



Restauration d'une forêt avec modèle agroforestier dans le district de Krong Bong, Viet Nam. Photo: Phan Thi Thuy Nhi, Tropenbos Viet Nam

Conception de systèmes agroforestiers pour une meilleure viabilité économique et une plus grande résilience

Bas Louman, Juan Manuel Moya, Jinke van Dam, Gabija Pamerneckyte, Tommaso Comuzzi, Tran Huu Nghi, Tran Nam Thang, Rosalien Jezeer et Maartje de Graaf

« En pratique, les décisions des agriculteurs sont basées sur leur perception des coûts, des bénéfices et des risques, et ceux-ci peuvent différer considérablement des perceptions des non-agriculteurs ou des coûts et bénéfices intégrés dans les modèles. »

Introduction

Les preuves des avantages écologiques de l'agroforesterie sont en général solides (Jose 2009), particulièrement en ce qui concerne le potentiel de contribution à l'atténuation du changement climatique (Köthke *et al.* 2022) et à l'adaptation (Verschoor *et al.* 2007). Le potentiel de l'agroforesterie pour atteindre les Objectifs de Développement Durable (ODD) est donc également de plus en plus reconnu. Plusieurs gouvernements, organisations multilatérales, organisations de la société civile et entreprises agroalimentaires promeuvent désormais les pratiques agroforestières, après des décennies passées à encourager des variétés de cultures à haut rendement, adaptées aux conditions de plein soleil. Les gouvernements, par exemple, peuvent répondre au besoin perçu en investissements initiaux

lors de la conversion d'un système d'utilisation des terres existant en un système agroforestier grâce à des réductions d'impôts ou à des paiements pour des programmes de services environnementaux (Kay *et al.* 2019). Malgré ces efforts et les avantages potentiels de l'agroforesterie, son adoption est inférieure aux attentes (Glover *et al.* 2013 ; Mukhlis *et al.* 2022), probablement en raison des lacunes dans la compréhension des coûts et des avantages socio-économiques de ces systèmes (Gosling *et al.* 2021).

La décision d'adopter ou non l'agroforesterie est influencée par un mélange complexe de facteurs (Kusters 2023). Pour les agriculteurs individuels, les raisons qui poussent à mettre en œuvre des pratiques agroforestières sont diverses, notamment la consommation domestique de produits arboricoles, de moindres besoins en intrants et les avantages monétaires tirés de la vente des produits. Les obstacles signalés à l'adoption de l'agroforesterie comprennent le peu de clarté du régime foncier, la taille de l'exploitation et les exigences en matière de main d'œuvre (Glover *et al.* 2013). De plus, l'aversion au risque des agriculteurs dans des conditions incertaines peut affecter l'adoption de l'agroforesterie (Jahan *et al.* 2022).

Les connaissances, les compétences et l'expérience semblent être des facteurs particulièrement pertinents pour l'adoption de l'agroforesterie (Pathania *et al.* 2021 ; Jahan *et al.* 2022). En raison des différences locales et des interactions complexes entre les plantes au sein du mélange agroforestier, cela nécessite de meilleures capacités de gestion des connaissances locales que dans le cas des pratiques agricoles conventionnelles (Mercer 2004). Alors que les agriculteurs individuels prennent leur décision d'adopter ou non l'agroforesterie en fonction de divers facteurs, plusieurs études ont révélé que même si la performance économique perçue des pratiques n'était peut-

être pas le facteur le plus important, c'était le facteur récurrent chez la plupart des agriculteurs (Louman *et al.* 2016).

Cet article aborde la question de savoir comment une meilleure connaissance des performances économiques (coûts et bénéfices) peut contribuer à une prise de décision plus éclairée par les agriculteurs quant à l'adoption ou non de l'agroforesterie. Premièrement, l'article décrit les principales variables qui influencent directement la viabilité économique de l'agroforesterie, telles que les avantages, les coûts, la disponibilité et le besoin en main-d'œuvre et en terres, la productivité, le temps de production et le profil de risque des agriculteurs. Ensuite, un exemple issu du Viet Nam explique les implications de différentes combinaisons de cultures et de pratiques de gestion sur ces variables.

Principales variables économiques qui influencent la viabilité économique de l'agroforesterie

Avantages

De nombreux avantages ont été attribués à l'agroforesterie, notamment les revenus, la sécurité alimentaire, la fourniture de bois de chauffage et la séquestration du carbone (Willemen *et al.* 2013). De plus, l'un des principaux avantages économiques de l'agroforesterie réside dans son rapport de surface équivalente relativement élevé. En d'autres termes, le rendement de la culture principale peut être plus faible en agroforesterie qu'en monoculture, mais le rendement global en agroforesterie peut être plus élevé en raison des autres productions cultivées (Boward et Logan 2020 ; Köthke *et al.* 2022). Dans des études de cas au Viet Nam, par exemple, trois différentes combinaisons d'agroforesterie à café ont abouti à un revenu net par hectare (ha) plus élevé que celui du café en

