

Avec *Perspective*, le Cirad propose un espace d'expression pour de nouvelles pistes de réflexion et d'action, fondées sur des travaux de recherche et sur l'expertise.

Mieux nourrir la planète : diversifier les cultures pour construire des systèmes alimentaires durables

Éric Malézieux – Damien Beillouin – David Makowski

Aujourd'hui, d'importantes mutations de l'agriculture mondiale sont nécessaires pour produire suffisamment d'aliments sains pour tous, tout en préservant la qualité des terres, de l'air et de l'eau et en sauvegardant la biodiversité. Mais produire suffisamment et préserver en même temps l'environnement est une équation particulièrement complexe à résoudre. Les pratiques agroécologiques, dont un principe essentiel est l'usage de la biodiversité cultivée, constituent une voie prometteuse pour assurer ces mutations. De nombreuses preuves qualitatives et quantitatives montrent leur efficacité sur les plans agricole et environnemental et confirment leur capacité à répondre aux impératifs de production mondiale

sur le long terme. Parmi les voies possibles de diversification, l'agroforesterie, les cultures associées et la rotation des cultures permettent d'augmenter significativement la production et favorisent la biodiversité et les services écosystémiques fournis — qualité du sol, contrôle des maladies et ravageurs, qualité et usage de l'eau. Ces preuves permettent de fonder de nouvelles politiques publiques à mettre en œuvre des échelles locales à l'échelle mondiale. La réalisation de telles politiques est cruciale dans les régions vulnérables au changement climatique et dont les besoins alimentaires sont en augmentation, comme l'Afrique subsaharienne.

Un système alimentaire est un ensemble de modes d'organisation entre acteurs, de technologies et de pratiques qui caractérisent les modes de production, de transformation, de conditionnement, de stockage, de distribution et de consommation de biens alimentaires. Cette définition reflète la complexité des rapports qui relient la production agricole à l'alimentation.

Partout dans le monde, les systèmes alimentaires locaux ont longtemps été diversifiés mais, dans la plupart des pays, des formes de standardisation et de simplification sont apparues à la faveur de l'industrialisation de toute la chaîne de valeur. Les systèmes alimentaires contribuent aujourd'hui à la dégradation des écosystèmes (déforestation, extension des terres cultivées, pollutions dues aux intrants chimiques) ainsi qu'à l'épuisement des ressources naturelles, sans parvenir non plus à éradiquer la faim et la malnutrition dans le monde. Ils agissent aussi sur le climat par leurs émissions de gaz à effet de serre, estimées à plus du tiers des émissions issues des activités humaines. En retour, le changement climatique fragilise les systèmes alimentaires, avec un effet négatif plus marqué si les populations concernées, des producteurs aux consommateurs, sont déjà vulnérables économiquement. Cet engrenage est encore plus intense pour les régions tropicales, davantage affectées par le changement climatique et subissant une pression humaine accrue sur leurs écosystèmes, et donc

sur leur biodiversité. À ce titre, l'Afrique subsaharienne, où les besoins alimentaires augmentent en raison d'une forte croissance démographique, fait face à des défis majeurs.

Dans ce contexte, quelles formes d'agriculture privilégier pour concilier les objectifs de sécurité alimentaire avec un usage des terres respectant la biodiversité et limitant l'impact négatif sur le climat ?

L'agriculture dite conventionnelle — fondée sur la monoculture, la mécanisation et l'emploi massif d'énergie fossile et d'intrants chimiques — a réduit le nombre d'espèces et de variétés cultivées et a simplifié considérablement les paysages agricoles de la planète. Ce processus est aussi à l'œuvre en Afrique où il correspond également au référentiel dominant pour les décideurs.

