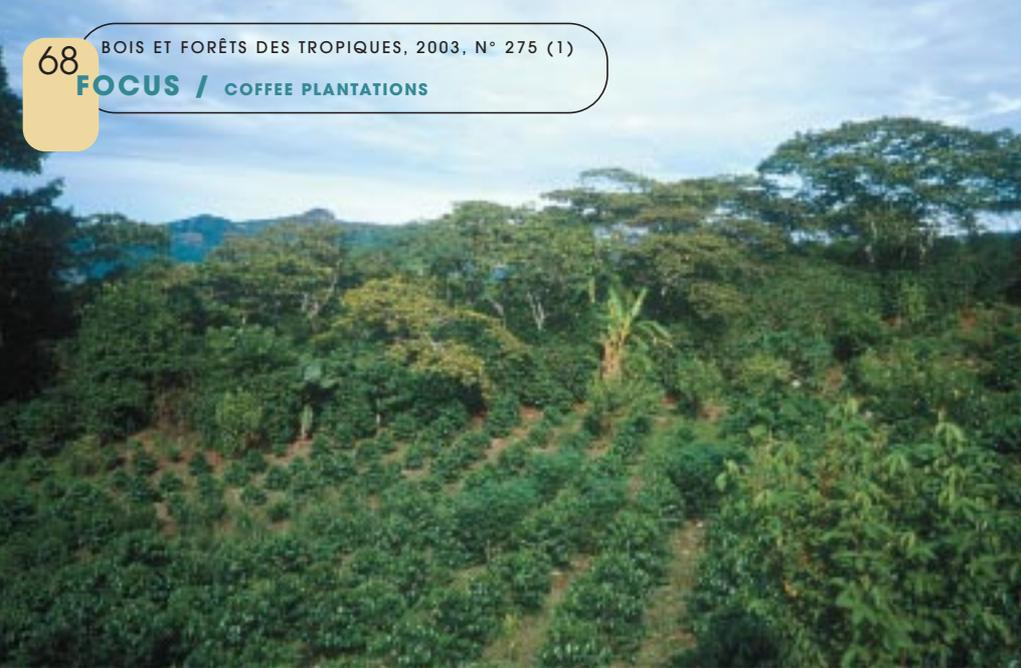
Une version préliminaire de cet article a été présentée sous forme d'affiche (VERGRIETE, OLIVIER, 2001), *Principaux facteurs structurant la richesse végétale de 23 plantations de café du village nahua de San Miguel Tzinacapan (État de Puebla) au Mexique*, lors du 25^e congrès de l'Association des biologistes du Québec sur *La diversité biologique : enjeux pour la prochaine décennie*, qui s'est tenu à l'université de Montréal, à Montréal (Canada), du 2 au 3 novembre 2000.

La diversité biologique que l'on retrouve au sein des agroécosystèmes suscite un intérêt grandissant. Certains voient dans le maintien de la biodiversité de ces écosystèmes le meilleur moyen de garantir la pérennité des fonctions biologiques dans les espaces cultivés, ainsi que de fournir un écosystème de substitution à une faune en manque d'habitat (GREENBERG *et al.*, 1997 ; VANDERMEER *et al.*, 1998). D'autres soulignent la

richesse des biens (aliments, bois d'œuvre et bois de feu, produits médicinaux, notamment) et des fonctions (spirituelles, culturelles, esthétiques) que peut fournir un agroécosystème diversifié (UNEP, CBD, COP, 2000). Les systèmes de production du café sont au cœur de ces préoccupations, en raison non seulement de la grande biodiversité qu'abritent certains d'entre eux, mais aussi de la place considérable qu'ils occupent dans plusieurs régions du globe. Au Mexique, la culture du caféier (*Coffea arabica*) fut introduite au XIX^e siècle. Son commerce connut une réelle expansion à partir des années 1950, ce qui poussa plusieurs populations indigènes à adopter la culture du caféier. Les caféiers furent d'abord intégrés aux agroforêts existantes. Mais dès les années 1970, le gouvernement mexicain, alors en pleine crise agricole et financière, lançait, par l'intermédiaire de l'Inmecafé (Institut mexicain du café), un programme de modernisation et d'intensification de la caféiculture afin de favoriser l'entrée de devises étrangères (TALLER DE TRADICIÓN ORAL, BEAUCAGE, 1997). Puisque des rendements plus élevés pouvaient être obtenus avec de nouvelles variétés de caféiers, un ombrage réduit ou nul, ainsi que l'ajout de fertilisants, on a recommandé aux paysans de revoir leur mode de production et de supprimer les arbres de leurs caféières ou de les remplacer par une mince strate arborée dominée par une seule espèce de la famille des légumineuses (*Inga* sp., par exemple) (MOGUEL, TOLEDO, 1999 ; MUSCHLER, BONNEMANN, 1997 ; PERFECTO *et al.*, 1996 ; TALLER DE TRADICIÓN ORAL, BEAUCAGE, 1997). Aujourd'hui, de véritables monocultures de caféiers plantés à très forte densité, sans strate arborée, et bénéficiant d'importants apports en intrants chimiques et en main-d'œuvre salariée, coexistent par endroits avec des plantations traditionnelles à faible densité de caféiers, dont la strate arborée est très diversifiée, et où l'investissement en termes d'intrants et de main-d'œuvre est limité.



