

Agroforêt à Krui, Sumatra, Indonésie. Photo : E. Torquebiau

Le lien entre agroforesterie, biodiversité et changement climatique

Emmanuel Torquebiau

« L'agroforesterie est une solution fondée sur la nature : en combinant des plantes pérennes (arbres et arbustes) et des plantes herbacées annuelles (cultures) et parfois des animaux, c'est une authentique imitation de la nature. »

« La perte de biodiversité et le changement climatique sont des menaces indissociables pour l'humanité et doivent être combattues ensemble. Elles sont également profondément interconnectées d'une manière qui pose des défis complexes à l'élaboration de politiques et d'actions efficaces. » Ces mots sont ceux de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES 2020, paragraphe 1).

Dans un travail coordonné entre l'IPBES et le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les deux organisations de renommée mondiale ont déclaré que « la séparation fonctionnelle entre le changement climatique et la biodiversité crée le risque d'une identification, d'une compréhension et d'une gestion incomplètes des liens entre les deux, et, dans le pire des cas, peut conduire à des actions qui empêchent par inadvertance la résolution de l'un ou de l'autre, ou des deux problèmes. » (Pörtner *et al.* 2021 : 4).

En raison du changement climatique et de la perte de biodiversité, les terres deviennent moins favorables à l'agriculture. Cela a de graves conséquences sur la sécurité alimentaire. Lorsque les terres se dégradent et que la demande en nourriture augmente, la pression sur les terres augmente, ce qui exacerbe davantage le risque de dégradation des forêts et des terres.

Cet état de fait nous amène à un point où il semble logique – voire urgent – de rechercher des initiatives capables de répondre simultanément aux problèmes du changement climatique et de la diminution de la biodiversité. En ce qui concerne le climat, ces initiatives doivent aborder à la fois l'adaptation (c'est-à-dire la prise en compte du climat d'aujourd'hui ou de demain et à ses conséquences) et l'atténuation (c'est-à-dire la diminution des sources ou l'augmentation des puits de gaz à effet de serre, ou GES). En termes de biodiversité, les solutions doivent tenir compte du fait que la faune et la flore sauvages (y compris les insectes et les micro-organismes) disparaissent à un rythme sans précédent, et que l'agrobiodiversité (c'est-à-dire la partie de la biodiversité qui comprend les plantes et les animaux utiles et leurs parents sauvages) a été fortement influencée par les activités humaines et ne représente aujourd'hui qu'une partie infime de ce qu'elle était à l'origine de l'agriculture, il y a une dizaine de milliers d'années.

Le secteur de l'utilisation des terres (agriculture, foresterie et autres utilisations des terres) est étroitement lié au changement climatique et à la biodiversité. Le secteur est victime, cause et solution. Victime, car la dégradation des conditions climatiques (chaleur, sécheresse, événements extrêmes, etc.) influence fortement la productivité primaire des plantes et des animaux à la fois, qui doivent par conséquent s'adapter, qu'ils soient sauvages ou domestiqués. Cause, parce que le secteur émet 23 % du total des émissions anthropiques nettes (Shukla *et al.* 2019). L'agriculture figure parmi les principaux émetteurs (fertilisants artificiels, dégagement de carbone dû au labour, émissions des ruminants, etc.), au même titre que les changements d'affectation des terres dus à la déforestation. Solution, car le secteur peut atténuer le changement climatique en augmentant la capture du CO₂ via la photosynthèse, en augmentant la teneur en carbone du sol et de la biomasse, et en réduisant les émissions grâce à des pratiques écologiquement rationnelles.

Concernant la biodiversité, le secteur de l'utilisation des terres est également au cœur du débat. La variété des utilisations du sol sur la planète abrite d'innombrables espèces et – peut-être plus important encore – offre un éventail de niches et de paysages écologiques où ces espèces peuvent prospérer, se reproduire et se propager. Les paysages à la fois naturels et créés par l'homme ont fait de la Terre ce qu'elle est : une planète

où les conditions environnementales sont compatibles avec la vie humaine. La perte de biodiversité au cours des dernières décennies est sans précédent dans l'histoire de l'humanité et représente une diminution non seulement de la richesse environnementale actuelle, mais également de l'histoire évolutive du monde et de son potentiel d'évolution ultérieure (DeClerck et Martínez-Salinas 2011). Autrement dit, la biodiversité est à la fois une ressource et un processus dynamique qui permet aux écosystèmes de fonctionner.