Au contraire, les pratiques agroécologiques qui mettent en valeur la diversification des cultures augmentent la biodiversité et restaurent une mosaïque paysagère (voir encadré p. 2). Toutefois, ces pratiques sont sujettes à de vigoureux débats : sont-elles aptes à maintenir des niveaux de production similaires à ceux de l'agriculture conventionnelle, peuvent-elles être mieux valorisées et améliorer les revenus et, le cas échéant, quelles sont celles qui offrent le plus d'avantages en termes de respect de l'environnement et de production agricole sur le long terme ?

Les preuves de l'efficacité de la diversification des cultures

Un récent travail de synthèse a analysé plusieurs milliers d'études agronomiques réparties dans le monde et intégrant les cinq modes de diversification des cultures [voir tableau p. 3] : agroforesterie, plantes de service, rotation des cultures, cultures associées, mélange de variétés. Cette synthèse montre que la diversification des cultures a des effets bénéfiques sur la production agricole, sur la biodiversité associée (c'est-à-dire la biodiversité présente naturellement au sein d'un écosystème cultivé : insectes, micro-organismes du sol, etc.) et sur de nombreux services écosystémiques — qualité du sol, contrôle des maladies et des bioagresseurs, qualité et usage de l'eau, émission de gaz à effet de serre. Elle peut donc constituer une pierre angulaire des politiques agricoles pour une agriculture durable.

Voici quelques chiffres clés de cette synthèse : par rapport à l'intensification conventionnelle et à la monoculture, diversifier les cultures entraîne une hausse médiane de 14 % de la production agricole et de 24 % de la biodiversité associée. La qualité de l'eau est améliorée de 50 %, le contrôle des maladies et des ravageurs de plus de 60 % et la qualité des sols de plus de 10 %. Certes, les données manquent, notamment sur la stabilité des rendements et sur les émissions de gaz à effet de serre — ces dernières résultant de phénomènes complexes et dépendant des espèces cultivées, des sols et des pratiques agricoles. De même, les données sont beaucoup moins nombreuses pour les zones tropicales, en particulier l'Afrique subsaharienne, que pour les pays industrialisés. Malgré cela, les avantages de la diversification demeurent nets et répartis dans tous les écosystèmes.

L'agroforesterie offre le plus d'avantages, suivie par les cultures associées puis par les rotations de cultures. Ces pratiques rompent avec la monoculture, en introduisant durablement des combinaisons d'espèces et en modifiant dans l'espace et dans le temps la structure de la biodiversité cultivée. Ces modifications, très visibles dans le cas de l'agroforesterie, créent de nouvelles interactions biologiques dans les systèmes de culture, interactions qui sont à la base des services écosystémiques fournis.

La diversification des cultures : un outil pour la sécurité alimentaire

Diversifier les cultures à l'échelle de la parcelle a des effets directs positifs sur la production agricole et sur les services écosystémiques. Ces effets s'additionnent de manière synergique aux échelles locales (village, bassin versant, territoire...) où ils entraînent l'augmentation de la diversité cultivée, conduisant ainsi à une palette élargie de produits, d'aliments et de revenus disponibles pour les territoires concernés.

Lorsque le nombre d'espèces cultivées augmente, la diversité des produits alimentaires disponibles s'accroît aussi. Diversifier les cultures peut donc jouer positivement sur les différents attributs de la sécurité alimentaire à l'échelle des territoires, c'est-à-dire sur la stabilité de l'offre alimentaire, sur sa disponibilité et sur l'accès aux aliments. Cet effet est particulièrement bénéfique pour les populations vulnérables (à la fois les populations marginalisées dans les grandes villes et les populations rurales pauvres), que ce soit dans les pays industrialisés ou dans les pays à faible revenu.

Les différentes formes de diversification des cultures

La diversification des cultures, qui consiste à augmenter le nombre d'espèces végétales cultivées dans les parcelles agricoles, est un des principes clés de l'agroécologie. Elle peut recouvrir de multiples formes, qui associent les espèces cultivées selon différentes règles : l'agroforesterie, les plantes de service, la rotation des cultures, les cultures associées, le mélange de variétés.