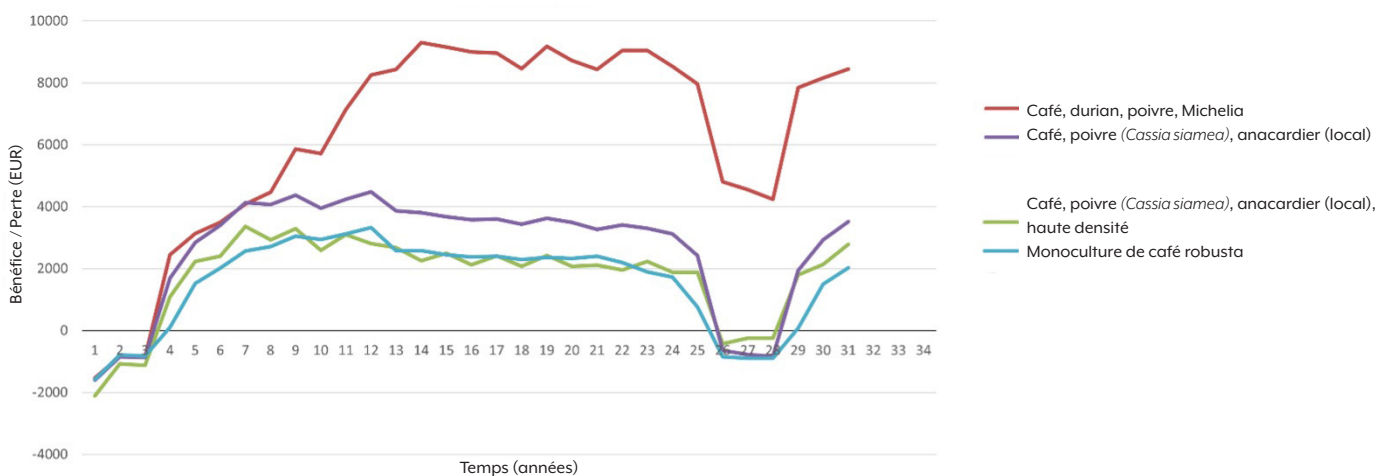


Figure 1. Revenu net annuel projeté par hectare de quatre différentes combinaisons de cultures au Viet Nam

Basé sur les projections de l'outil Farmtree (FarmTree 2023), calibré avec des données agricoles réelles de 2023 (FarmTree bv 2023).

monoculture produit dans des conditions similaires (Figure 1). Ceci est particulièrement pertinent pour les petits exploitants et les zones soumises à la pression d'autres utilisations des terres.

L'agroforesterie contribue à la sécurité alimentaire et renforce la résilience économique, car les cultures fournissent de multiples sources de revenus à différents moments de l'année. Ceci est réalisé grâce à l'association dans l'espace ou dans le temps d'arbres et d'autres espèces cultivées, et à travers une combinaison de production de bois, de fruits, de caoutchouc, de latex, de noix, d'huile, de fourrage pour le bétail ou d'autres cultures. La stabilité des revenus provenant de plusieurs produits contribue à la résilience face aux pertes de rendement d'un produit donné en cas de conditions météorologiques défavorables. La diversité contribue également à des revenus plus stables, dans la mesure où une perte de valeur marchande due aux fortes fluctuations des prix des matières premières peut être compensée par les prix plus élevés d'autres produits.

L'augmentation des opportunités de revenus – à la fois en élargissant les marchés pour un panier de produits et en offrant des incitations à la fourniture de services écosystémiques tels que la séquestration du carbone – est essentielle pour soutenir et développer l'agroforesterie (Kay *et al.* 2019) et pour renforcer la résilience économique des agriculteurs. Une condition importante pour y parvenir est le développement et la mise en œuvre de filières pour relier les produits des agriculteurs aux marchés qui rémunèrent de manière adéquate les produits et les avantages générés par la production agroforestière. Par exemple, les marchés de niche qui nécessitent une empreinte sociale, territoriale et chimique plus faible pour la production de produits agroalimentaires (comme le café ou le cacao) ont tendance à payer des prix plus élevés. Les systèmes agroforestiers semblent bien placés pour répondre à ces exigences, à condition que les agriculteurs soient formés pour répondre aux exigences du marché et que les procédures de

contrôle et de certification tiennent compte des conditions particulières des petits exploitants.

En même temps, de nombreux bénéfices de l'agroforesterie sont souvent considérés comme secondaires et parfois involontaires. Par exemple, les agriculteurs peuvent être en mesure de travailler dans des conditions plus fraîches grâce aux arbres d'ombrage, ou de produire des fruits pour l'auto-consommation et les marchés locaux. Beaucoup de ces avantages n'ont pas de valeur marchande ou leur valeur marchande est limitée par rapport à la valeur de la culture principale (comme par exemple le café ou le cacao). La prise de conscience de ces avantages secondaires peut cependant inciter les agriculteurs à adopter des solutions agricoles plus diversifiées, même si elles peuvent ne pas être aussi rentables que la monoculture.