Et la première activité humaine qui explique la perte de biodiversité est l'agriculture, pour quatre raisons principales : la conversion des écosystèmes naturels en fermes et ranchs ; l'intensification de la gestion des paysages culturels établis de longue date ; l'émission de polluants, notamment de GES ; et les impacts associés aux filières, y compris celles liées à l'énergie, aux transports et au gaspillage alimentaire (Dudley et Alexander 2017).

L'agroforesterie est l'une des initiatives les plus prometteuses pouvant simultanément traiter du changement climatique et de la biodiversité. La principale raison à ceci est que l'agroforesterie représente un système d'utilisation des terres basé sur des solutions dites fondées sur la nature – « un concept d'importance vitale et urgente » – qui « signifie plus que vous ne le pensez », selon un éditorial dans *Nature* en 2017 (Nature 2017). Pourquoi l'agroforesterie est-elle une solution basée sur la nature ? Parce qu'en combinant des plantes pérennes (arbres et arbustes) et des plantes annuelles, herbacées (cultures) et parfois des animaux, c'est une authentique imitation de la nature.

Prenons l'exemple des agroforêts tropicales : ces associations agroforestières denses, mixtes et multistrates, avec une diversité d'arbres plantés et de cultures, se trouvent souvent autour des habitations et des villages et couvrent parfois des paysages entiers ; par exemple, au Sri Lanka et en Indonésie. À première vue, elles ressemblent à des forêts naturelles, avec lesquelles on les confond parfois (voir photo, page précédente). Bien que les agroforêts soient denses, le grand nombre d'espèces associées fait que chaque plante apparaît en petit nombre. La biodiversité spontanée coexiste avec les espèces plantées, et de multiples interactions écologiques caractérisent ces agroforêts, qui ne nécessitent aucune gestion agricole intensive. Fruits, bois, fourrages, légumes, miel, œufs, etc. sont récoltés toute l'année. Face au changement climatique, ces forêts créées par l'homme se comportent comme des forêts naturelles, s'adaptant aux aléas saisonniers tout en captant le carbone.

Prenons l'exemple des cultures tolérantes à l'ombre cultivées sous couvert arboré, comme le café (voir photo, page en regard), le cacao, le maté et les variétés d'ananas rustiques. Ici, les arbres jouent le rôle de tampon climatique qu'ils jouaient



Culture du café sous des arbres d'ombrage, Usa, Tanzanie. Photo : E. Torquebiau

à l'origine dans l'environnement naturel où se trouvaient initialement les espèces sauvages apparentées à ces cultures. En fait, il n'y a pas beaucoup de différence entre les forêts denses d'Éthiopie, où le café sauvage a été domestiqué pour la première fois, et les plantations ombragées de Bolivie ou du Brésil ; entre les plants cacaoyers sauvages des sous-bois de la forêt amazonienne et les champs de cacao ombragés d'aujourd'hui en RDC ou au Ghana ; entre les forêts d'araucarias en Amérique du Sud et l'élevage de bétail ou la culture du maté sous ces mêmes arbres ; entre l'ananas sauvage d'Amazonie et les variétés cultivées aujourd'hui sous des arbres mexicains.

Prenons l'exemple des arbres dispersés dans les champs (voir photo, page suivante), une pratique agricole omniprésente en Afrique semi-aride et subhumide. Ici, le modèle est la savane africaine, soigneusement imitée par des millions d'agriculteurs africains qui pratiquent la régénération naturelle assistée par les agriculteurs (RNA). Parmi les cultures de sorgho, de niébé ou de mil, les agriculteurs protègent des centaines d'espèces d'arbres poussant naturellement et les entretiennent pour leurs multiples avantages. Cette étonnante performance en matière d'agrobiodiversité comprend de nombreux services fournis par les arbres, tels que l'amélioration du sol, le contrôle de l'érosion éolienne, la modération des variations de température et la fourniture d'abris pour les hommes et les animaux. Elle englobe également de nombreux produits arborés tels que la nourriture,

le fourrage, le bois, les fibres, les substances médicinales, les gommes, les huiles et les matériaux artisanaux.

Prenons l'exemple de l'agroforesterie villageoise telle qu'elle existe au Bangladesh (voir photo, page 24), en Éthiopie et en Inde, entre autres endroits. Autour des habitations, une variété d'arbres utiles offre un abri aux personnes et un environnement climatique favorable aux volailles, aux étangs piscicoles et aux petits ruminants. Une gamme d'arbustes de sous-étage et de cultures herbacées nutritives complètent le régime alimentaire obtenu à partir du riz ou d'autres céréales. La forte agrobiodiversité de ces zones est une source de denrées pouvant être récoltées tout au long de l'année. Les parcelles agroforestières familiales possèdent également un rôle social clé, car elles constituent un lieu pour la vie communautaire et les interactions au niveau du village.

