

POSITION DU CIRAD

L'économie circulaire, levier pour des systèmes alimentaires plus durables





Sommaire

L'économie circulaire, levier pour des systèmes alimentaires plus durables	3
Pourquoi combiner économie circulaire et système alimentaire ?	3
Accroître l'efficacité des systèmes alimentaires	4
Circularité, mais de quoi exactement ?	4
Circularité... dans quel but ?	4
Promouvoir des formes de circularité au sein du système alimentaire	6
Valorisation des résidus de transformation alimentaire en bioénergies pour une sécurisation énergétique locale	6
Les déchets alimentaires de la ville comme ressource pour l'élevage en proximité géographique	6
Promouvoir la circularité du système alimentaire dans son ensemble	7
Vers des systèmes alimentaires insulaires dotés d'une production agricole locale plus autonome	7
Vers des systèmes alimentaires ville-région circulaires	8
Les ruptures systémiques des systèmes alimentaires : un champ à investir	9
Conclusion	10
Références	11

Ont contribué à la rédaction :
David Berre
Joël Blin
Tiago Teixeira Da Silva Siqueira
Tom Wassenaar
Mathieu Weil

Contact
Tom Wassenaar
tom.wassenaar@cirad.fr

Réalisation : Délégation à la communication du Cirad, mai 2025

Photo de couverture : Torréfacteur d'arachides, d'une capacité de 300 kg, alimenté par combustion de coques d'arachide. PME Kador Céréales, Sénégal
© BioStar

L'économie circulaire, levier pour des systèmes alimentaires plus durables

L'un des paradoxes des systèmes alimentaires repose sur le fait qu'ils sont à la fois victimes et contributeurs de l'épuisement des ressources naturelles, de la perte de biodiversité et du changement climatique ainsi que d'éventuels conflits politiques que ces pressions occasionnent. Le fonctionnement des systèmes alimentaires est menacé dans de nombreux territoires qui doivent continuellement s'adapter alors que leurs populations continuent de croître. Ces systèmes sont en même temps souvent pointés du doigt pour leur manque d'efficacité et de durabilité, en raison notamment de la mobilisation importante de ressources naturelles et énergétiques qu'ils requièrent, du niveau élevé de pertes sur l'ensemble de la chaîne (évalué autour de 30 %) et de leur contribution aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre (environ 30 % également)¹. Le développement de l'économie circulaire est de plus en plus présenté comme l'un des moyens susceptibles d'améliorer sensiblement l'efficacité et la durabilité des systèmes alimentaires.

Un système alimentaire est constitué de l'ensemble des éléments (environnement, individus, apports, processus, infrastructures, institutions, etc.) et des activités liés à la production, à la transformation, à la distribution, à la préparation et à la consommation des denrées alimentaires, ainsi que du résultat de ces activités, notamment sur les plans socio-économique et environnemental [HLPE, 2014]. Cela correspond à la notion de système agroalimentaire, plus communément employée par certains organismes, telle la FAO.

Le Cirad focalise ses recherches en matière d'économie circulaire sur les systèmes alimentaires des pays tropicaux et méditerranéens qui sont fortement menacés par les pressions, du fait de leur manque d'efficacité, leur manque de productivité ou par une combinaison de ces aspects.

Pourquoi combiner économie circulaire et système alimentaire ?

L'économie circulaire serait « un système économique qui remplace le concept de « fin de vie » par la réduction, la réutilisation alternative, le recyclage et la récupération des matériaux [NDLR : produits, coproduits, sous-produits du système alimentaire dans le cas présent] dans les processus de production/distribution et de consommation² » et elle a pour objectif de contribuer au développement durable en respectant l'écologie, et en créant de la prospérité économique et de l'équité sociale pour les générations futures³. La notion d'économie circulaire reste controversée, non seulement du fait de ses fondements théoriques flous et d'une mise en œuvre qui se heurte à des obstacles structurels, mais aussi du fait de son agenda, dominé par des orientations techniques et économiques⁴. Elle apparaît toutefois comme une nécessité pour faire face à la finitude des ressources naturelles, minières et fossiles.

Démarche et convictions du Cirad

- L'économie circulaire n'est pas une fin en soi, mais un moyen, principalement utilisé pour remédier à des situations et trajectoires matériellement peu durables. Il convient pour cela de dépasser le focus sur les initiatives privées et de favoriser des initiatives trans-sectorielles ;
- Le système alimentaire est par définition le système cible pour restaurer ou introduire une circularité qui contribue à rendre agriculture et alimentation plus durables. Cela oblige de s'interroger et d'explicitier la délimitation de ce système cible ;
- Le Cirad mène des recherches contextualisées sur l'économie circulaire dans les systèmes alimentaires afin d'identifier et de mettre en œuvre la bonne innovation, produisant le bon impact, au bon endroit ;
- Cela avec et pour les bonnes personnes : afin que ces changements soient durables, le Cirad accorde une grande importance à l'identification, la participation et la bonne représentation de l'ensemble des parties prenantes, y compris des catégories d'acteurs faiblement organisés comme le sont souvent les petits producteurs ;
- Les recherches du Cirad apportent la preuve de l'impact de l'économie circulaire sur la durabilité du système alimentaire et plaident pour que les conditions favorables à sa réalisation soient créées ;
- L'ampleur de cet impact permet ensuite de statuer, conjointement avec les acteurs concernés, sur le besoin d'envisager une transformation plus profonde et structurelle du système alimentaire ;
- Le Cirad promeut cette démarche et la met en œuvre, avec ses partenaires, dans différents contextes géographiques, afin de contribuer à relever les défis du développement durable, de la réduction de l'empreinte environnementale et climatique et de l'atteinte de la sécurité alimentaire et nutritionnelle au niveau mondial.

L'économie circulaire tient une place de plus en plus importante dans les politiques publiques⁵. Son potentiel pour réduire les impacts environnementaux et contribuer au développement économique séduit les acteurs des territoires⁶. Dans le domaine de l'agriculture et de l'alimentation, il s'agit principalement d'initiatives issues du terrain (individuelles ou privées) et généralement sectorielles qui exploitent des opportunités de gain ou des relations de proximité bénéfiques, bien plus que des initiatives qui cherchent à faire face à des défis structurels et systémiques.