L'agroforesterie correspond à l'association des arbres et des cultures dans les parcelles cultivées et dans les zones d'élevage. Elle comprend elle-même une grande diversité de pratiques selon les écosystèmes, les climats, le nombre et le type d'espèces cultivées. Des arbres sont plantés dans les champs ou dans les prairies, ils peuvent aussi entourer les cultures, et même former des systèmes forestiers à forte biodiversité, comme les agroforêts tropicales humides qui fournissent du cacao, du latex et de nombreux autres produits.

Les plantes de service, parfois appelées « plantes de couverture », sont cultivées en complément de la culture principale. Elles sont choisies pour un but bien précis, tel que limiter les pertes en nitrates, protéger le sol contre l'érosion, augmenter la matière organique du sol.

La rotation des cultures est la succession régulière de cultures différentes d'une année à l'autre dans un même champ selon un cycle prédéfini. Elle permet de tirer parti des caractéristiques différenciées des plantes qui se succèdent. La rotation de trois ans soja ou pois ou colza puis blé puis maïs est courante dans les régions tempérées. En Afrique sahélienne, le même principe s'applique avec la rotation niébé ou arachide puis sorgho ou mil suivi d'une jachère.

Les cultures associées sont formées de plusieurs espèces végétales cultivées en même temps dans une même parcelle. Les modes d'association sont nombreux. Par exemple, les cultures en relais consistent à semer une plante dans une culture déjà en place, comme du soja dans du blé. Les cultures en bandes consistent à alterner des bandes de différentes plantes cultivées. En zone tropicale, dans les potagers familiaux, les associations peuvent devenir complexes avec beaucoup d'espèces. Les cultures associées mettent en œuvre des processus écologiques spécifiques qui peuvent aboutir à un usage plus efficace des ressources et à une meilleure productivité de la parcelle.

Les mélanges variétaux consistent à cultiver plusieurs variétés de la même espèce en même temps dans une même parcelle pour bénéficier des propriétés de chaque variété et limiter les risques liés à des cultures monogénétiques (maladie, parasitisme, etc.).

Aujourd'hui, des innovations techniques et organisationnelles visant à développer la diversification des cultures émergent dans de nombreux systèmes alimentaires, appuyées ou non par des politiques incitatives. Des systèmes agricoles nouveaux favorisent une alimentation plus saine en introduisant des fruits et légumes tout en réduisant l'emploi des pesticides. L'essor croissant de l'agriculture urbaine, prenant souvent la forme d'une horticulture diversifiée, a des effets positifs sur la sécurité alimentaire et le bien-être des populations vulnérables qui la mettent en œuvre. Des exemples très différents dans des jardins urbains en Europe ou dans des zones rurales au Sahel (potagers et arboriculture fruitière) montrent des effets similaires positifs de la diversification sur la consommation alimentaire, qui est plus stable au cours de l'année et plus diversifiée, et donc susceptible de réduire les carences alimentaires. L'effet peut être direct, par les produits autoconsommés, ou indirect, par l'augmentation des revenus des producteurs, notamment lorsqu'ils participent à des filières plus rémunératrices (comme l'agriculture biologique dans les zones urbaines et périurbaines). La diversification des cultures peut apporter des solutions territorialisées, qui contribuent à un meilleur équilibre à l'échelle mondiale.

Impacts agricoles et environnementaux des modes de diversification des cultures

La synthèse de D. Beillouin *et al.* [2021, in *Global Change Biology*, <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>] a exploité les résultats de 95 méta-analyses intégrant 5 156 études agronomiques.

Ces études représentent 54 554 expérimentations de terrain réparties dans 85 pays de 1936 à nos jours. Elles concernent plus de 120 espèces végétales cultivées.

Effets des modes de diversification sur chacune des variables de production agricole, biodiversité, services écosystémiques.