La liste pourrait encore s'allonger. Comparés aux monocultures de l'agriculture et de la foresterie industrielles, la plupart des systèmes agroforestiers présentent une biodiversité plus élevée ou de meilleures réponses au défi du changement climatique, voire les deux. Plusieurs articles scientifiques récents confirment ceci. En 2019, Udawatta *et al.* ont publié une revue mondiale analysant 110 articles couvrant la période 1991-2019. Leurs résultats montrent que la diversité florale, faunique et microbienne du sol est significativement plus grande en agroforesterie qu'en monoculture sur les terres cultivées adjacentes. D'autres études ont montré la contribution de



Parc agroforestier au Sénégal. Photo : L. Leroux

l'agroforesterie à la biodiversité à l'échelle du paysage (Schroth *et al.* 2004). Dans des mosaïques paysagères hétérogènes, les arbres agroforestiers influencent les processus écologiques tels que les mouvements des animaux, la dispersion des plantes, le microclimat et les flux d'eau ou de nutriments du sol, ainsi que la dynamique des ravageurs et des espèces auxiliaires utiles.

En matière de changement climatique, plusieurs articles confirment le rôle positif que peut jouer l'agroforesterie. L'agroforesterie tropicale est un puits important de carbone atmosphérique, notamment en raison de la présence de la biomasse arborée, mais également de la réduction de l'érosion du sol, de l'amélioration de sa structure et de l'augmentation de sa teneur en matière organique (Gupta *et al.* 2017). L'agroforesterie a donc un fort potentiel pour devenir une stratégie importante d'atténuation du changement climatique pouvant étayer diverses politiques nationales et internationales. Dans une étude réalisée en Afrique, où 15 % des exploitations agricoles avaient une couverture arborée supérieure à 30 %, Mbow *et al.* (2014) montrent que l'agroforesterie peut simultanément atteindre les objectifs d'atténuation et d'adaptation. Une méta-analyse de la séquestration du carbone dans le sol en agroforesterie (De Stefano et Jacobson 2018) indique que le carbone du sol est plus élevé dans les champs agroforestiers que dans l'agriculture classique ou les pâturages (mais pas dans la foresterie). Un article de perspective récent dans la revue *Nature Climate Change* (Terasaki Hart *et al.* 2023) décrit l'agroforesterie comme la plus grande opportunité de solution agricole naturelle pour le

climat, comparable à d'autres solutions climatiques naturelles de premier plan telles que le reboisement et la réduction de la déforestation.

Il n'est donc pas surprenant de constater que d'importantes organisations internationales ont inclus l'agroforesterie comme une option à considérer pour relever les défis auxquels est confrontée l'agriculture industrielle d'aujourd'hui. Dans son *Summary for Policymakers* de 2019, un rapport spécial sur le changement climatique et les terres, le GIEC déclare : « Les solutions qui aident à s'adapter au changement climatique et à l'atténuer [...] comprennent entre autres : la collecte de l'eau et la micro-irrigation, la restauration des terres dégradées à l'aide de plantes écologiquement appropriées et résilientes à la sécheresse ; l'agroforesterie et autres pratiques d'adaptation agroécologiques ainsi que celles basées sur les écosystèmes (confiance élevée) » (Shukla *et al.* 2019 : 22). Dans la section sur la gestion durable des terres, le même rapport du GIEC déclare : « Les options suivantes présentent également des co-bénéfices dans le domaine de l'atténuation. Les systèmes agricoles tels que l'agroforesterie, les phases de pâturage pérenne et l'utilisation de céréales pérennes peuvent considérablement réduire l'érosion et le lessivage des nutriments tout en augmentant le carbone du sol (confiance élevée) » (Shukla *et al.* 2019 : 23). Le *Global Sustainable Development Report 2023* (UN DESA 2023), récemment publié, qui fait le point sur les progrès réalisés jusqu'à présent vers les objectifs de développement durable de 2030, a identifié une série de changements clés pour accélérer les progrès dans des

domaines tels que l'économie, l'alimentation et l'énergie. L'agroforesterie est mentionnée à deux reprises comme intervention recommandée, dans la catégorie des systèmes alimentaires et des modèles nutritionnels, et dans celle des biens communs environnementaux mondiaux.