L'agroforesterie fournit divers services écosystémiques et avantages environnementaux tels que l'atténuation du changement climatique. Les marchés ou les entreprises en amont peuvent compenser ces avantages par des paiements pour services environnementaux. En pratique, les prix des produits agricoles ne parviennent généralement pas à intégrer les coûts sociaux et environnementaux cachés de l'agriculture conventionnelle, tandis que les avantages des systèmes de production diversifiés tels que l'agroforesterie ne sont pas intégrés dans ces prix.

Une fois mise en œuvre et opérationnelle, l'agroforesterie peut également générer des économies ; par exemple, en réduisant les coûts des produits phytosanitaires dans les exploitations agricoles, notamment les pesticides, les herbicides et les fertilisants, et en réduisant les coûts d'irrigation. Jezeer *et al.* (2018) ont constaté que pour les petites exploitations de café péruviennes, par exemple, le café ombragé à faibles intrants avait de meilleures performances économiques (revenu net, rapport coût-bénéfice) que le café non ombragé à forts

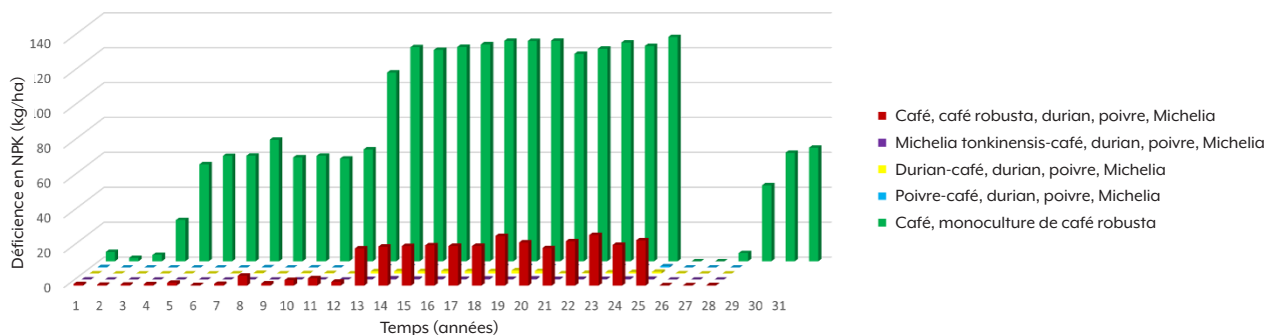


Figure 2. Besoin en engrais (kg/ha) dans les sols pour café en monoculture (colonnes vertes) et sous régimes agroforestiers (colonnes rouges)

Comme projeté sur la base des données d'études de cas au Viet Nam (FarmTree bv 2023). Dans les deux cas, l'engrais NPK a été appliqué durant les dix premières années. Le besoin plus faible en engrais pour le café après cinq ans dans le cas de l'agroforesterie est principalement dû à l'inclusion de l'arbre *Michelia tonkinensis* dans le mélange des plantes.

intrants. La Figure 2 illustre comment, dans un cas spécifique au Viet Nam (Farmtree bv 2023), l'arbre *Michelia* contribue à réduire les besoins en fertilisants azotés, phosphorés et potassiques (NPK) au fil du temps.

Le café de la parcelle agroforestière (colonnes rouges sur la Figure 2) ne nécessite pratiquement aucune fertilisation après avoir été fertilisé à raison de 400 kg/ha pendant les dix premières années. Ce n'est pas le cas du café en monoculture (colonnes vertes sur la Figure 2).

Bien que les arbres utilisent de l'eau, dans les systèmes agroforestiers de café des hauts plateaux centraux du Viet Nam, il a été constaté que les arbres contribuaient également à une meilleure régulation de la disponibilité de l'eau en augmentant la matière organique du sol, améliorant ainsi la capacité de stockage de l'eau (FarmTree bv 2023). Cela peut réduire le besoin (et donc les coûts) pour l'irrigation. De plus, les hauts plateaux du centre subissent des vents très forts pendant la saison sèche, ce qui affecte négativement la production de café. Ces effets négatifs ont été atténués grâce à la présence d'arbres dans les systèmes agroforestiers.

Coûts

Les coûts peuvent être directs, indirects, fixes et variables. Les coûts directs sont directement liés à la production, comme l'achat de matières premières ou d'équipements. Les coûts directs peuvent être fixes ou variables. Des exemples de coûts fixes sont les terrains ou les équipements qui durent pendant plusieurs années. Les semis d'arbres ou les intrants tels que les engrais et les pesticides sont des exemples de coûts variables. Les coûts indirects comprennent la perte de revenus due à la concurrence entre les arbres et la culture principale. En pratique, la plupart des agriculteurs auront affaire à des coûts directs et variables en acquérant directement des intrants favorables à la production. En général, l'augmentation des intrants entraînera des bénéfices supplémentaires sur les rendements. Cependant, les agriculteurs utilisent souvent des intrants sans tenir compte des recommandations relatives à leur application. Cela conduit par exemple certains agriculteurs à utiliser beaucoup plus d'engrais que ce qui est nécessaire pour obtenir une bonne récolte, ou à l'appliquer de manière incorrecte ou au mauvais moment. Dans un cas au Ghana, par exemple, les producteurs de cacao n'ont pas appliqué les quantités d'engrais recommandées dans leurs exploitations parce que la production plus élevée obtenue était insuffisante pour compenser les coûts supplémentaires liés aux engrais. Dans d'autres cas, ils ne disposaient pas des liquidités nécessaires afin de pouvoir acheter suffisamment d'engrais au moment du cycle de production où ils étaient le plus nécessaires (Lawrence et Louman 2021).