Association caféier-érythrine.
Coffee and colorin association.
Photo A. Olivier.



Contraste entre une caféière moderne sans ombrage (au premier plan) et une caféière sous ombrage (au second plan).
Contrast between a modern coffee plantation with no shade (foreground) and coffee bushes growing under shade (background).
 Photo Y. Vergriete.



Une caféière sous ombrage monospécifique (*Inga* sp.).
*Coffee plantation under single-species shade trees (*Inga* sp.).*
 Photo Y. Vergriete.

Parmi les zones importantes de production de café au Mexique, on retrouve la sierra Norte de Puebla, une région densément peuplée où la presque totalité des forêts a été affectée par cette activité. La région est aujourd'hui considérée par le gouvernement mexicain comme une aire prioritaire pour la conservation de la biodiversité et, dans ces conditions, certains font valoir que les cultures de caféiers traditionnelles constituent un refuge important pour la diversité bio-

logique (MOGUEL, TOLEDO, 1999 ; PERFECTO *et al.*, 1996). De nombreux auteurs mentionnent, en effet, une division très nette entre les plantations modernes et traditionnelles pour ce qui a trait à la faune et à la flore. L'ombrage des plantations de caféiers traditionnelles provient souvent de plus d'une trentaine d'espèces d'arbres (MOGUEL, TOLEDO, 1999). Une grande diversité d'épiphytes, qui dépendent des arbres de la canopée, y est observée (MOGUEL, TOLEDO, 1999).

NESTEL *et al.* (1993) rapportent que la diversité et l'équitabilité des scarabidés est corrélée à celle des arbres qui constituent l'ombrage des caféières. La diversité des homoptères et des coléoptères est elle aussi plus élevée dans les plantations de caféiers avec ombrage (BONILLA, SOMARRIBA, 2000 ; NESTEL *et al.*, 1993). La richesse en espèces de fourmis augmente, pour sa part, avec l'augmentation de la diversité végétale et du pourcentage d'ombrage (PERFECTO, SNELLING, 1995). Les oiseaux ont également une population plus élevée et plus diversifiée dans les plantations traditionnelles que dans les plantations modernes (PERFECTO *et al.*, 1996). Le nombre d'espèces d'oiseaux est corrélé positivement au degré de fermeture de la canopée, au nombre d'espèces d'arbres et à leur hauteur (GREENBERG *et al.*, 1997). La richesse et la diversité des populations de mammifères sont elles aussi corrélées à la complexité de la structure végétale des caféières, c'est-à-dire de leur organisation spatiale et de leur stratification verticale, notamment (GALLINA *et al.*, 1996). En considérant les résultats des différentes études réalisées sur la biodiversité dans les plantations de caféiers, on constate donc que la structure et la composition végétale des caféières ont un effet sur l'ensemble de la biodiversité qu'elles supportent, en raison de la diversité des habitats et des ressources qu'elles apportent (ALTIERI, 1999 ; PERFECTO *et al.*, 1996 ; STORK *et al.*, 1997 ; VANDERMEER *et al.*, 1998).

Dans la réalité villageoise, cependant, les caféières ne montrent pas une division aussi nette entre des plantations modernes et des plantations traditionnelles. Elles sont, en effet, très variées et comprennent plusieurs types intermédiaires entre ceux des plantations à la canopée bien développée et diversifiée et ceux des plantations dont la strate arborée est inexistante. Les processus influençant la biodiversité de ces caféières et, en particulier, leur richesse en espèces végétales, c'est-à-dire le nombre d'espèces végétales qu'on y retrouve, ne sont toutefois pas évidents.

La connaissance des facteurs qui jouent le plus grand rôle dans la richesse végétale des plantations de caféiers est pourtant essentielle si l'on veut prévoir l'avenir qui est réservé à la biodiversité qu'elles abritent (STORK *et al.*, 1997). Cet avenir est d'autant plus incertain que la chute du cours du café, en 1989, et le démantèlement progressif de l'Inmecafé, qui s'en est suivi, ont eu un effet marquant sur l'ensemble de la caféiculture mexicaine. En effet, les caféières ne représentent plus la manne promise et les stratégies individuelles de subsistance se multiplient (TALLER DE TRADICIÓN ORAL, BEAUCAGE, 1997).

La présente étude cherche à identifier, parmi une série de facteurs environnementaux et socio-économiques, ceux qui influencent le plus la richesse végétale des caféières de San Miguel Tzinacapan, afin de déceler l'impact éventuel des politiques de modernisation sur la structure et la composition actuelles des plantations.

Méthodologie

L'étude a été réalisée en mai, juin et juillet 1998, dans 23 plantations de caféiers d'apparence variée, réparties dans diverses zones du territoire aux alentours du village de San Miguel Tzinacapan (21° 04' 30" de latitude Nord et 97° 30' 19" de longitude Ouest), dans l'État de Puebla, au Mexique. Le village est situé à une altitude de 860 m. Le climat y est de type subtropical humide avec des précipitations moyennes annuelles de 2 850 mm, réparties sur toute l'année. La température moyenne annuelle est de 20 °C. Le type de sol dominant est un lithosol très dégradé, d'épaisseur inférieure à 10 cm (A. Guzmán Leyva, comm. pers.).