Le Cirad aborde l'économie circulaire comme un moyen pour infléchir l'évolution d'une situation confrontée à de tels défis vers une trajectoire plus durable. Cette ambition l'amène à concevoir des initiatives dans le cadre du système alimentaire, car (1) ce cadre englobe l'ensemble des activités ayant potentiellement un rôle à jouer dans une inflexion « circulaire » de trajectoire et oblige à les considérer⁷ et (2) le système alimentaire n'est qu'un concept, mais l'invoquer

1. FAO, 2023. *SOFA*
2. Veyssière-Matino, S., 2023
3. Kircherr *et al.*, 2017
4. Corvellec *et al.*, 2021
5. P. ex. loi Garot, 2016
6. Ghisellini *et al.*, 2016
7. United Nations Food Systems Summit 2021

oblige à le définir, en fonction du défi en question. Et puisqu'il s'agit de défis où une certaine augmentation de circularité – toujours liée à des contraintes logistiques – est supposée constituer au moins un début de réponse, la localisation géographique, l'étendue spatiale et le périmètre d'activité du système alimentaire peuvent être définis et adaptés en fonction des potentialités et des besoins de circularité. Économie circulaire et système alimentaire sont donc deux notions complémentaires appelées à faire tandem.

Ce positionnement distingue le Cirad d'autres acteurs promouvant une circularité accrue au sein des systèmes alimentaires⁸. La circularité n'est pas une solution magique pour résoudre divers problèmes et défis à la fois : tout système alimentaire durable inclut la circularité, mais tout système alimentaire qui inclut de la circularité n'est pas nécessairement durable. Surtout, il faut mettre en œuvre la circularité là où c'est le plus urgent et judicieux. Ce positionnement induit des recherches contextualisées afin d'identifier et de mettre en œuvre ce que le WWF a récemment désigné comme « la bonne innovation » (*Right Innovation*, i.e. des changements systémiques coconçus et trans-sectoriels), produisant « le bon impact » (*Right Impact*, par rapport au défi en question, sans oublier les externalités), au « bon endroit » (*Right Place*, en termes de lieu, d'échelle et de périmètre de système)⁹, en faveur des bonnes personnes (*Right Persons*, en accord avec l'importance qu'accorde le Cirad, dans la recherche de changements durables, à l'identification, la participation et la bonne représentation de l'ensemble des parties prenantes, y compris les catégories d'acteurs faiblement organisés comme le sont souvent les petits producteurs).

La présente synthèse met en exergue la démarche de recherche que le Cirad met déjà en œuvre et qu'il compte poursuivre comme engagement pour explorer ou activer les divers leviers de circularité au service des défis spécifiques à la durabilité des systèmes alimentaires.

Accroître l'efficience des systèmes alimentaires

Il existe aujourd'hui un consensus scientifique sur le besoin d'une profonde transformation des systèmes alimentaires pour garantir leur viabilité à long terme, notamment pour sortir de la dépendance aux énergies fossiles et à la chimie de synthèse, améliorer la santé globale (humaine, végétale et animale) et assurer une plus grande équité dans le partage de la valeur ajoutée¹⁰. Les systèmes alimentaires sont dépendants d'autres systèmes qu'ils ne maîtrisent pas et qui sont de plus en plus instables, notamment le climat, le marché de l'énergie, la finance, le transport, les ressources minières.

Dans l'édition 2023 de *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*, la FAO examine le coût réel de l'alimentation, avec en ligne de mire l'instauration de systèmes agroalimentaires durables. Le rapport comptabilise les coûts réels des systèmes agroalimentaires, incluant les coûts environnementaux, sociaux et sanitaires. Ces coûts, souvent appelés « coûts cachés », représentent près de 10 000 milliards de dollars¹¹. Tout en appelant à des recherches et innovations qui contribuent à rendre les systèmes agroalimentaires plus durables, la FAO met actuellement en œuvre des évaluations ciblées et approfondies afin de hiérarchiser les solutions et guider les mesures de transformation.

L'optimisation de l'efficience du système alimentaire existant a vocation à être explorée avant toute transformation plus profonde de celui-ci, en activant les leviers qui peuvent produire un impact

sur la durabilité du système alimentaire à relativement court terme. C'est sur la base de ce gain que la recherche peut identifier si les parties prenantes jugent nécessaire de procéder à des transformations plus profondes dudit système.

Plutôt que d'énoncer les grands principes qui devraient régir un système alimentaire véritablement circulaire¹² et de rester dans une posture déconnectée de la réalité, le Cirad s'attache à identifier quels devraient être les premiers pas, les plus réalistes et urgents, vers davantage de circularité.

Circularité, mais de quoi exactement ?

Il est bien connu qu'une bonne partie de la production agricole primaire n'atteint pas l'assiette du consommateur. On observe d'une part de nombreuses pertes post-récolte, faute d'infrastructures de stockage, de transport ou de transformation. Par ailleurs, on constate des gaspillages considérables d'aliments produits et transformés (Re-)cycler ne signifie donc pas réutiliser, tel que cela se pratique pour des matières comme le verre, le plastique, le papier, etc. Toute matière ou partie de matière qualifiée d'aliment humain, une fois perdue – pour cet usage – ou consommée n'est pas requalifiable, par simple reconditionnement, en aliment humain. Une telle requalification peut être réalisée par des procédés de traitement poussés ; généralement désignée par *waste-to-nutrition*, elle fait l'objet de recherches technologiques¹³. Il s'agit là de voies de type bioraffinerie, peu applicables dans les pays tropicaux et méditerranéens, avec des bilans environnementaux incertains¹⁴.

L'ambition de circularité que porte le Cirad concerne l'exploitation d'autres valeurs – comme la valeur nutritionnelle du résidu tel quel (p. ex. en alimentation animale) –, parfois désignée par *upcycling*¹⁵. D'autres valeurs résident dans divers composants de ces résidus (fibres, molécules ou éléments) et peuvent intéresser des secteurs comme l'énergie, l'emballage, la cosmétique ou les produits fertilisants pour les sols.

Circularité... dans quel but ?