L'adoption de pratiques agroforestières peut souvent être limitée en raison des coûts d'opportunité et de la perte de revenus perçus. Le coût d'opportunité de la plantation d'arbres en est un exemple, lorsque ces arbres occupent un espace qui était initialement réservé à la production ou à la culture principale. Le coût d'opportunité fait référence aux avantages que les agriculteurs estiment qu'ils auraient pu obtenir s'ils avaient planté une culture au lieu de planter des arbres qui génèrent des rendements sur une période plus longue (c'est-à-dire que les agriculteurs préfèrent clairement les avantages immédiats aux avantages qui surviennent plus tard). Un autre exemple est le coût de devoir suivre une formation sur des pratiques agroforestières spécifiques, au lieu de consacrer ce temps à une culture qu'ils connaissent déjà.

Les coûts sont généralement plus élevés au début du cycle agroforestier, en partie à cause de la nécessité d'acquérir et de planter des arbres, mais aussi parce que les bénéfices écologiques de l'agroforesterie mettent généralement du temps à se matérialiser. Par exemple, sur des sols relativement dégradés, des systèmes agroforestiers bien conçus peuvent encore avoir besoin de fertilisation pendant les six à dix premières années jusqu'à ramener la fertilité du sol à un niveau raisonnable, mais plus tard, ils peuvent fournir suffisamment de nutriments et de matière organique aux sols et donc nécessiter moins de fertilisation (voir Figure 2). Au fil du temps, les bénéfices financiers d'une réduction des coûts de fertilisation peuvent être supérieurs aux bénéfices financiers d'une production augmentée. Réduire les coûts est particulièrement important pour les cultures dont les prix du marché fluctuent.

Plus tard dans le cycle de croissance, les coûts initiaux peuvent être compensés par la production issue des arbres ou par la réduction des besoins en engrais et en produits phytosanitaires. Toutefois, pendant les quatre à sept premières années, ceci peut ne pas être encore le cas. Comme le montre la Figure 1, le solde annuel devient positif après l'année 4 et, dans la plupart des options, le seuil de rentabilité (c'est-à-dire que le revenu accumulé est égal aux coûts accumulés) est atteint entre l'année 8 (pour les combinaisons agroforestières) et l'année 10 (pour la monoculture).

Certains projets agroforestiers fournissent un soutien financier pour compenser les coûts directs d'acquisition et de plantation des arbres, mais pas les coûts d'opportunité des premières années (en termes de revenus plus faibles dus à une plus faible densité des cultures de rente).

Main d'oeuvre

Lors de l'inclusion des coûts de main-d'oeuvre dans l'analyse économique des systèmes agricoles et agroforestiers, il convient de déterminer si les activités font partie de l'activité

agricole principale ou s'il s'agit d'activités additionnelles envisagées comme un investissement secondaire générant des revenus plus élevés. Dans le cas du cacao au Ghana, il a été constaté que si la culture du cacao est réalisée comme activité secondaire, les agriculteurs ne voudront peut-être pas investir beaucoup de leur temps ou embaucher de la main-d'œuvre pour obtenir des rendements optimaux. Dans certains cas, les producteurs de cacao sont des agriculteurs plus âgés, à la retraite ou qui se concentrent davantage sur des activités génératrices de revenus (Bymolt *et al.* 2018).

De plus, lors du calcul d'un rapport avantages-coûts, l'utilisation des prix du marché pour la main-d'œuvre peut souvent entraîner des résultats financiers négatifs, en particulier pour les producteurs à petite échelle avec des systèmes agroforestiers nécessitant une forte main-d'œuvre. Les agriculteurs interrogés au Viet Nam sur leurs coûts de main-d'œuvre ont uniquement évoqué les coûts liés à l'embauche (temporaire) de main-d'œuvre. Ils considéraient leur propre travail comme un investissement pour lequel ils ont reçu en retour le revenu net de leur activité agricole. La question de savoir si ce rendement est satisfaisant semble dépendre du besoin en revenus de l'agriculteur et des objectifs de son exploitation, ainsi que des possibilités de trouver un travail alternatif ailleurs. Une analyse économique visant à aider les agriculteurs à prendre les décisions concernant leurs systèmes agricoles (familiaux) aurait donc plus de sens pour eux si les coûts de main-d'œuvre étaient indiqués en termes de temps nécessaire plutôt qu'en termes de coûts monétaires.