Un échantillonnage standardisé, dont le plan a été développé en collaboration avec Catherine Potvin, du département de biologie de l'université McGill, a été réalisé. Il consistait en la sélection aléatoire, dans chaque caféière, de deux transects parallèles

et distants d'au moins 20 m. Le long de chacun d'eux, quatre surfaces d'échantillonnage circulaires de 3 m de rayon, dont la localisation a été déterminée avant de se rendre sur les plantations, ont été utilisées pour répertorier les espèces végétales d'une première classe de taille comprise entre 1,5 et 5 m de hauteur (STORK *et al.*, 1997). Deux surfaces d'échantillonnage circulaires de 10 m de rayon ont également été établies le long de chaque transect pour répertorier les espèces de plantes de plus de 5 m de hauteur.

Les espèces végétales rencontrées ont été identifiées par leur nom en langue nahuat (grâce à un villageois ayant une grande connaissance des plantes locales) et leur présence ou absence dans chaque surface d'échantillonnage a été notée (tableau I). Un herbier a été constitué et transmis pour identification à l'Instituto de ecología A.C., à Xalapa.

Dans chaque surface d'échantillonnage, plusieurs variables environnementales, choisies parmi celles pouvant avoir un impact sur la composition végétale d'un écosystème donné, ont été évaluées en utilisant une échelle ordinaire (de 1 à 4) : le degré de la pente ; la pierrosité du sol ; l'humidité du sol ; le degré de fermeture de la canopée (0-25, 26-50, 51-75 et 76-100 %) ; la fraction du sol recouverte par des feuilles mortes. L'altitude de chaque plantation et sa distance du village ont aussi été mesurées.



Une caféière traditionnelle et sa flore variée.
A traditional coffee plantation with varied flora.
Photo Y. Vergriete.

Fructification du caféier.
Fruiting coffee bush.
Photo A. Olivier.



Une enquête a été également été réalisée auprès des propriétaires des plantations sélectionnées pour recueillir des données sur diverses variables pouvant avoir un impact sur la pratique agricole des exploitants et, par conséquent, sur la composition végétale des plantations de caféiers : la surface précise de la plantation (comprise entre 0,15 et 1,5 ha) ; la densité des plants de caféier (généralement comprise entre 1 111 et 2 500 plants par hectare) ; le pourcentage de plants de caféier appartenant à la variété traditionnelle, dite « *criollo* » (de 0 à 100 %) ; l'âge réel de la plantation ; la quantité de travail salarié employée pour le désherbage ; l'usage, ou non, d'engrais et de pesticides ; l'âge du propriétaire ; son niveau de scolarisation ; l'accès de celui-ci, ou non, à un emploi rémunéré ; l'étendue de ses propriétés foncières ; le nombre d'enfants vivant au foyer familial.

Afin de connaître les facteurs le plus fortement corrélés à la richesse végétale de chacune des deux classes de taille dans les caféières à l'étude, une régression multiple du nombre d'espèces (puis du nombre de familles) végétales en fonction des différentes données environnementales et socio-économiques collectées a été effectuée. Le facteur le plus fortement corrélé à la richesse végétale a été identifié, puis les suivants, un à un, au moyen de la fonction de sélection progressive de variables (*forward selection*). La même procédure de régression multiple a permis une analyse spatiale des résidus des données. Le logiciel employé était Canoco V 3.15, dont la procédure d'analyse canonique de redondance (ACR) produit des régressions linéaires multiples lorsqu'une seule variable dépendante lui est fournie (LEGENDRE, LEGENDRE, 1998 ; TER BRAAK, SMILAUER, 1998). Les résultats ont ensuite été soumis à un test par permutations de Monte-Carlo (999 permutations) afin de déterminer la valeur de *P*. Le seuil de signification utilisé pour tout ajout de variable était de *P* = 0,05. Les diagrammes de double projection (*biplot*) ont été réalisés à l'aide du progiciel R (CASGRAIN, LEGENDRE, 2001).

Tableau I.

Liste des plantes de plus de 1,5 m de hauteur répertoriées dans 23 caféières de San Miguel Tzinacapan (État de Puebla), au Mexique.