Les systèmes alimentaires circulaires appliquent des pratiques et des technologies qui minimisent l'utilisation de ressources non renouvelables, encouragent l'utilisation de ressources régénératives, empêchent les fuites de ressources naturelles hors du système alimentaire et stimulent le recyclage des pertes inévitables de ressources¹⁶...

Le développement d'activités circulaires se fait en réponse à un besoin local et s'envisage à un niveau approprié de définition du système alimentaire. En réduisant ou en évitant les pertes de valeur, les requalifications de résidus peuvent

8. KPMG, 2020

9. WWF, 2023

10. Cirad, 2022

11. FAO, 2023. <https://openknowledge.fao.org/items/d8b6b6d9-4fe3-4589-8b88-cac3f9ccdf0f>

12. De Boer et van Ittersum, 2018.

13. Javourez et al., 2021.

14. Javourez et al., 2022. Javourez et al., 2024

15. Van Hal et al., 2019

16. De Boer et van Ittersum, 2018 ; Van Zanten et al., 2019

donner lieu à l'introduction de nouvelles activités économiques. Cependant, au lieu de constituer un ensemble insécable de pratiques, il s'agit là de voies distinctes, à privilégier en fonction du poids relatif des enjeux locaux. Le Cirad identifie trois ambitions possibles pour accroître l'efficacité d'un système alimentaire donné, faisant chacune écho à un ensemble d'enjeux distincts : réduire les entrées du système ; limiter les pertes du système ; accroître la productivité du système (tableau ci-dessous).

Ces ambitions ne sont pas exclusives et sont même très souvent liées. Mais, dans chaque situation d'intervention, chaque ambition constitue, au moins initialement, la préoccupation la plus partagée par les bénéficiaires d'une solution circulaire ou par les acteurs participant à sa conception. Plus que les autres, l'ambition choisie oriente ainsi la nature de cette solution ainsi que la délimitation du système alimentaire permettant l'atteinte de la circularité envisagée. Le Cirad développe des initiatives d'économie circulaire dans une grande diversité de situations dans les pays tropicaux et méditerranéens où ces trois grandes ambitions occupent à tour de rôle le premier plan.

Le groupe scientifique du Sommet des Nations unies de 2020 reconnaît que toute définition d'un système alimentaire devrait répondre à deux critères essentiels : être adaptée à l'objectif visé et être suffisamment précise pour définir les priorités politiques et programmatiques et pour cadrer la collecte de données, la modélisation et l'analyse afin de contribuer à une action efficace.

C'est bien ce que respectent les travaux du Cirad en matière d'économie circulaire. Toutes nos initiatives dans ce domaine se préoccupent de l'insertion des changements techniques au

sein du système alimentaire. On peut en effet reconnaître un ensemble d'initiatives portant sur une intervention ciblée au sein d'un système alimentaire, considérant ensuite l'impact systémique du changement au-delà du ou des maillons ciblés. Un second ensemble d'initiatives englobe d'emblée l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur du système alimentaire, constituant tous de possibles cibles d'action. Ci-dessous sont détaillées quelques exemples de telles initiatives pour chacun de ces deux ensembles.

Promouvoir des formes de circularité au sein du système alimentaire

Le Cirad explore certaines formes de circularité depuis longtemps. Dans l'optique d'améliorer la sécurité alimentaire (voir le tableau ci-dessous), il continue de promouvoir l'intégration agriculture-élevage en zone sahélienne rurale, fortement contrainte par la faible fertilité des sols ainsi que le peu de ressources à disposition des producteurs, pour augmenter la productivité des systèmes agricoles par la valorisation du fumier et des résidus de culture. Les travaux de recherche s'élargissent à l'évaluation des compromis pour la réutilisation de ces matières organiques, selon le contexte du territoire en question, entre amendements du sol, élevage et autres utilisations notamment énergétiques. Bien que des travaux à l'échelle de la parcelle, de la ferme et du territoire y aient établi que les aires de pâture jouent un rôle capital dans la résilience des

Enjeux	Ambition	Situations et système
La résilience du système alimentaire, identifiée comme résultant pour partie de la dépendance à des ressources extérieures, par définition non maîtrisées, est perçue comme menacée. Cette menace peut concerner l'épuisement de ces ressources extérieures, leur renchérissement ou encore leur trop forte empreinte carbone.	Réduire les entrées du système	Il s'agit ici de situations où le système alimentaire à l'étude est de nature « locale » ou « territoriale », dans le sens où on s'intéresse aux chaînes de valeur partageant le même espace que la population qu'elles contribuent à nourrir. Dans des situations où cette préoccupation-là prévaut, les travaux du Cirad portent sur des systèmes de taille variable, mais dont la délimitation, préalablement posée, constitue la caractéristique cardinale. Il s'agit de travaux qui visent à mobiliser davantage de ressources « internes » au système afin de se substituer à celles venant de « l'extérieur ». Cette entrée questionne donc principalement l'utilisation de l'ensemble des ressources disponibles localement et la capacité à les mobiliser tout en étant compétitif face à d'autres systèmes et territoires.
Les pertes sous forme de résidus et déchets d'un ou plusieurs maillons de la chaîne de valeur sont identifiées comme problématiques en termes de frein au développement économique, ou d'impacts environnementaux et sanitaires, qu'il convient donc de lever ou réduire.	Réduire les pertes du système	Le Cirad est amené à s'investir dans des situations où sont identifiés des lieux et des acteurs subissant des problèmes induits par les pertes tels : • des externalités négatives, comme la dégradation de la qualité de ressources comme l'eau ou le sol, • des pertes de valeur (ou des coûts) que les activités en question souhaitent réduire, comme les déchets dotés d'un bon potentiel calorifique, • des freins au développement, pour celui qui produit les pertes ou un tiers, comme dans le cas de la gestion des effluents qui fait l'objet d'un cadre réglementaire strict. À partir de telles situations, le Cirad étudie des systèmes qui souvent dépassent ces seuls maillons et dont la définition évolutive des limites cherche à englober un ensemble suffisant d'activités pour s'assurer de l'identification de solutions systémiques et durables.
L'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle est considérée comme primordiale.	Accroître la productivité du système	Une voie historique, mais toujours d'actualité, pour atteindre la sécurité alimentaire et nutritionnelle par le renforcement de la production alimentaire locale consiste à augmenter la productivité de certains maillons de la chaîne de valeur. Cette voie s'inscrit dans des contextes où les populations rurales sont contraintes de rechercher une autosuffisance alimentaire, car ayant peu d'accès aux marchés lointains ainsi qu'aux intrants extérieurs. À cette voie historique s'ajoute une plus récente : celle des zones urbaines attirant d'importantes ressources alimentaires lointaines, tout en accumulant en leur sein, au travers de leurs flux de déchets, de coproduits et de résidus, d'importants gisements de nutriments permettant d'envisager une augmentation de l'approvisionnement local des villes. Le Cirad étudie ici des systèmes qui sont définis à partir de relations particulières à créer entre activités et « ressources », dont les répercussions permettent ensuite de tracer le système alimentaire.