Project Drawdown, un groupe de réflexion à but non lucratif réputé qui « propose des solutions et des stratégies climatiques efficaces et fondées sur la science », cite plusieurs options agroforestières parmi les solutions quantitativement significatives pour répondre au changement climatique : l'agroforesterie multistrate (arbres et cultures en strates), le sylvopastoralisme (intégration d'arbres, pâturages et fourrages dans un seul système) et les cultures intercalaires d'arbres (combinant arbres et cultures) ; voir Project Drawdown 2023. Les trois options sont décrites comme ayant des « co-bénéfices », c'est-à-dire qu'elles peuvent à la fois atténuer le changement climatique grâce à la séquestration du carbone et contribuer à l'amélioration de la biodiversité et de la résilience.

Il est intéressant de noter que les auteurs du rapport IPBES-GIEC (Pörtner *et al.* 2021) qui mettent en garde le monde contre les risques causés par les liens entre la perte de biodiversité et le changement climatique parviennent à des conclusions similaires. Ils écrivent dans la section sur les pratiques agricoles et forestières durables : « Des mesures telles que la diversification des espèces cultivées et forestières, l'agroforesterie et l'agroécologie améliorent la biodiversité et les contributions de la nature pour les populations dans les paysages axés sur la production de nourriture, de fourrage, de fibres ou d'énergie. Ces mesures peuvent également réduire les pertes de production alimentaire ou de bois causées par le climat en augmentant la capacité d'adaptation » (Pörtner *et al.* 2021 : 17).

Une synergie en réponse au changement de la biodiversité et du climat semble ainsi être un atout reconnu de l'agroforesterie.

Plusieurs études récentes soulignent néanmoins que des déficits de connaissances et des carences structurelles ou fonctionnelles subsistent. Par exemple, Quandt *et al.* (2023) notent que pour aider les agriculteurs à réduire le risque climatique et à comprendre les avantages de l'agroforesterie en matière d'adaptation à des aléas climatiques spécifiques, il est nécessaire de mettre en œuvre des recherches biophysiques et socioéconomiques intégrées couvrant différentes zones géographiques. Plusieurs études (par exemple Cardinael *et al.* 2018) soulignent le fait que le potentiel de l'agroforesterie dans l'atténuation du changement climatique dépend du type d'utilisation des terres qu'elle remplace. Par exemple, le bilan carbone est généralement négatif lors de la conversion des forêts en agroforesterie, mais il est positif lors de la conversion des terres cultivées en agroforesterie. Certains systèmes sont plus efficaces pour la séquestration du carbone dans la partie aérienne (par exemple, les jachères améliorées), tandis que d'autres fonctionnent mieux pour la séquestration du carbone dans le sol (par exemple, l'agroforesterie avec des animaux).

Et afin de réaliser tout le potentiel de l'agroforesterie pour l'atténuation du changement climatique, d'autres GES, tels que le méthane et l'oxyde nitreux, devraient également être considérés (Feliciano *et al.* 2018). Une méta-analyse portant sur les modèles de diversité des plantes d'ombrage en agroforesterie à travers l'Amérique centrale (Esquivel *et al.* 2023) révèle que cette diversité est fortement orientée vers les espèces forestières secondaires et les espèces d'arbres utiles aux agriculteurs, et que sa valeur de conservation est bien inférieure à celle des forêts naturelles.

Enfin et surtout, bien que l'agroforesterie existe sous de nombreuses formes, elle est souvent absente des documents politiques et n'est pas reconnue dans les statistiques, documents et plans nationaux pertinents (Mulyoutami *et al.* 2023 ; Buttoud *et al.* 2013).