Nom en nahuatl	Famille	Espèce
Ajkokuouit	Ulmaceae	<i>Celtis</i> spp.
Alauakuouit	Lauraceae	(plusieurs espèces)
Atsitsikaskuouit	Urticaceae	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Griseb
Auakakuouit	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.
Auakatsitsin	Lauraceae	<i>Nectandra sanguinea</i> Rol.
Auakuouit	Fagaceae	<i>Quercus</i> spp.
Ayakachkuouit	Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King.
Chakaykuouit	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.
Chalauij	Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd., subs. <i>spuria</i> (Willd.) Leon
Chamakijisuat	Musaceae	<i>Heliconia bihai</i> L.
Chechelotexokokuouit	Moraceae	<i>Trophis</i> spp.
Chichiualayokuouit	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.
Chikikiskuuouit	Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.
Chilkuouit	Myrsinaceae	<i>Rapanea myricoides</i> (Schlecht.) Lundell
Chochopilkuouit	Fabaceae	<i>Bauhinia ruberuziana</i> Donn Smith.
Eskuouit	Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> Schltld.
Istauakuouit	Actinidaceae	<i>Saurauia aspera</i> Turcz.
Iyakuouit	Asteraceae	<i>Verbesina turbacensis</i> Kunth
Jengibrej	Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe
Kajfenkuouit	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.
Kakajfenkuouit	Myrsinaceae	<i>Ardisia</i> spp.
Kakasakani	Rhamnaceae	<i>Rhamnus</i> spp.
Kakatekuouit	Anacardiaceae	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand
Kanoneskuouit	Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill. (var.)
Kekejxikilit	Araceae	<i>Xanthosoma robustum</i> Schott
Kouachkuouit	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.
Kuakuitejkuouit	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex-Walp.
Kuesalkuouit	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC.
Kuitakuouit	Solanaceae	<i>Cestrum nocturnum</i> L.
Kuoujkamojkuouit	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz
Kuoujtsapot	Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn
Limajkuouit	Rutaceae	<i>Citrus limetta</i> Risso
Limonkuouit	Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle
Makadamiajkuouit	Proteaceae	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche.
Mankoskuouit	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.
Mimientajkuouit	Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill
Nexkijitisuat	Zingiberaceae	<i>Renalmia mexicana</i> Klotzsch ex-O. G. Petersen
Nexkokokisuat	Cannaceae	<i>Canna indica</i> L.
Nextikkuouit	Solanaceae	<i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.
Ojtat	Poaceae	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth
Okma	Asteraceae	<i>Vernonia patens</i> Kunth
Okot	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede & Schltld.
Okuilkuouit	Verbenaceae	<i>Cornutia grandiflora</i> Stend.
Olokuouit	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Pajpataisuat	Musaceae	<i>Musa</i> spp.
Papayajkuouit	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.
Pauakuouit	Icasinaceae	<i>Calatola mollis</i> Standley.
Pesmaquouit	Cyatheaceae	<i>Cyathea mexicana</i> Schltld. & Cham.
Pinauits	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i> Humb. et Bonpl.
Pitskuouit	Rosaceae	<i>Prunus tetradenia</i> Koehne
Pochnekuouit	Bignoniaceae	<i>Parmentiera aculeata</i> (H.B.K.) Seem.
Pomarrosajkuouit	Myrtaceae	<i>Sizigium jambos</i> (L.) Alston
Taolkuouit	Flacourtiaceae	<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer
Tekuouit	Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i> (Cham. & Schltld.) Hook & Arn
Tepechillkuouit	Palmae	<i>Chamaedorea oblongata</i> Mart.
Tesuakuouit	Melastomataceae	<i>Miconia</i> spp.
Tiltsapot	Ebenaceae	<i>Diospyros digyna</i> Jacq.
Tiokuouit	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.
Totokuouit	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
Tototsapot	Malpighiaceae	<i>Bunchosia biocellata</i> Schltld.
Tsiuajkaltikuouit	Non identifié	
Tsontotoyakuouit	Fabaceae	<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl.
Turasnojkuouit	Rosaceae	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch
Uaxkuouit	Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit
Uitsikitempilkuouit	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i> Jacq.
Ulejkuouit	Moraceae	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex-Cerv.
Xalkapolij	Melastomataceae	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don
Xalkuouit	Fabaceae	<i>Rhynchosia</i> spp.
Xalxokokuouit	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.
Xikalkuouit	Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Swartz
Xokoklavokuouit	Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco
Xokokuouit	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck
Xomekuouit	Caprifoliaceae	<i>Sambucus mexicana</i> C. Presl. ex-DC.
Xonekuilkuouit	Fabaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schltld. & Cham. ex-Don.
Xonokuouit	Tiliaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz
Yajyauixiuit	Araceae	<i>Syngonium</i> spp.

Résultats

La figure 1 résume les données globales de richesse végétale de chaque caféière pour les deux classes de taille étudiées. La variation de richesse entre les différentes plantations est visiblement importante et les deux classes de taille ne semblent pas suivre une tendance parallèle, ce qui illustre la grande hétérogénéité des diverses plantations quant à leur stratification verticale et à leur composition.

Les résultats de la régression multiple pour la richesse en plantes de plus de 5 m de hauteur sont présentés au tableau II et à la figure 2. Deux facteurs principaux expliquent 82,3 % de la variance pour cette variable, soit le degré de fermeture de la canopée, qui a une influence positive sur la richesse végétale, et la densité des caféiers, qui exerce sur elle une influence négative. Une analyse similaire réalisée sur la richesse en familles de plantes révèle l'importance des deux mêmes facteurs. La densité des plants de caféier compte alors pour 67 % de la variance et le degré de fermeture de la canopée pour 14 %, expliquant à eux deux 81,4 % de la variance.

Les résultats de la régression multiple pour les plantes de 1,5 à 5 m de hauteur sont pour leur part présentés au tableau III et à la figure 3. Trois facteurs principaux expliquent 65,3 % de la variance pour cette variable, soit le désherbage salarié et l'accès à un emploi rémunéré, qui ont un impact négatif sur la richesse végétale, et le pourcentage de caféiers de la variété traditionnelle *criollo*, qui a un impact positif. Dans le cas de l'analyse des familles de plantes, le désherbage réalisé par une main-d'œuvre salariée explique 49 % de la variance et le pourcentage de caféiers *criollo* compte pour 10 % de la variance supplémentaire. L'accès à un emploi salarié n'a cependant plus d'effet significatif ($P = 0,175$).