Variables (production agricole, biodiversité, services écosystémiques)	Mode de diversification				
	Agroforesterie	Plantes de service	Rotation des cultures	Cultures associées	Mélanges variétaux
Caractéristiques de la production agricole					
Rendements des cultures	+	+	+	+	+
Stabilité des rendements	?	?	0	?	?
Efficience de l'utilisation des intrants	?	0	?	+	?
Qualité du produit	?	?	0	0	?
Rentabilité	+	?	-	?	?
Biodiversité					
Biodiversité associée	+	+	+	+	0
Services écosystémiques de régulation					
Qualité du sol	+	+	+	+	0
Contrôle des maladies et bioagresseurs	+	+	?	+	?
Qualité de l'eau	+	+	?	+	?
Utilisation de l'eau	+	0	0	?	?
Émissions de gaz à effet de serre	?	-	+	?	?

+ effet significatif positif sur la variable | - effet significatif négatif | 0 pas d'effet | ? manque de données

Implications pour la recherche et les politiques publiques

Malgré cet ensemble d'éléments positifs, il reste beaucoup à faire pour que la diversification des cultures soit adoptée et mise en œuvre à large échelle par les agriculteurs. Des blocages s'exercent encore dans les filières et les territoires, à différents niveaux.

En premier lieu, ils résultent des modes de fonctionnement des systèmes de conseil agricole et d'appui au développement, publics comme privés, en liaison avec les systèmes d'appui aux filières, qui privilégient des modèles conventionnels basés sur l'intensification chimique et la spécialisation dans leur secteur.

En deuxième lieu, les inflexions vers la transition agroécologique doivent aussi être accompagnées par de nouvelles stratégies de recherche scientifique. Des points restent à confirmer, par exemple sur la stabilité des rendements et sur la marge économique. De plus, s'il est nécessaire de mettre en place des dispositifs novateurs pour accompagner les nouvelles pratiques agroécologiques, il convient de privilégier une approche holistique des systèmes alimentaires pour permettre leur transformation en profondeur vers une meilleure santé des populations et des écosystèmes. De nouvelles approches pluridisciplinaires sont nécessaires, qui font travailler ensemble biologistes, agronomes, économistes, sociologues, spécialistes de l'alimentation. Seuls les démarches et les outils de recherche associant ces différents regards seront à même de proposer des solutions adaptées à chaque contexte,

en répondant avec équité à la multiplicité des acteurs des territoires concernés.

Enfin, des inflexions significatives doivent être prises au niveau des politiques publiques qui ont longtemps appuyé les modèles conventionnels.

En Europe, la nouvelle politique agricole commune 2023-2027 favorise les rotations des cultures mais fait peu apparaître les autres formes de diversification — ces orientations restent d'ailleurs fragiles comme le montre le plan d'action d'urgence sur la sécurité alimentaire adopté en mars 2022 par l'Union européenne face au conflit en Ukraine.

Au niveau mondial, des signes de changement apparaissent : par exemple, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Fao) a récemment adopté une position favorable à l'agroécologie, et le Groupe d'experts de haut niveau du Comité des Nations unies sur la sécurité alimentaire mondiale a exprimé la nécessité de mettre en œuvre les 13 principes agroécologiques qu'il a énoncé dans son rapport n° 14 (2019). Ces inflexions fortes ont été confirmées lors du Sommet des Nations unies sur les systèmes alimentaires en septembre 2021, au cours duquel une coalition pour l'agroécologie a vu le jour. Même si le sujet reste controversé, la coalition réunit un nombre croissant de pays, d'organismes et de membres de la société civile.

Tous ces éléments semblent indiquer que les conditions nécessaires à des réformes importantes des systèmes alimentaires pour une alimentation plus durable sont en train d'émerger. ■

Ce *Perspective* n° 58 est issu de travaux de recherche conduits par le Cirad et ses partenaires sur les thématiques de la diversification dans les systèmes alimentaires.