L'agroforesterie est souvent plus gourmande en main-d'œuvre que la culture conventionnelle (monoculture). Bien que l'impact de l'agroforesterie sur la demande en main d'œuvre varie selon les conditions locales, cela peut constituer un facteur limitant en cas de pénurie de main d'œuvre ou lorsque les coûts de main d'œuvre sont élevés. Par exemple, dans les plantations de cacao en Bolivie, la demande en main d'œuvre était plus élevée

en agroforesterie, même si les rendements par unité de travail étaient également plus élevés (Armengot *et al.* 2016), tandis qu'en Afrique, les arbres d'ombrage de l'agroforesterie ont aidé à réduire les besoins en main d'œuvre pour le désherbage et l'application de pesticides (Nunoo et Owusu 2017). La Figure 3 indique qu'au Viet Nam, l'ajout d'une culture commerciale aux systèmes agroforestiers augmente davantage les besoins en main-d'œuvre masculine plutôt que les besoins en main-d'œuvre féminine. Ceci n'est cependant pas toujours le cas et dépendra du type de cultures ajoutées et de la distribution locale de la main-d'œuvre.

La demande en main-d'œuvre dans les systèmes agroforestiers varie par rapport aux systèmes de monocultures. De plus, l'ajout de cultures et de complexité peut également avoir des implications sur le type de main-d'œuvre à embaucher : différentes cultures peuvent nécessiter différentes techniques de gestion et de récolte.

Risques pour l'agriculteur

Les petits exploitants agricoles sont confrontés à de multiples défis futurs : le changement climatique, la fluctuation des prix, le manque d'accès au marché, les ravageurs et les maladies. Les stratégies visant à atténuer ces risques seront entravées si elles ne sont pas basées sur une compréhension de la façon dont les agriculteurs perçoivent le risque (Eitzinger *et al.* 2018) et comment ils y réagissent (Mercer 2004). Il est donc important d'identifier et de mieux comprendre les risques que perçoivent les agriculteurs lorsqu'ils mettent en œuvre des pratiques agricoles qui visent à répondre à la fois aux attentes économiques et environnementales, tout en étant résilientes aux changements actuels et futurs.

Bien que l'agroforesterie présente des avantages potentiels, les décisions des agriculteurs d'adopter des systèmes agroforestiers ou de plein soleil dépendent de la façon dont

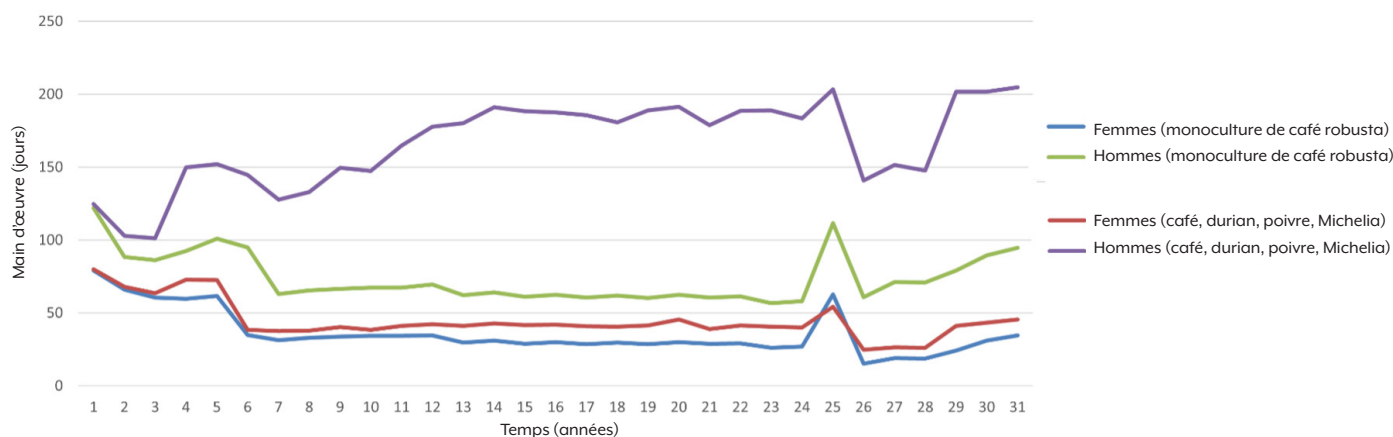


Figure 3. Besoins en main d'œuvre (nombre de jours) et répartition par sexe pour deux combinaisons de cultures au Viet Nam



***Pterocarpus macrocarpus*, espèce à bois d'œuvre plantée avec du café dans la commune de Hoa Le, Krong Bong, Vietnam.**

Photo : Phan Thi Thuy Nhi

ils perçoivent le risque, qui à son tour dépend de leur situation socio-économique (Sanial 2019). Ceci est confirmé par Alpizar *et al.* (2011), qui ont constaté que les producteurs de café au Costa Rica sont très réticents à prendre des risques, surtout dans des conditions de grande incertitude. Des exemples au Ghana et en Côte d'Ivoire montrent comment les agriculteurs pourraient considérer la conversion à l'agroforesterie comme un risque potentiel. Ils peuvent craindre une augmentation des effets environnementaux négatifs (par exemple, les ravageurs), une menace accrue de la coupe de bois légale et illégale, ou s'inquiéter des dangers physiques liés à la présence de grands arbres à la ferme (par exemple, chutes de branches).