Les résultats des analyses spatiales ne révèlent pour leur part aucune corrélation significative entre la richesse des différentes plantations, en espèces ou en familles végétales, et leur emplacement géographique (altitude, éloignement du village, etc.) (résultats non présentés).

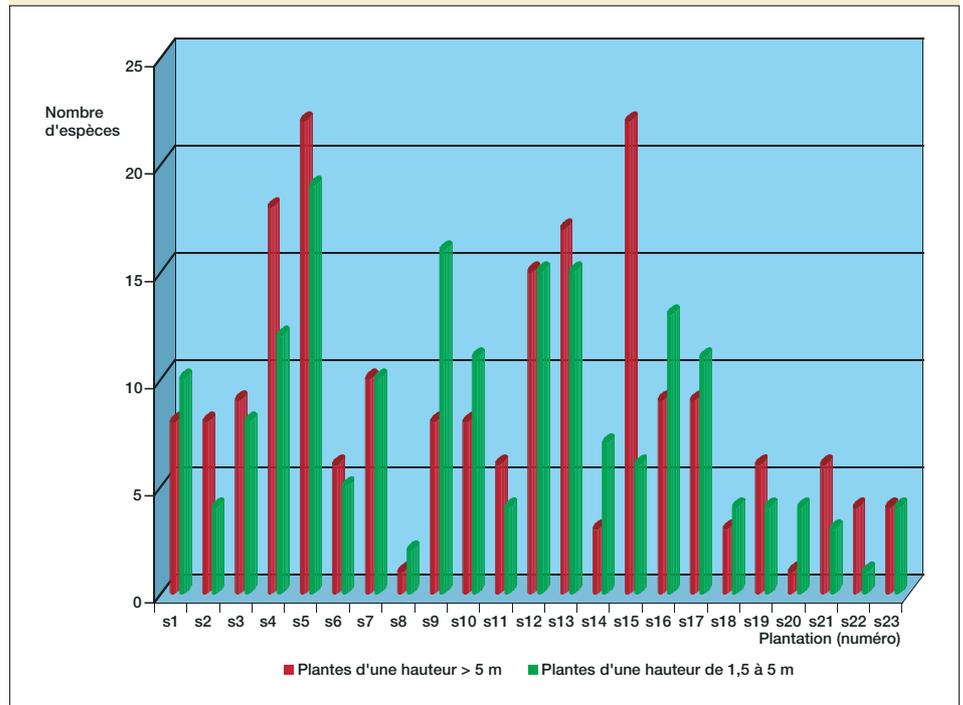


Figure 1.

La richesse végétale des 23 caféières étudiées, dans la juridiction de San Miguel Tzinacapan, au Mexique.

Species richness among plants in the 23 coffee plantations studied, in the San Miguel Tzinacapan constituency, Mexico.

Association caféier-maïs.
Coffee-maize association.
Photo A. Olivier.



Tableau II.
Les principaux facteurs corrélés à la richesse en plantes d'une hauteur de plus de 5 m, dans 23 caféières de San Miguel Tzinacapan (État de Puebla), au Mexique.

Facteur sélectionné par la régression	Variance supplémentaire expliquée (%)	Coefficient de régression	Valeur de <i>P</i> (999 permutations)
Degré de fermeture de la canopée	65	0,531	0,001
Densité des caféiers	16	- 0,504	0,001
Variance expliquée par le modèle (%)	82,3		0,001

Tableau III.
Les principaux facteurs corrélés à la richesse en plantes d'une hauteur de 1,5 à 5 m, dans 23 caféières de San Miguel Tzinacapan (État de Puebla), au Mexique.

Facteur sélectionné par la régression	Variance supplémentaire expliquée (%)	Coefficient de régression	Valeur de <i>P</i> (999 permutations)
Travail de désherbage salarié	49	- 0,491	0,001
Pourcentage de caféiers <i>criollo</i>	11	0,325	0,026
Accès à un emploi rémunéré	5	- 0,543	0,108
Variance expliquée par le modèle (%)	65,3		0,001

Discussion

Les résultats obtenus semblent indiquer que la richesse végétale des plantations de caféiers ne serait pas associée à leur position géographique ou à des facteurs écologiques, mais plutôt à des facteurs qui sont sous dépendance anthropique (MOGUEL, TOLEDO, 1999). La richesse végétale dans les deux classes de taille ne paraît toutefois pas associée aux mêmes facteurs. Si, pour les plantes de plus de 5 m de hauteur, les facteurs explicatifs relèvent avant tout de la structure de la plantation (degré de fermeture de la canopée et densité des plants de caféier), pour la classe de taille comprise entre 1,5 et 5 m de hauteur, c'est un facteur d'ordre socio-économique qui domine (le désherbage salarié). Ces différents facteurs pourraient néanmoins révéler une même influence : celle de la modernisation de la caféiculture. Il s'agit en effet, dans tous les cas, de facteurs que l'on peut aisément lier à la politique d'intensification de la caféiculture au Mexique.



Une rue du village de San Miguel Tzinacapan.
A street in the village of San Miguel Tzinacapan.
Photo Y. Vergriete.