Il s'appuie aussi sur les résultats des deux projets suivants :

> le métaprogramme de recherche GloFoodS, conduit conjointement par l'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, France, <https://www.inrae.fr/>) et le Cirad, de 2014 à 2020 (<https://www.cirad.fr/espace-presse/communiqués-de-presse/2020/projets-de-recherche-securite-alimentaire-cirad-inrae>) ;

> le projet européen DiverIMPACTS (<https://www.diverimpacts.net/index.html> - Diversification through Rotation, Intercropping, Multiple Cropping, Promoted with Actors and value-Chains towards Sustainability, 2017-2022, convention Horizon 2020 n° 727482).

La synthèse scientifique évoquée dans ce *Perspective* et issue de ces deux projets est la suivante :

> Beillouin D., Ben-Ari T., Malézieux E., Seufert V., Makowski D., 2021. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology* 27 (19): 4697-4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>

Ce *Perspective* n° 58 s'appuie également sur les publications suivantes :

Alpha A., Bousquet F., Caron P., De Lattre-Gasquet M., Dury S., Hainzelin E., Klander E., Malézieux E., Moustier P., Pallet D., Vaast P., Zakhia-Rozis N., 2021. Le Cirad s'engage pour des systèmes alimentaires durables, résilients et inclusifs. Montpellier, Cirad, 5 p. <https://agritrop.cirad.fr/598775/>

Andriamampianina L., Temple L., de Bon H., Malézieux E., Makowski D., 2018. Évaluation pluri-critères de l'agriculture biologique en Afrique subsaharienne par élicitation probabiliste des connaissances d'experts. *Cahiers Agricultures* 27 (4) : 45002. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018030>

Beillouin D., Ben-Ari T., Makowski D., 2019. Evidence map of crop diversification strategies at the global scale. *Environmental Research Letters* 14 (12): 123001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4449>

Beillouin D., Ben-Ari T., Makowski D., 2019. A dataset of meta-analyses on crop diversification at the global scale. *Data in Brief* 24: 103898. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103898>

Bricas N., Malézieux E., 2021. Faut-il doubler la production alimentaire ? In : *Ecologie des systèmes alimentaires*. Bricas N., Conaré D., Walser M. (Eds.). Versailles, Editions Quæ, pp. 167-177. ISBN 978-2-7592-3352-6. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3353-3>

Lesur-Dumoulin C., Malézieux E., Ben-Ari T., Langlais C., Makowski D., 2017. Lower average yields but similar yield variability in organic versus conventional horticulture. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development* 37 (5): e45. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0455-5>

Malézieux E., Corbeels M., 2019. Limited food availability. In: *Food systems at risk. New trends and challenges*. Dury S., Bendjebbar P., Hainzelin E., Giordano T., Bricas N. (Eds.). Rome, CIRAD-FAO, p. 99-102. ISBN 978-2-87614-751-5. <https://doi.org/10.19182/agritrop/00103>

Malézieux E., Dabbadie L., 2019. Resource over-exploitation and running out. In: *Food systems at risk. New trends and challenges*. Dury S., Bendjebbar P., Hainzelin E., Giordano T., Bricas N. (Eds.). Rome, CIRAD-FAO, p. 55-58. ISBN 978-2-87614-751-5. <https://doi.org/10.19182/agritrop/00092>

Malézieux E., Rapidel B., Goebel F.-R., Tixier P., 2019. Des processus de régulation naturelle à l'innovation technique, quelles solutions agro-écologiques pour les agricultures du Sud ? In : *La transition agro-écologique des agricultures du Sud* (Côte F.-X., Poirier-Magona E., Perret S., Roudier P., Rapidel B., Thirion M.-C., eds.). Versailles, Éditions Quæ, p. 286-312. EAN 9782759228249. <https://agritrop.cirad.fr/591180/>

Temple L., Malézieux E., Gautier D., Aubry C., Pourias J., Asuero R. P., de Bon H., *(à paraître 2022)*. Agroecological innovations, food and nutrition security and food safety for small farmers: Africa-Europe perspectives. In: *Sustainable food systems as a pathway to food and nutritional security. Need for combination of local and global approaches* (Thomas A., Alpha A., Barczak A., Zakhia-Rozis N., eds.). Versailles, Éditions Quæ, pp. 99-112.