systèmes de production agropastoraux¹⁷, l'articulation optimale entre ces niveaux de gestion continue d'être approfondie. Dans ce qui suit, le Cirad met en avant des travaux qui portent sur d'autres formes de circularité que l'intégration agriculture-élevage, dans des situations répondant à d'autres enjeux afin d'illustrer la diversité de ses initiatives circulaires.

Valorisation des résidus de transformation alimentaire en bioénergies pour une sécurisation énergétique locale

La plupart des pays d'Afrique de l'Ouest ne connaissent qu'une véritable saison des pluies par an, ce qui se traduit par une seule et unique récolte de produits agricoles. Il convient donc de les transformer/conditionner rapidement avant qu'ils ne se dégradent afin de pouvoir les conserver et les stocker et assurer l'alimentation jusqu'aux récoltes de l'année suivante. La FAO estime que 30 à 40 % des denrées alimentaires dans les régions d'Afrique du Nord et du Proche-Orient sont perdus ou gaspillés chaque année en raison de problèmes tout au long de la chaîne de valeur alimentaire, en particulier à cause du manque de facilités de stockage, de transport et de transformation. Transformer ces denrées alimentaires au plus près de leurs zones de production permet de réduire considérablement ces pertes post-récolte. Mais ces opérations de transformation agroalimentaire (séchage, fumage, pressage, torréfaction, décorticage, pasteurisation, etc.) nécessitent de l'énergie. Or, dans les territoires ruraux, l'accès à l'énergie est coûteux et peu fiable car en grande partie basé sur l'utilisation d'énergies fossiles importées, avec de récurrents soucis de logistique d'approvisionnement et de pannes. Ce problème d'accès à l'énergie limite tout particulièrement le développement des PME agroalimentaires et

les oblige à s'installer dans les zones périurbaines. Cette situation concourt à la concentration urbaine et à la dévitalisation d'un monde rural qui se spécialise dans l'agriculture.

Parallèlement, beaucoup de PME de transformation agroalimentaire génèrent des résidus organiques ou sous-produits (coques d'anacarde, boues de barattage de karité, noyaux de mangue, balles de riz, effluents liquides, etc.). En Afrique de l'Ouest, les équipes du Cirad codéveloppent, avec des partenaires techniques et scientifiques nationaux, des procédés innovants de bioénergies permettant de valoriser localement les résidus agroalimentaires pour alimenter en énergie les équipements de transformation agroalimentaire. Les PME agroalimentaires utilisent ainsi leurs propres résidus de transformation ou ceux d'autres unités du territoire dans lequel elles sont implantées pour produire l'énergie dont elles ont besoin. Des travaux sont menés sur les filières riz, karité, mangue, arachide et anacarde au Burkina Faso et au Sénégal¹⁸. L'enjeu est de développer des procédés de bioénergies de petite taille, adaptés aux spécificités des résidus agroalimentaires de ces filières, difficiles à valoriser et produisant des émanations de fumées importantes pouvant avoir un impact dangereux pour la santé des opérateurs. Les équipements de bioénergies fabriqués localement (p. ex. étuveuses d'arachide alimentées en chaleur par combustion de coques d'arachide, torréfacteurs de karité alimentés en chaleur par combustion de boues de barattage de karité) sont conçus et développés de manière concertée avec les utilisateurs (PME agroalimentaires), les équipementiers locaux et les interprofessions.

Bien qu'améliorer la sécurité alimentaire représente ici l'enjeu principal, ces travaux contribuent secondairement à un enjeu de résilience et de réduction d'impact environnemental et sanitaire (voir encadré p. 5), particulièrement en zone périurbaine. L'élimination de ces résidus représente également pour les PME de transformation un poste de dépense non négligeable afin de pouvoir les évacuer hors du site de production. Ainsi la transformation d'amandes de karité en beurre génère des boues qui produisent des gaz et des odeurs nauséabondes lors du stockage, engendrent des coûts d'épandage et provoquent un effet néfaste sur la microflore tellurique et sur la croissance des plantes. Or, ces mêmes boues, une fois décantées et séchées à l'aide de procédés développés par le Cirad et ses partenaires, sont un excellent combustible, présentant un potentiel énergétique (pouvoir calorifique) supérieur à celui du bois.

Formation d'utilisatrices PME UTAS-Prototype d'étuveuse à combustion de coques d'anacarde pour étuvage des noix
© BioStar - Th. Ferré



Le Cirad a démontré que, dans certaines filières (p. ex. anacarde, riz), les quantités de résidus détenues par les PME permettent de produire potentiellement bien plus d'énergie que leurs propres besoins. Il souhaite désormais étudier et définir les modalités de valorisation de ces résidus, pour d'autres PME du territoire, ayant des besoins en énergie. Cela suppose d'élaborer des scénarios de vente, de transport et de stockage de ces biomasses en définissant les rôles et responsabilités des différentes parties prenantes.

Le Cirad cherche enfin à faire en sorte que ces innovations se diffusent dans la sous-région par l'intermédiaire des organisations interprofessionnelles qui, convaincues de la pertinence de ces solutions qui répondent à de vrais besoins en énergie des PME agroalimentaires, en font la promotion auprès de leurs membres et réseaux. Cela comprend des actions de renforcement de capacités en concertation avec les institutions locales, les décideurs et les bailleurs pour promouvoir un environnement incitatif au développement des bioénergies.