Même si les agriculteurs peuvent percevoir une gamme de risques différents, les risques de production (tels que ceux de plus en plus causés par le changement climatique) et les risques du marché semblent être les plus pertinents, mais les agriculteurs ne les perçoivent peut-être pas de la même manière que les vulgarisateurs, les entreprises ou les universitaires. Des rapports non publiés d'entretiens avec des éleveurs de bovins utilisés pour l'étude de Louman *et al.* (2016) indiquent par exemple que ces agriculteurs considéraient la diversification comme un risque, car ils n'avaient pas d'autre

expérience que l'élevage du bétail. Ceci est contraire à l'opinion de nombreux agents de vulgarisation et universitaires locaux, qui promeuvent la diversification comme un moyen d'atténuer les risques.

De plus, les conditions locales ne sont pas toujours propices à la transition vers l'agroforesterie, car les conditions favorables peuvent faire défaut et les risques pour l'agriculteur peuvent donc être trop élevés. Souvent, une assistance technique, des capacités de gestion des connaissances et un soutien organisationnel sont nécessaires pour démontrer que les systèmes agroforestiers fonctionnent et génèrent des bénéfices. Et dans de nombreux cas, les systèmes agroforestiers locaux ont été abandonnés parce que les politiques gouvernementales, l'assistance technique et les filières internationales se sont concentrées sur une seule culture plutôt que sur la gamme de produits qui sont déjà localement produits.

Fluctuations des prix du marché

Les prix élevés du marché peuvent fortement inciter les exploitants à inclure certaines espèces, comme les arbres

fruitiers, dans leur mélange de cultures. Toutefois, les fluctuations des prix du marché constituent l'un des risques majeurs auxquels les agriculteurs sont confrontés. Au Viet Nam, les agriculteurs ont réagi aux prix élevés du marché pour des produits tels que l'avocat, en les plantant de manière extensive. En conséquence, le prix a chuté et n'a plus représenté d'incitation à planter des avocats (FarmTree bv 2023). Les agriculteurs peuvent diversifier afin de créer un tampon contre les fluctuations des prix ; les agriculteurs mexicains ont diversifié leurs moyens de subsistance lorsqu'ils ont constaté que la production de café s'était effondrée (Padrón et Burger 2015).

Cependant, lorsqu'ils diversifient simplement pour le plaisir de diversifier, les agriculteurs peuvent être confrontés à des risques de production ainsi qu'à des risques de marché. Ils doivent apprendre à cultiver les nouvelles cultures et à gérer les interactions entre les cultures, et ils doivent également se familiariser avec de nouveaux marchés, parfois à peine existants.

Modélisation : implications pour la viabilité économique

Lorsque les petits exploitants adoptent l'agroforesterie, ils prennent en compte des facteurs socioéconomiques, écologiques et même politiques qui peuvent entraîner des opportunités ou des contraintes. Ces facteurs varient de l'accès aux marchés pour une variété de produits et des incitations à l'adoption qui compensent les coûts initiaux, aux conditions environnementales telles que le climat et les sécheresses fréquentes, entre autres.

Cet article a utilisé un modèle numérique pour la configuration, la planification et la projection de scénarios basés sur les données des exploitations de la province de Dak Lak au Viet Nam en 2023. Ce modèle a permis d'illustrer les informations trouvées dans la littérature et auprès des membres du réseau international Tropenbos sur les expériences relatives à la manière dont divers concepts de systèmes de culture affectent les coûts, les bénéfices et les besoins en main-d'œuvre et peuvent affecter la viabilité économique (Figures 1 – 3).

Quatre facteurs économiques semblent freiner l'adoption des systèmes agroforestiers : (1) le manque d'opportunités de marché claires pour les produits arboricoles autres que la culture principale ; (2) les coûts perçus à court terme au moment de la transformation du système ; (3) les coûts de main-d'œuvre supplémentaires perçus ; et (4) le manque d'informations sur les impacts positifs des espèces d'arbres sélectionnées sur, par exemple, la fertilité des sols. En outre, la perception du risque, y compris le risque associé aux fluctuations des prix du marché, affecte souvent l'adoption des pratiques agroforestières.

L'outil Farmtree (Farmtree 2023) fournit un modèle qui aide à clarifier ces préoccupations et à analyser les effets des ajustements apportés à la conception d'un système agroforestier. Par exemple, la Figure 1 montre comment la valeur des produits additionnels peut augmenter la valeur globale par hectare du système. Elle montre également comment la combinaison de cultures avec différents cycles de vie économiques (dans ce cas, le café avec du michelia) permet de surmonter la baisse de revenus lorsqu'une culture doit être remplacée.

La Figure 1 montre en outre que les coûts d'établissement initiaux peuvent être compensés après huit à dix ans. Si un agriculteur convertit une plantation existante en un système agroforestier, ces coûts seraient limités aux coûts directs des plants d'arbres et de leur plantation, ainsi qu'aux coûts indirects de réduction du nombre de plants par hectare de la culture principale. Quels que soient ces coûts, afin de convaincre de nombreux agriculteurs, et de développer l'agroforesterie, ils devront être compensés, ou les futures opportunités de marché devront être tellement alléchantes que les agriculteurs seront prêts à les assumer. Apparemment, c'est le cas pour le poivron et l'avocat ces dernières années au Viet Nam.