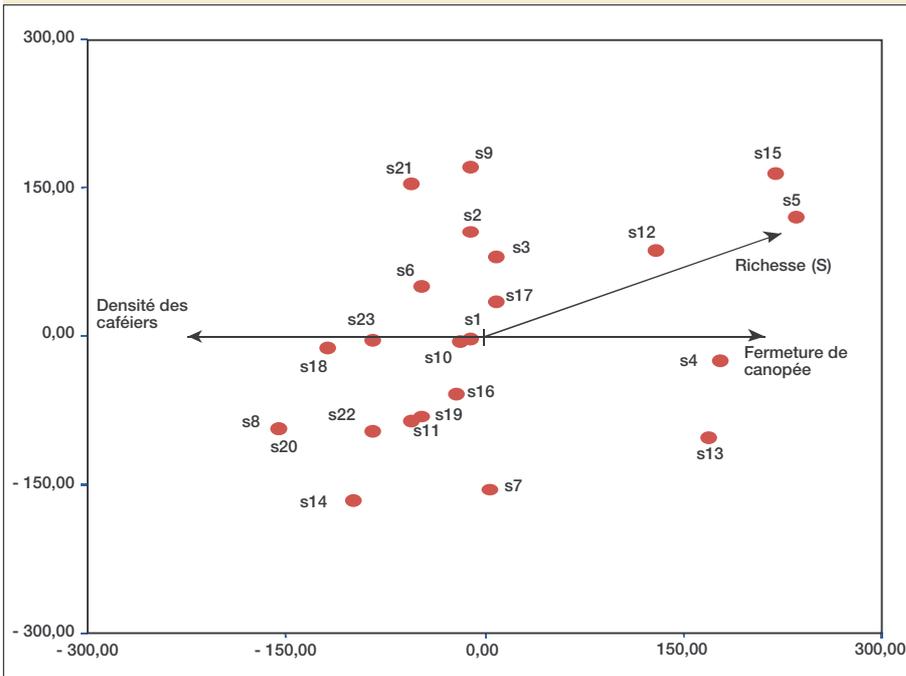


Figure 2.

Richesse en plantes supérieures à 5 m de hauteur dans 23 caféières de San Miguel Tzinacapan, au Mexique. Double projection, en analyse canonique de correspondance.

Species richness among higher plant species more than 5 m in height in 23 coffee plantations in San Miguel Tzinacapan, Mexico. Double projection, canonical correspondence analysis.

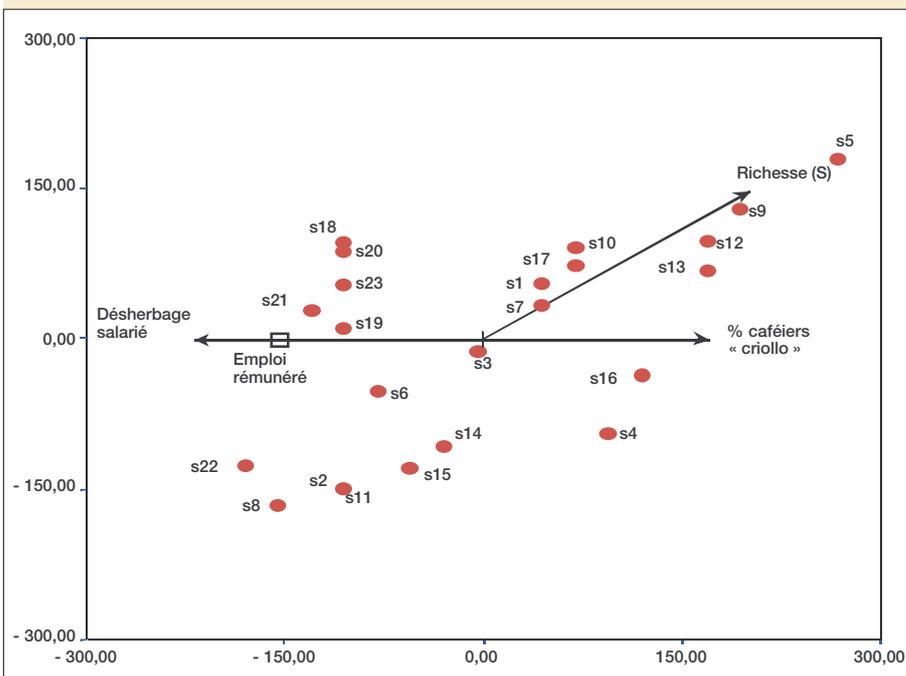


Figure 3.

Richesse en plantes d'une hauteur comprise entre 1,5 et 5 m dans 23 caféières de San Miguel Tzinacapan, au Mexique. Double projection, en analyse canonique de correspondance.

Species richness among plants 1.5 to 5 m in height in 23 coffee plantations in San Miguel Tzinacapan, Mexico. Double projection, canonical correspondence analysis.

Pour ce qui est de la richesse végétale des arbres dépassant 5 m de hauteur, l'influence du degré de fermeture de la canopée ainsi que celle de la densité des plants de caféier expriment à elles seules 82,3 % de la variance. En fait, ces facteurs reflètent deux facettes d'une même réalité (ils sont d'ailleurs fortement intercorrés, $r = -0,57$) et représentent un choix antagoniste concernant l'intensité de la production du café. Augmenter le nombre de caféiers sur une surface donnée et accroître le rayonnement lumineux qui leur est disponible constituent en effet, à première vue, la voie la plus simple pour obtenir de plus hauts rendements (BEER *et al.*, 1998).