17. Berre *et al.*, 2021 ; Assogba *et al.*, 2022

18. Projet BioStar : <https://www.biostar-afrique.org>

Les déchets alimentaires de la ville comme ressource pour l'élevage en proximité géographique

Certains déchets agroalimentaires, impropres à la consommation humaine, peuvent être utilisés en alimentation animale. Nourrir des animaux avec des déchets alimentaires n'est pas une activité nouvelle, mais cette solution de gestion des déchets urbains prend une dimension particulière à l'échelle des grandes villes, où l'urbanisation continue la met en péril, car la pratique est intimement liée à la proximité géographique entre l'élevage et la production des déchets alimentaires.

Le Cirad a par exemple étudié les mesures politiques, sociales et économiques qui permettent le maintien de l'élevage de porcs dans la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso¹⁹. Ces élevages dépendent fortement de la valorisation de la drêche de dolo (résidu de brasserie) mais aussi des coproduits de moulins urbains et des déchets alimentaires donnés spontanément par le voisinage. Ce travail montre que la pérennité de cette activité est liée à des accords entre les acteurs dans un espace géographique de voisinage.

Au-delà de la fragilité de ces accords, ces situations sont menacées par l'étalement urbain. C'est ce que le Cirad et ses partenaires ont observé à Hanoï, au Vietnam²⁰. D'un côté, Hanoï fait face à une augmentation des quantités de déchets alimentaires mis en décharge. De l'autre, les éleveurs-recycleurs ne sont plus capables de maintenir leur activité de recyclage au même niveau, du fait de la pression urbaine croissante et de la restructuration de la production alimentaire. Acteurs invisibles du métabolisme urbain, les éleveurs sont au plus près de la restauration collective pour pérenniser leurs activités, mais leurs capacités de développement restent faibles, faute de moyens financiers et de place dans une campagne proche. Le développement de la collecte des éleveurs est contraint par de nombreux facteurs physiques liés à la charge des déchets à transporter, la distance et la durée de transport entre le siège de l'exploitation et les fournisseurs de déchets, mais aussi à leurs propres capacités de traitement au niveau de leur exploitation. Les résultats montrent que, plus l'éleveur a un cheptel important, plus il collectera de déchets, plus le prix payé sera élevé, plus la distance parcourue sera grande. On se trouve ici face à la principale contrainte de l'éleveur : la relation espace-temps dans un contexte urbain en transition. Les éleveurs-collecteurs se disent majoritairement motivés par les économies réalisées par la récupération des déchets. Le coût énergétique de la collecte et le temps dédié sont les principaux facteurs physiques et économiques qui limitent le rayon d'action des éleveurs. Ils passent entre une et six heures par jour sur la route pour collecter ces effluents. Face à la pénibilité croissante de cette activité de collecte, certains éleveurs sont tentés par une professionnalisation de leurs systèmes d'élevage en se tournant vers l'aliment du commerce. Le maintien de l'activité circulaire au bénéfice de la ville paraît nécessiter une forme de régulation, voire une aide à la mutualisation du travail et à l'investissement privé.

Dans un contexte marqué par des ambitions politiques en matière de recyclage et d'économie circulaire, comme au Vietnam, le Cirad a vocation à s'appuyer sur des diagnostics locaux pour inciter les autorités correspondantes à : [1] explorer la mise en place d'instruments politiques visant à éviter la disparition de ces pratiques de circularité ; [2] explorer de manière plus systémique comment faire face au défi de la croissance d'une ville comme Hanoï, avec ce qui en découle, notamment la gestion d'énormes quantités de déchets en lien avec la zone agricole de proximité.

Promouvoir la circularité du système alimentaire dans son ensemble

Vers des systèmes alimentaires insulaires dotés d'une production agricole locale plus autonome

Les territoires insulaires, à densité et dynamique démographiques fortes, constituent de véritables puits à nutriments (au sens agro-nomique) car ils importent une grande part de leurs besoins alimentaires, face à des exportations très faibles, mais aussi la grande majorité des intrants des filières agricoles locales : engrais et aliments de bétail. Ainsi, à l'île de la Réunion, renforcer la circularité au sein du système alimentaire permettrait de réduire la dépendance à l'importation des intrants des filières, augmentant de ce fait la résilience insulaire et réduisant l'empreinte carbone de l'île. Cela tout en permettant de réduire le frein au développement lié à l'accumulation de déchets.

À l'île de la Réunion, seules quelques filières – mangue ou bovin allaitant – échappent à la dépendance vis-à-vis de l'importation. Après de nombreux travaux cherchant à fournir des engrais élaborés à partir de gisements de résidus locaux²¹, le Cirad a récemment tenté d'appréhender d'une façon plus englobante, au niveau de l'île, le potentiel pour réduire l'ensemble des dépendances agricoles (intrants, aliments de bétail) vis-à-vis de l'extérieur²².

Bagasse, paille de canne à sucre, déchets verts, effluents d'élevage, déchets alimentaires issus de la restauration ou des particuliers, etc. : l'ensemble des « biomasses » valorisées ou valorisables en agriculture présentes sur l'île et importées a été inventorié et caractérisé, ainsi que les pratiques de leurs gestionnaires. Les flux de ces matières, entre secteurs d'activité mais également entre acteurs au sein de ces secteurs, y ont été quantifiés et pour partie cartographiés.

Ce diagnostic a permis de pointer une valorisation existante parfois sous-optimale et de mobiliser les parties prenantes pour la coconstruction de scénarios prospectifs à l'échelle de l'île tels que : la mise en place d'une « banque fourragère » pour les filières de ruminants ; le compostage conjoint de déchets verts et de lisier de porc au niveau des élevages porcins ; la fourniture de broyat de déchets verts à destination des litières pour animaux d'élevage ; la valorisation des biodéchets *via* l'implantation de méthaniseurs produisant un engrais organique local. De telles initiatives ont des liens fonctionnels entre elles. Leur simulation dynamique conjointe, par voie numérique, a permis d'apprécier la nature, l'intensité et l'hétérogénéité spatiale de ces interactions et, surtout, d'apprécier le gain net en matière de réduction de la dépendance aux importations. Il en ressort qu'en fonction des modalités de mise en œuvre, l'émergence conjointe d'initiatives peut donner lieu à une compétition pour certaines ressources ou inversement à une synergie en matière de bénéfice net sur le plan environnemental et de l'autonomie.