Agroforesterie villageoise, Rajshahi, Bangladesh. Photo : E. Torquebiau

Références

- Buttoud G in collaboration with Ajayi O, Detlefsen G, Place F and Torquebiau E. 2013. *Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers*. Agroforestry Working Paper No. 1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/3/i3182e/i3182e.pdf>.
- Cardinael R, Umulisa V, Toudert A, Olivier A, Bockel L and Bernoux M. 2018. Revisiting IPCC Tier 1 coefficients for soil organic and biomass carbon storage in agroforestry systems. *Environmental Research Letters* 13:1–20.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/a9eb5f>.
- DeClerck FA and Martínez-Salinas A. 2011. Measuring biodiversity. In: Rapidel B, DeClerck F, Le Coq JF and Beer J. eds. *Ecosystem services from agriculture and agroforestry: Measurement and payment*. London: EarthScan, pp. 65–89. https://www.researchgate.net/publication/235436927_Ecosystem_services_from_agriculture_and_agroforestry_measurement_and_payment.
- De Stefano A and Jacobson MG. 2018. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: A meta-analysis. *Agroforestry Systems* 92:285–299. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9>.
- Dudley N and Alexander S. 2017. Agriculture and biodiversity: A review. *Biodiversity* 18(2–3):45–49.
<https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>.
- Esquivel MJ, Vilchez-Mendoza S, Harvey CA, Ospina MA, Somarriba E, Deheuvels O, Virginio Filho EM, Haggard J, Detlefsen G, Cerdan C, Casanoves F and Ordoñez JC. 2023. Patterns of shade plant diversity in four agroforestry systems across Central America: A meta-analysis. *Scientific Reports* 13(1):8538.
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-35578-7>.
- Feliciano D, Ledo A, Hillier J and Nayak DR. 2018. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 254:117–129. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.032>.
- Gupta RK, Kumar V, Sharma KR, Singh Buttar T, Singh G and Mir G. 2017. Carbon sequestration potential through agroforestry: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(8):211–220.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.029>.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2020. *IPBES-IPCC Co-Sponsored Workshop: Spotlighting the Interactions of the Science of Biodiversity and Climate Change*. Media Release. <https://www.ipbes.net/ipbes-ipcc-cosponsored-workshop-media-release>.
- Mbow C, Smith P, Skole D, Duguma L and Bustamante M. 2014. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:8–14.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.002>.
- Mulyoutami E, Tata HL, Silvianingsih YA and van Noordwijk M. 2023. Agroforests as the intersection of instrumental and relational values of nature: Gendered, culture-dependent perspectives? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 62:101293.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101293>.
- Nature 2017. “Nature-based solutions” is the latest green jargon that means more than you might think. *Nature* 541:133–134.
<https://doi.org/10.1038/541133b>.

Pörtner HO, Scholes RJ, Agard J, Archer E, Arneeth A, Bai X, Barnes D, Burrows M, Chan L, Cheung WL, Diamond S, Donatti C, Duarte C, Eisenhauer N, Foden W, Gasalla MA, Handa C, Hickler T, Hoegh-Guldberg O, Ichii K, Jacob U, Insarov G, Kiessling W, Leadley P, Leemans R, Levin L, Lim M, Maharaj S, Managi S, Marquet PA, McElwee P, Midgley G, Oberdorff T, Obura D, Osman E, Pandit R, Pascual U, Pires A P F, Popp A, Reyes-García V, Sankaran M, Settle J, Shin YJ, Sintayehu DW, Smith P, Steiner N, Strassburg B, Sukumar R, Trisos C, Val AL, Wu J, Aldrian E, Parmesan C, Pichs-Madruga R, Roberts DC, Rogers AD, Díaz S, Fischer M, Hashimoto S, Lavorel S, Wu N and Ngo HT. 2021. *IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change: Scientific Outcome*. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4659158>.

Project Drawdown. 2023. *Multistrata Agroforestry*.
<https://drawdown.org/solutions/multistrata-agroforestry>.

Quandt A, Neufeld H and Gorman K. 2023. Climate change adaptation through agroforestry: Opportunities and gaps. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 60:101244.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101244>.

Schroth G, da Fonseca GA, Harvey CA, Gascon C, Vasconcelos HL and Izac AMN. eds. 2004. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington, DC: Island Press.

Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Masson-Delmotte V, Pörtner HO, Roberts DC, Zhai P, Slade R, Connors S, van Diemen R, Ferrat M, Haughey E, Luz S, Neogi S, Pathak M, Petzold J, Portugal Pereira J, Vyas P, Huntley E, Kissick K, Belkacemi M and Malley J. eds. 2019. *Summary for Policymakers*. IPCC.
<https://doi.org/10.1017/9781009157988.001>.

Terasaki Hart DE, Yeo S, Almaraz M, Beillouin D, Cardinael R, Garcia E, Kay S, Lovell S, Rosenstock T, Sprenkle-Hyppolite S, Stolle F, Suber M, Thapa B, Wood S and Cook-Patton SC. 2023. Priority science can accelerate agroforestry as a natural climate solution. *Nature Climate Change* 13:1-12.
<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01810-5>.

Udawatta RP, Rankoth L and Jose S. 2019. Agroforestry and biodiversity. *Sustainability* 11(10):2879.
<https://doi.org/10.3390/su11102879>.

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2023. *Times of crisis, times of change: Science for accelerating transformations to sustainable development*. Global Sustainable Development Report 2023. New York: United Nations.
<https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-09/FINAL%20GSDR%202023-Digital%20-110923.1.pdf>.

Affiliation de l'auteur

Emmanuel Torquebiau, Scientifique émérite, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement/CIRAD (etorquebiau@outlook.com)