Au Viet Nam, le michelia est peut-être un « arbre agroforestier » prometteur, mais il n'est pas encore largement répandu. En outre, les informations sur son potentiel commercial sont insuffisantes afin d'estimer son potentiel d'augmentation des revenus d'un grand nombre d'agriculteurs. Cependant, contrairement à l'avocat et au poivron, le michelia contribuerait aussi apparemment au maintien de la fertilité des sols. La Figure 2 montre que cela réduit éventuellement les besoins en fertilisants pour la culture principale (café) après l'établissement initial, ce qui réduit considérablement les coûts de maintien de la production du café et contribue ainsi à un revenu net futur plus élevé (comme montré sur la Figure 1). Cela montre l'importance de pouvoir anticiper les coûts et les avantages à court et à long terme des différentes espèces incluses dans un mélange agroforestier. Les arbres tels que le michelia peuvent être aussi sensibles aux fluctuations des prix du marché que d'autres espèces, mais ils ont l'avantage de réduire les coûts futurs, réduisant ainsi le risque de pertes financières en cas de chute des prix du marché.

Des modèles comme celui utilisé dans cet article peuvent aider à expliciter les coûts et les avantages attendus des différents mélanges d'espèces et des différents régimes de gestion. Les agents de vulgarisation pourraient utiliser ce type de modèle avec des données calibrées localement pour aider les agriculteurs à prendre des décisions plus éclairées sur la manière de concevoir leurs systèmes agroforestiers. De cette façon, les entreprises et les agriculteurs peuvent s'éloigner

des programmes agroforestiers standards souvent promus, qui n'incluent pas nécessairement les mélanges de cultures et d'arbres les plus appropriés aux conditions individuelles de chaque agriculteur.

Les études et les modèles sont utiles pour communiquer sur les expériences et les expérimentations, et peuvent être des outils utiles pour informer les agriculteurs des implications des choix qu'ils font dans la conception et la mise en œuvre de leurs systèmes agricoles. Cependant, l'expérience montre (voir par exemple l'article 4.5) qu'il est nécessaire d'être conscient que, en pratique, les décisions des agriculteurs sont basées sur leurs perceptions des coûts, des bénéfices et des risques, et que celles-ci peuvent différer considérablement des perceptions des tiers ou des coûts et bénéfices incorporés dans les modèles. Il est essentiel d'en tenir compte lors de la mise en œuvre d'un système agroforestier pour passer des scénarios modèles à la réalité et pour développer l'agroforesterie.

Références

- Alpizar F, Carlsson F and Naranjo MA. 2011. The effect of ambiguous risk and coordination on farmers' adaptation to climate change — A framed field experiment. *Ecological Economics* 70(12):2317–2326. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.07.004> [Get rights and content.](#)
- Armengot L, Barbieri P, Andres C, Milz J and Schneider M. 2016. Cocoa agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. *Agronomy for Sustainable Development* 36:1–10. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0406-6>.
- Bowart SJ and Logan N. 2020. Economic design for multistory agroforestry. Chapter 7. In: Elevitch CR. (ed.) *Agroforestry design for regenerative production – with emphasis on Pacific islands*. Permanent Agricultural Resources (PAR), Holualoa, Hawaii. <https://agroforestry.org/projects/agroforestry-design>.
- Bymolt R, Laven A and Tyzler M. 2018. *Demystifying the cocoa sector in Ghana and Côte d'Ivoire*. The Royal Tropical Institute (KIT): Amsterdam, the Netherlands. <https://www.kit.nl/project/demystifying-cocoa-sector/>.
- Eitzinger A, Binder CR and Meyer MA. 2018. Risk perception and decision-making: Do farmers consider risks from climate change? *Climatic Change* 151:507–524. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2320-1>.
- FarmTree. 2023. FarmTree Tool. <https://www.farmtree.earth/home>.
- Farmtree bv. 2023. Cost-benefit note: Analysis of projected costs and benefits of different coffee cultivation models in Dak Lak. Unpublished report submitted to Tropenbos International and Tropenbos Viet Nam.
- Glover EK, Ahmed HB and Glover MK. 2013. Analysis of socio-economic conditions influencing adoption of agroforestry practices. *Journal of Agriculture and Forestry* 3(4):178–184. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20130409>.
- Gosling E, Knoke T, Reith E, Reyes Cáceres A and Paul C. 2021. Which socio-economic conditions drive the selection of agroforestry at the forest frontier? *Environmental Management* 67(6):1119–1136. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01439-0>.
- Jahan H, Wakilur Rahman Md, Sayemul Islam Md, Rezwan-Al-Ramin A, Mifta-UI-Jannat Tuhin Md and Emran Hossain Md. 2022. Adoption of agroforestry practices in Bangladesh as a climate change mitigation option: Investment, drivers and SWOT analysis perspectives. *Environmental Challenges* 7: 100509. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100509>.
- Jezeer RE, Santos MJ, Boot RG, Junginger M and Verweij PA. 2018. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. *Agricultural Systems* 162, 179-190. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.01.014>.
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems* 76:1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>.
- Kay S, Graves A, Palma JHN, Moreno G, Rocas-Díaz JV, Aviron S, Chouvardas D, Crous-Duran J, Ferreira-Domínguez N, García de Jalón S, Macicacan V, Mosquera-Losada MR, Pantera A, Santiago-Freijanes JJ, Szerencsits E, Torralba M, Burgess PJ and Herzog F. 2019. Agroforestry is paying off – Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. *Ecosystem Services* 36:100896. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100896>.
- Köthke M, Ahimbisibwe V and Lippe M. 2022. The evidence base on the environmental, economic and social outcomes of agroforestry is patchy—An evidence review map. *Frontiers in Environmental Science* 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.925477>.
- Kusters K. 2023. *Supporting agroforestry adoption for climate-smart landscapes: Lessons from the Working Landscapes programme*. Ede, the Netherlands: Tropenbos International. <https://www.tropenbos.org/news/supporting+agroforestry+adoption+%E2%80%93+lessons+from+the+working+landscapes+programme>.
- Lawrence D and Louman B. 2021. *Finance for integrated landscape management: A landscape approach to climate-smart cocoa in the Juabeso-Bia Landscape, Ghana*. Tropenbos Ghana: Kumasi, Ghana and Tropenbos International: Ede, the Netherlands. <https://bit.ly/3GOWMJe>.
- Louman B, Gutierrez I, le Coq JF, Brenes C, Wulfhorst JD, Casanovas F, Yglesias M and Rios S. 2016. Avances en la comprensión de la transición forestal en fincas costarricenses. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 26:191–206. In Spanish. <https://agritrop.cirad.fr/582230/1/Louman%20et%20al%20-%202016%20-%20redibec.pdf>.
- Mercer DE. 2004. Adoption of agroforestry innovations in the tropics: A review. *Agroforestry Systems* 204411:311–328. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/6944>.
- Mukhlis I, Rizaludin MS and Hidayah I. 2022. Understanding socio-economic and environmental impacts of agroforestry on rural communities. *Forests* 13(4):556. <https://doi.org/10.3390/f13040556>.