19. Robineau et Soulard, 2017

20. Cesaro *et al.*, 2019

21. <https://impress-impact-recherche.cirad.fr/fr/activites/impress-ex-post/etudes-de-cas/recyclage-dechets-organiques>

22. <https://www.cirad.fr/espace-presse/communiques-de-presse/2020/economie-circulaire-la-reunion-projet-gabir>

La mise en œuvre de leviers techniques et organisationnels pour promouvoir la circularité dans les systèmes alimentaires insulaires se heurte souvent à des obstacles de diverses natures. Une partie de ces obstacles relève de la qualité de l'estimation des risques et des bénéfices liés à l'impact de ces leviers. Le Cirad continue d'explorer diverses orientations : améliorer ses capacités de simulation dynamique et spatialisée ; améliorer l'évaluation multicritère des effets – en réduisant et explicitant les incertitudes tant des effets agronomiques qu'environnementaux et en étoffant la considération des impacts sur le plan socioéconomique.

D'autres obstacles constatés relèvent du portage local de la mise en œuvre des solutions coconstruites. Dans ces situations de (ré)organisation locale, le Cirad estime nécessaire d'accompagner dans la durée l'émergence de communautés de pratiques incluant l'échelon politique local. En faisant cela, le Cirad cherche à explorer les effets de la mise en place d'instruments de politique publique qui peuvent s'avérer nécessaires pour rendre les solutions souhaitées viables. De telles avancées permettraient aux parties prenantes d'identifier la solution la plus adaptée et de créer les conditions pour sa mise en œuvre ainsi que pour son adoption.

Bien que soutenues publiquement pour suivre la croissance démographique, les filières réunionnaises d'élevage de monogastriques voient leur développement menacé par la gestion sectorielle et cloisonnée des déchets ultimes, l'épandage réglementaire de leurs effluents étant concurrencé par les boues de station d'épuration. En effet, la faible portion des terres éligibles et atteignables où l'épandage de ces boues est praticable fait que seule une petite partie de ces déchets peut être éliminée par cette voie. Face au double enjeu de résilience et de développement économique de ces filières, et à la demande des acteurs locaux, il y a dix ans, le Cirad a mis en œuvre une approche territoriale²³ afin d'identifier des solutions de gestion intégrée – et circulaire – des déchets organiques. Pour des contraintes logistiques (transport coûteux des déchets à transformer, terrain au relief très marqué), ces travaux ont été menés non pas sur l'ensemble de l'île mais sur un territoire d'étendue plus limitée.

Épandage au champ de rafles coproduites lors de l'extraction de l'huile de palme. Fertilisation organique à partir du recyclage des effluents. A. Rival © Cirad



Ce processus de concertation a permis d'identifier quelques circuits de valorisation – sortant certains gisements de résidus de fait de leur statut réglementaire de « déchets » – qui pourraient être mis en place à court terme et qui débloquent pour partie le développement de la filière porcine. Un cocompost élaboré à partir de déchets verts, de lisier et de vinasse de distillerie serait d'un grand intérêt pour la filière maraîchère, pourvoyeuse d'aliments frais et riches en nutriments. Mais il en est ressorti aussi que, pour que la circularité dépasse ce débouché-là, il faudrait envisager l'élaboration sur place d'engrais, c'est-à-dire de matières concentrées en nutriments utilisables en agriculture. Cela signifie une technicité plus poussée des installations, des investissements considérables, l'extension du périmètre de chalandage à l'ensemble de l'île et un portage organisationnel interfilières. Même si ces conditions n'ont pas encore pu être satisfaites, elles mobilisent pleinement les pouvoirs publics locaux.

Vers des systèmes alimentaires ville-région circulaires

Le Cirad et ses partenaires ont récemment posé des diagnostics systémiques sur certaines grandes villes du Sud, conceptualisées comme des systèmes alimentaires ville-région. Face à des enjeux de résilience et de sécurité alimentaire, la FAO promeut par ce concept le renforcement – ou la restauration – de liens rural-urbain²⁴. Le problème que posent les grandes villes, du fait de leur caractère de « puits » à aliments et nutriments, constitue potentiellement aussi une opportunité, en particulier dans des régions d'Afrique subsaharienne où les zones agricoles à proximité des villes accèdent de façon insuffisante aux engrais. Promouvoir des approches du type système alimentaire ville-région permettrait *in fine* de faire contribuer l'arrière-pays plus fortement et durablement à la sécurité alimentaire de la ville. De telles approches considèrent que ces zones urbaines et rurales sont liées par de nombreux autres secteurs et domaines (*p. ex.* développement économique, gestion de l'eau et des déchets, énergie, transport, santé, urbanisation, aménagement territorial)²⁵.

Avec ses partenaires locaux et l'IRD, le Cirad a ainsi pu démontrer que le système alimentaire de la ville de Maradi – la deuxième ville du Niger – et sa région fonctionne encore de façon relativement autonome²⁶. Le recyclage agricole de divers déchets organiques y contribue, même si un recyclage judicieux des déchets pourrait renforcer cette autonomie. Reste à savoir si cela sera suffisant face à la croissance démographique de Maradi qui se situe, avec vingt ans d'écart, sur la trajectoire de la ville de Ouagadougou. Dans le cas de cette dernière, ces travaux indiquent que la productivité actuelle de l'agriculture dans l'arrière-pays limite sa contribution à nourrir la ville : sa production reste en premier lieu dédiée à la subsistance de la population rurale elle-même. Mais, selon nos estimations, diverses voies de recyclage paraissent adaptées aux conditions locales. Le compostage de la fraction organique des déchets solides permettrait par exemple d'intensifier la production dans les nombreux bas-fonds aménagés qui entourent la ville.