Quelques mots sur...

Éric Malézieux est agronome, chercheur au Cirad à l'unité de recherche HortSys (Fonctionnement agroécologique et performances des systèmes de culture horticoles, <https://ur-hortsyst.cirad.fr/>). Il s'intéresse au fonctionnement et à la conception des systèmes horticoles agroécologiques et des systèmes agroforestiers. Après avoir animé le champ de l'agronomie au Cirad au sein de la direction scientifique puis dirigé l'Ur HortSys durant 10 ans, il étudie aujourd'hui l'évolution des systèmes alimentaires dans le monde. eric.malezieux@cirad.fr

Damien Beillouin est agronome, chercheur au Cirad à l'Ur HortSys, spécialisé dans l'agronomie globale et l'analyse des données. Son travail vise à quantifier les impacts et bénéfices des modes de production agricole sur la biodiversité et le changement climatique. damien.beillouin@cirad.fr

David Makowski est directeur de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE, <https://www.inrae.fr/>) à l'Umr MIA-Paris-Saclay (Mathématiques et informatique appliquées, <https://www6.inrae.fr/mia-paris>). Spécialiste en analyse de données agricoles et environnementales, il s'intéresse à l'impact du climat sur la production agricole mondiale et à l'évaluation des performances des systèmes agroécologiques. David.Makowski@inrae.fr

Quelques liens

Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D., Monforti-Ferrario F., Tubiello F. N., Leip A., 2021. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food* 2: 198-209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>

Groupe d'experts de haut niveau du Comité de la sécurité alimentaire mondiale (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, HLPE), 2019. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems

that enhance food security and nutrition. HLPE, Rome. HLPE Report 14, 163 p. <https://www.fao.org/cfs/accueil-du-hlpe/rapports/report-14-elaboration-process/fr/>

Nations unies - Sommet sur les systèmes alimentaires, 2021.

<https://www.un.org/fr/food-systems-summit>

Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Fao), 2021. Plateforme des connaissances sur l'agroécologie.

<https://www.fao.org/agroecology/overview/fr/>

Parlement européen, 24 mars 2022. Textes adoptés. P9_TA(2022)0099 - Résolution du Parlement européen du 24 mars 2022 sur la nécessité d'un plan d'action urgent de l'Union européenne visant à assurer la sécurité alimentaire à l'intérieur et à l'extérieur de l'Union compte tenu de l'invasion de l'Ukraine par la Russie (2022/2593(RSP)). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2022-0099_FR.html

Parlement européen, 2021. Réforme de la politique agricole de l'UE : accord entre le Parlement et le Conseil. Communiqué de presse du 25 juin 2021. <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20210617IPR06468/reforme-de-la-pac-accord-entre-le-parlement-et-le-conseil>



42, rue Scheffer
75116 Paris • France
www.cirad.fr

Directrice de la publication :

Élisabeth Clavier de Saint Martin,
Présidente-directrice générale

Rédacteur.rice.s en chef : Patrick Caron,
Umr ART-Dev (Acteurs, ressources et territoires dans le développement)

Cécile Fovet-Rabot, délégation à l'information scientifique et technique

Étienne Hainzelin, direction générale

Mise en pages et illustrations : Laurence Laffont

Diffusion : Nolwenn Servant, délégation à l'information scientifique et technique

<https://revues.cirad.fr/index.php/perspective>

perspective ISSN-L 2275-9131 - Email : perspective@cirad.fr



<https://muse.edu.umontpellier.fr>

Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la licence Creative Commons CC-BY 4.0 : Attribution 4.0 International. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Pour citer ce document

Malézieux E., Beillouin D., Makowski D., 2022. Mieux nourrir la planète : diversifier les cultures pour construire des systèmes alimentaires durables. Montpellier, Cirad, *Perspective* 58. <https://doi.org/10.19182/perspective/36931>