Quant à la richesse végétale des plantes comprises entre 1,5 et 5 m de hauteur, elle est négativement liée à la quantité du travail de désherbage effectué par une main-d'œuvre salariée. Il est sans doute possible d'associer un tel résultat à la méthode de désherbage peu sélective employée par ce type de main-d'œuvre, en opposition à celle qui est traditionnellement utilisée par les paysans (TALLER DE TRADICIÓN ORAL, BEAUCAGE, 1997). De plus, les caféières modernisées, moins ombragées, nécessitent un plus grand travail de désherbage, en raison d'une croissance supérieure de la strate herbacée (BEER *et al.*, 1998 ; BONILLA, SOMARRIBA, 2000 ; LLANDERAL, SOMARRIBA, 1999 ; NESTEL, ALTIERI, 1992).

Le pourcentage de plants de caféier appartenant à la variété *criollo*, utilisée depuis l'introduction de la caféiculture au pays, est le deuxième facteur d'influence sur la diversité des plantes de 1,5 à 5 m de hauteur. Ce facteur semble lui aussi pouvoir être lié à la modernisation de la caféiculture. En effet, les plans de modernisation de l'Inmecafé incluent le remplacement de la variété de caféier traditionnelle par des variétés améliorées qui sont performantes en conditions de lumière plus intense et répondent bien à l'ajout de fertilisants (MOGUEL, TOLEDO, 1999 ; TALLER DE TRADICIÓN ORAL, BEAUCAGE, 1997).

Enfin, la contribution de l'accès du propriétaire de la plantation à un emploi rémunéré, quoique non significative ($P = 0,11$) si l'on s'en tient au seuil de $P = 0,05$ fixé dans le cadre de notre étude, permet de relever un lien important entre la richesse végétale des caféières et les décisions stratégiques des propriétaires. Les agriculteurs qui bénéficient d'une source de revenu stable sont moins dépendants des caféières pour combler l'ensemble des besoins (économiques et alimentaires) familiaux et seraient ainsi plus à même de risquer le pari de l'intensification de la culture du caféier sur leurs parcelles, même si cela doit se faire au détriment d'autres types de production (BONILLA, SOMARRIBA, 2000 ; MUSCHLER, BONNEMANN, 1997).

En définitive, il semble que l'attention portée à la fonction économique des plantations de caféiers (et par conséquent l'intensification de la production) se fasse aux dépens de la richesse végétale et limite ainsi le potentiel des plantations de caféiers à jouer un rôle important dans la conservation de la biodiversité (VAN NOORDWIJK *et al.*, 1997). Néanmoins, les systèmes agroforestiers complexes sont dynamiques. Ils répondent à des objectifs multiples et les décisions individuelles peuvent les faire changer rapidement selon les contraintes et les opportunités nouvelles qui se présentent (VANDERMEER *et al.*, 1998).

Dans un contexte où le café n'a plus sa valeur d'autrefois, trois voies

majeures paraissent s'ouvrir aux caféiculteurs : retourner à un modèle traditionnel valorisant une production diversifiée (ce qui profite à l'ensemble de la biodiversité), reconverter les caféières en champs de maïs afin de subvenir aux besoins alimentaires les plus immédiats ou poursuivre l'intensification de la production des parcelles vouées à la culture du caféier en espérant une conjoncture économique favorable (TALLER DE TRADICIÓN ORAL, BEAUCAGE, 1997).

Remerciements

La collecte de données a été réalisée dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Conseil de recherche en sciences humaines (Crsh) dont Pierre BEAUCAGE (département d'anthropologie, université de Montréal) était coordonnateur. Merci à Catherine POTVIN (département de biologie, université McGill) pour son rôle de conseillère au sein du même projet, à Don Pablo OSORIO, notre assistant de recherche local, pour sa contribution considérable sur le terrain, et à Susana CRUZ RAMÍREZ (Proyecto Sierra de Santa Marta, Xalapa) pour avoir mené à bien l'identification des plantes à l'Instituto de ecología A. C. de Xalapa. Merci également à Sarah Paule DALE (département de biologie, université McGill) et à Pierre LEGENDRE (département de biologie, université de Montréal) pour leurs précieux conseils concernant le traitement statistique des données.

Don Pablo Osorio, assistant de recherche nahua.
Don Pablo Osorio, Nahua research assistant.
Photo Y. Vergriete.



Références bibliographiques

- ALTIERI M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74 : 19-31.
- BEER J., MUSCHLER R., KASS D., SOMARRIBA E., 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38 : 139-164.
- BONILLA G., SOMARRIBA E., 2000. Tipologías cafetaleras del Pacífico de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 7 (26) : 27-29.
- CASGRAIN P., LEGENDRE P., 2001. The R package for multivariate and spatial analysis, version 4.0. <http://www.fas.umontreal.ca/BIOL/casgrain/en/lab0/R/v4/index.html>
- GALLINA S., MANDUJANO S., GONZALEZ-ROMERO A., 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 33 : 13-27.
- GREENBERG R., BICHER P., CRUZ ANGON A., RIESMA R., 1997. Bird population in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology*, 11 (2) : 448-459.
- LEGENDRE P., LEGENDRE L., 1998. *Numerical Ecology*, 2nd English edition. Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier, 853 p.
- LLANDERAL T., SOMARRIBA E., 1999. Tipologías de cafetales en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 6 (23) : 30-32.
- MOGUEL P., TOLEDO V. M., 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13 (1) : 11-21.
- MUSCHLER R. G., BONNEMANN A., 1997. Potentials and limitations of agroforestry for changing land-use in the tropics : experiences from Central America. *Forest Ecology and Management*, 91 : 61-73.
- NESTEL D., ALTIERI M. A., 1992. The weed community of Mexican coffee agroecosystems : effect of management upon plant biomass and species composition. *Acta Oecologica*, 13 (6) : 715-726.