23. <https://www.cirad.fr/nos-activites-notre-impact/thematiques-de-recherche/approches-territoriales/enjeux-et-problematiques>

24. Les systèmes alimentaires ville-région sont définis par la FAO comme « tous les acteurs, procédés et relations impliqués dans la production, la transformation, la distribution et la consommation de produits alimentaires dans une région donnée ». Voir aussi : <https://www.fao.org/in-action/food-for-cities-programme/overview/crfs/en/>

25. Blay-Palmer *et al.*, 2018

26. Wassenaar *et al.*, 2023

La valorisation agricole d'une part de l'urine urbaine, riche en azote et en phosphore et peu contaminée, semble une autre option techniquement pertinente et qui n'est plus taboue dans cette région du monde, y compris dans les pays à confession musulmane. Les aliments consommés par les habitants de la ville de Ouagadougou, provenant de l'ensemble du Burkina Faso, représentent désormais le tiers de l'azote contenu dans l'ensemble des importations d'engrais du pays²⁷. Du fait de l'absence d'un système d'assainissement collectif et de l'impact négatif avéré sur la qualité de la ressource en eau, le Cirad intègre désormais dans ses recherches, de façon systémique, le devenir des nutriments, depuis les champs jusqu'aux rejets dans les sous-sols.

À noter qu'au-delà de tels travaux qui s'inscrivent explicitement dans la conception de systèmes alimentaires ville-région, le Cirad met en œuvre de nombreux autres travaux promouvant la transition agroécologique dans des systèmes de culture, comme le maraîchage périurbain, contribuant *de facto* à rendre de tels systèmes alimentaires plus circulaires. En Côte d'Ivoire, il teste ainsi des innovations qui visent la prévention des pertes post-récolte, soit en maintenant la qualité initiale des produits frais, évitant ces pertes, soit en identifiant de nouvelles voies de valorisation des matières premières perdues pour la consommation humaine²⁸.

En définissant des systèmes alimentaires ville-région à partir d'une population cible, urbaine en l'occurrence, le Cirad étudie des systèmes explicitement conçus comme ouverts et agit dessus. Il est urgent de dépasser les diagnostics et estimations en menant des travaux prospectifs et participatifs approfondis de ces systèmes, aboutissant à l'adoption de mesures pour enrayer la croissance du déséquilibre.

Cela oblige à considérer les répercussions possibles des changements systémiques envisagés en dehors de ces systèmes. Leurs extensions géographiques respectives peuvent également amener les initiatives en faveur d'une intégration ville-région et d'une intégration agriculture-élevage à se rencontrer, auquel cas toute contribution à la stabilisation de la population rurale serait à prioriser.

Élevage familial de porcs au Vietnam. V. Porphyre © Cirad



Les ruptures systémiques des systèmes alimentaires : un champ à investir

L'économie circulaire cherche à réaliser des gains d'efficacité au sein de et entre des systèmes existants. Cela permet notamment de statuer ensuite sur la nécessité de transformations plus structurelles desdits systèmes. En disant cela, le Cirad reconnaît ce qui constitue actuellement une limite structurelle du concept d'économie circulaire, discutée comme telle au sein de la communauté de ce domaine²⁹ : l'objectif n'est pas de modifier la consommation mais d'utiliser des « modèles économiques plus intelligents », dans lesquels les matériaux et matières recyclables sont utilisés efficacement. Les critiques observent que l'impact des efforts en faveur de l'économie circulaire est entravé par le fait que les politiques de gestion des déchets ignorent presque entièrement la consommation. Ces politiques ignoreraient donc les mécanismes par lesquels les déchets sont générés.

En envisageant d'apporter des changements à l'ensemble de notre mode de vie, il est clair que les politiques pourraient exercer une grande influence, sur les choix alimentaires par exemple. Des recherches portant sur les changements qui créent les conditions pour une transformation systémique sont encore peu avancées, elles viendraient utilement compléter la tendance actuelle d'identification des ruptures systémiques requises pour rendre certains systèmes alimentaires véritablement circulaires³⁰.

L'expérience du Cirad dans ce domaine d'économie circulaire montre que cette distinction entre, d'une part, des gains d'efficacité au sein de systèmes existants et, d'autre part, la transformation de ces systèmes, n'est pas une évidence. Ses travaux se concentrent jusqu'alors sur des changements consensuels et en principe envisageables à court terme au sein du cadre sociopolitique et économique actuel. Or, dans le cas de l'île de la Réunion décrit ci-dessus, la solution coconstruite n'était pas viable dans le cadre économique donné. Diverses mesures de soutien financier ont ainsi été mises en place afin de rendre la nouvelle filière de production locale d'engrais compétitive. La réelle mise en place des changements, même considérés comme consensuels par les représentants des porteurs d'enjeux ayant contribué à leur élaboration, est souvent confrontée au défi de l'adoption large de cette innovation par les communautés visées. On constate que les changements qui visent uniquement à accroître l'efficacité matérielle d'un système alimentaire donné, sans aller jusqu'à sa transformation, amènent à identifier des recherches complémentaires nécessaires sur le cadre qui régit le fonctionnement de ce système. Il est essentiel de renforcer le caractère interdisciplinaire et intégrateur de ces recherches complémentaires, en consolidant l'apport conjoint des sciences humaines et sociales et des sciences biotechniques, afin d'assurer la circularité des systèmes alimentaires.

27. Wassenaar *et al.*, 2023

28. <https://www.projet-marigo.org/>

29. Brizga et El Khadraoui, 2022

30. Van Zanten *et al.*, 2023

Conclusion

Renforcer la circularité matérielle d'un système alimentaire n'est pas une fin en soi, mais une telle ambition constitue parfois un moyen important, parmi d'autres, pour accroître l'efficacité du système alimentaire et ainsi le rendre plus durable et résilient. Le Cirad promeut la circularité seulement là où il l'identifie comme un moyen pour : (1) renforcer la contribution de la production locale à l'autonomie alimentaire, (2) réduire la dépendance à des ressources extérieures, sujettes à épuisement ou renchérissement ou ayant de fortes empreintes environnementales, (3) débloquer le développement de filières au sein de territoires soumis à de fortes tensions et dynamiques économiques et démographiques, ou prévoyant de le devenir.