Nunoo I and Owusu V. 2017. Comparative analysis on financial viability of cocoa agroforestry systems in Ghana. *Environment, Development and Sustainability* 19:83–98. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9733-z>.

Padrón BR and Burger K. 2015. Diversification and labor market effects of the Mexican coffee crisis. *World Development* 68:19–29. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.11.005>.

Pathania A, Chaudhary R, Sharma S and Kumar K. 2021. Farmers' perception in the adoption of agroforestry practices in low hills of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agroforestry* 22(2):101–104. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJA/article/view/109087>.

Sanial E. 2019. A la recherche de l'ombre, géographie des systèmes agroforestiers émergents en cacaoculture ivoirienne post-forestière. Doctoral dissertation, University of Lyon. https://www.nitidae.org/files/de5c2772/a_la_recherche_de_l_ombre_geographie_des_systemes_agroforestiers_emergents_en_cacaoculture_ivoirienne_post_forestiere.pdf.

Verschot LV, van Noordwijk M, Kandji S, Tomich T, Ong C, Albrecht A, Mackensen J, Bantilan C, Anupama KV and Palm C. 2007. Climate change: Linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12:901–918. <https://doi.org/10.1007/s11027-007-9105-6>.

Willemsen L, Hart A, Negra C, Harvey C, Laestadius L, Louman B, Place F, Winterbottom R and Scherr SJ. 2013. *Taking tree-based ecosystem approaches to scale: Evidence of drivers and impacts on food security, climate change resilience and carbon sequestration*. EcoAgriculture Discussion Paper; No. 11. EcoAgriculture Partners. <https://ecoagriculture.org/publication/taking-tree-based-ecosystem-approaches-to-scale/>.

Affiliations des auteurs

Bas Louman, Coordinateur du programme, MoMo4C ; conseiller pays, Viet Nam, Tropenbos International (bas.louman@tropenbos.org)

Juan Manuel Moya, Expert en affaires et en finance, Tropenbos International (juan.moya@tropenbos.org)

Jinke van Dam, Responsable thématique associé, systèmes de production diversifiés, Tropenbos International (jinke.vandam@tropenbos.org)

Gabija Pamerneckyte, Experte, quantification des impacts de l'agroforesterie (gabija.pamerneckyte@farmtree.earth)

Tommaso Comuzzi, Stagiaire étudiant de Wageningen University and Research at TBI (tom-comuzzi@hotmail.com)

Tran Huu Nghi, Directeur, Tropenbos Viet Nam (nghi@tropenbos.vn)

Tran Nam Thang, Conseiller technique, Tropenbos Viet Nam (thang@tropenbos.vn)

Rosalien Jezeer, Coordinatrice du programme, Green Livelihoods Alliance (GLA) et Gouvernance paysagère intelligente face au feu, Tropenbos International (rosalien.jezeer@tropenbos.org)

Maartje de Graaf, Responsable thématique de la gestion et la conservation des forêts communautaires ; conseillère pays, Ghana et Philippines, Tropenbos International (Maartje.deGraaf@tropenbos.org)