Synopsis

IMPACT OF MODERNISATION ON SPECIES RICHNESS IN MEXICAN COFFEE PLANTATIONS

Yann VERGRIETE
Alain OLIVIER

NESTEL D., DICKSCHEN F., ALTIERI M. A., 1993. Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems : an indicator of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation*, 2 : 70-78.

PERFECTO I., SNELLING R., 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem : ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, 5 (4) : 1084-1097.

PERFECTO I., RICE R. A., GREENBERG R., VAN DER VOORT M. E., 1996. Shade coffee : a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience*, 46 (8) : 598-608.

STORK N. E., BOYLE T. J. B., DALE V., EEELEY H., FINEGAN B., LAWES M., MANOKARAN N., PRABHU R., SOBERON J., 1997. Criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management : conservation and biodiversity. Jakarta, Indonesia, Cifor, working paper n° 17, 29 p.

TALLER DE TRADICIÓN ORAL DEL CEPEC, BEAUCAGE P., 1997. Integrating innovation : The traditional nahua coffee-orchard (Sierra Norte de Puebla, Mexico). *Journal of Ethnobiology*, 17 (1) : 45-67.

TER BRAAK C. J. F., SMILAUER P., 1998. Canoco reference manual and user's guide to Canoco for Windows : software for canonical community ordination (version 4). Ithaca, New York, États-Unis, Microcomputer Power, 351 p.

UNEP, CBD, COP, 2000. The ecosystem approach : towards its application to agricultural biological diversity. <http://www.biodiv.org/doc/meetings/cop/cop-05/information/cop-05-inf-11-en.pdf>

VANDERMEER J., VAN NOORDWIJK M., ANDERSON J., ONG C., PERFECTO I., 1998. Global change and multi-species agroecosystems : concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 67 : 1-22.

VAN NOORDWIJK M., TOMICH T. P., DE FORESTA H., MICHON G., 1997. To segregate or to integrate ? The question of balance between production and biodiversity conservation in complex agroforestry systems. *Agroforestry Today*, 9 (1) : 6-9.

The biodiversity of agrosystems

is a topic of growing interest, especially in the case of coffee plantations, because of their sometimes high biodiversity and the large areas they cover worldwide. Traditional plantations, sometimes described as agroforests, are well-known for their integrated management of a very wide diversity of plant species. They make up a complex environment which is used as habitat or refuge by a wide variety of animals. However, coffee growing techniques are changing in various parts of the world. Economic and political factors are causing managers to simplify and intensify production methods. This appears to be the case in the constituency of San Miguel Tzinacapan, a Nahua village in Sierra Norte de Puebla, Mexico.

A widely diverse context

Coffee plantations in this region vary widely in structure and composition, ranging from complex models with high plant diversity to simplified production models with low biodiversity. The processes involved in creating biodiversity in these plantations are not obvious, however, even though several authors suspect that the modernisation of coffee growing methods is a factor of decline. Understanding the factors that influence species richness in coffee plantations is nevertheless essential to gain insights into the future of their biodiversity.

Factors influencing biodiversity

This study was carried out to identify the environmental and socio-economic factors having the greatest impact on species richness in 23 family-run plantations less than 1.5 ha in size, all belonging to farmers in San Miguel Tzinacapan. The aim was to identify any impacts of modernisation policies on the existing structure and composition of these plantations. This involved standardised sampling, collecting environmental data and a socio-economic survey. To understand the factors

most strongly correlated with species richness in two plant size categories (1.5 to 5 m in height and over 5 m) in the plantations studied, the study applied the multiple regression method (number of species, then number of families) to the different environmental and socio-economic variables considered. Several factors with links to species richness were identified by applying a function for progressive selection of variables. The same multiple regression procedure was used to carry out a spatial analysis of residual data.

Influence of intensification

The results obtained suggest that species richness among plants in coffee plantations is not linked to their geographical location or to ecological factors, but rather to factors that are dependent on human activity. Among the factors investigated, the extent of canopy closure had the strongest positive link with the species richness among trees more than 5 m in height, while the density of coffee plants had the strongest negative links. With plants 1.5 to 5 m in height, the main factor linked positively to species richness was the percentage of *criollo* coffee plants, a variety used since coffee growing first began in Mexico, while the intensity of labour employed for weedkilling had the strongest negative links. These factors, though of different types, seem to point to the same influence: the modernisation of coffee growing.

Perspectives for biodiversity conservation

It therefore appears that the increasing attention given to the economic functions of coffee plantations is depleting their species richness and therefore reducing their potentially important role in biodiversity conservation. Now that coffee no longer has such high value on the market, coffee growers appear to have three choices: returning to traditional models that give priority to diversified production (and which benefit biodiversity in general), converting their coffee plantations to maize fields or further intensification of production methods in specialised coffee-growing plots.