Si certaines des recherches présentées ici portent sur des filières agricoles ou des filières de valorisation (p. ex. énergétique), la plupart des démarches relèvent d'approches territoriales, comme en témoignent les études menées dans des contextes insulaires ou sur des systèmes ville-région. Plus particulièrement, dans le cadre de ces approches territoriales, on constate un besoin de compléments de recherche, que ce soit pour garantir la mise en œuvre et l'adoption effectives des changements conçus ou pour envisager des degrés de circularité ne pouvant être atteints

que par des ruptures systémiques, au-delà des gains d'efficacité.

La grande diversité des défis planétaires actuels, tels que le changement climatique, l'épuisement des ressources naturelles et la sécurité alimentaire et nutritionnelle mondiale, amène le Cirad à étudier des leviers variés pour la mise en œuvre effective et raisonnée de la circularité, dans un contexte donné, en tant que moyen pour répondre à ces défis. Au croisement de nombreuses disciplines biotechniques, humaines et sociales, le Cirad continue de créer des méthodes et outils pour concevoir, tester et évaluer les réponses qui apportent une vraie valeur ajoutée et discriminer ce qui est potentiellement atteignable ou non en matière de circularité.

Deux axes majeurs figurent parmi les recherches que le Cirad envisage de mener dans les prochaines années dans le domaine de l'économie circulaire : (1) intégrer l'économie politique pour explorer les marges de manœuvre dans les règles qui régissent le système alimentaire en question, (2) consolider les méthodes participatives avec les parties prenantes impliquées et créer les conditions favorables à la pérennité de communautés de pratiques pour garantir *in fine* l'adoption des innovations et changements réalisés. ■

Vente directe de choux, Burkina Faso. P. Dugué © Cirad



Références

- Assogba, G.G.C., Adam, M., Berre, D., Descheemaeker, K., 2022. Managing biomass in semi-arid Burkina Faso: Strategies and levers for better crop and livestock production in contrasted farm systems. *Agricultural Systems* 201, 103458. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103458>
- Berre, D., Tidiane, D., Nadine, A., Le Page, C., Corbeels, M., 2021. Biomass flows in an agro-pastoral village in West-Africa: Who benefits from crop residue mulching? *Agricultural Systems* 187, 102981. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102981>
- Blay-Palmer, A., Santini, G., Dubbeling, M., Renting, H., Taguchi, M., Giordano, T., 2018. Validating the City Region Food System approach: Enacting inclusive, transformational City Region Food Systems. *Sustainability* 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051680>
- Brizga, J., El Khadraoui, S., 2022. The Circular Economy and Green Jobs in the EU and Beyond. Foundation for European Progressive Studies. <https://feps-europe.eu/publication/852-the-circular-economy-and-green-jobs-in-the-eu-and-beyond/>
- Cesaro, J.-D., Cantard, T., Nguyen Leroy, M.-L., Peyre, M.-I., Huyen Le Thi, T., Duteurtre, G., 2019. Les élevages-recycleurs de déchets alimentaires à Hanoï : un service informel en transition. *Flux* 116-117, p74-94. <https://doi.org/10.3917/flux1.116.0074>
- Cirad, 2022. Pour une sécurité alimentaire durable face aux crises. Horizon Science. https://www.cirad.fr/view_pdf/6782
- Corvellec *et al.*, 2021. *Journal of Industrial Ecology*. DOI: 10.1111/jiec.13187
- De Boer et Van Ittersum, 2018. Circularity in agricultural production. https://www.wur.nl/upload_mm/7/5/5/14119893-7258-45e6-b4d0-e514a8b6316a_Circularity-in-agricultural-production-20122018.pdf
- De Boer et Van Ittersum, 2018 ; Van Zanten *et al.*, 2019 : cités dans Bonilla Cedrez *et al.*, 2023. https://www.wur.nl/upload_mm/7/5/5/14119893-7258-45e6-b4d0-e514a8b6316a_Circularity-in-agricultural-production-20122018.pdf
- FAO 2023. La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>
- Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., 2016. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, p11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Javourez *et al.*, 2021. Waste-to-nutrition: a review of current and emerging conversion pathways. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107857>
- Javourez *et al.*, 2022. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00621-9>
- Javourez *et al.*, 2024. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3843173/v1>
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* 127, p 221-232.
- KPMG 2020. Fighting food waste, using the Circular Economy. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/au/pdf/2019/fighting-food-waste-using-the-circular-economy-report.pdf>
Voir aussi EIT Food : <https://www.eitfood.eu/six-focus-areas/circular-food-systems>
- Leipold, S., Weldner, K., Hohl, M., 2021. Do we need a 'circular society'? Competing narratives of the circular economy in the French food sector. *Ecological Economics* 187, 107086. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107086>
- Loi Garot, 2016 ; Plan d'action pour l'économie circulaire dans le cadre de l'European Green Deal, 2020.
- Projet BioStar : <https://www.biostar-afrique.org>
- Robineau et Soulard, 2017. Comprendre la complexité des liens ville-agriculture : intérêt d'une approche par le système agri-urbain. Le cas de Bobo-Dioulasso, Afrique de l'Ouest. *Natures Sciences Sociétés*, 25(1), dossier L'agriculture dans le système alimentaire urbain : continuités et innovations, 36-47. <https://doi.org/10.1051/nss/2017013>
- United Nations Food Systems Summit 2021: "The food system includes the related resources, the inputs, production, transport, processing and manufacturing industries, retailing, and consumption of food as well as its impacts on environment, health, and society." https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2020/12/food_systems_paper-draft_oct-25.pdf
- Van Hal *et al.*, 2019. Upcycling food leftovers and grass resources through livestock: Impact of livestock system and productivity. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.329>
- Van Zanten, H.H.E., Simon, W., Van Selm, B., Wacker, J., Maindl, T.I., Frehner, A., Hijbeek, R., van Ittersum, M.K., Herrero, M., 2023. Circularity in Europe strengthens the sustainability of the global food system. *Nature Food* 4, p320-330. <https://www.nature.com/articles/s43016-023-00734-9>
- Van Zanten, H.H.E., Van Ittersum, M.K., de Boer, I.J.M., 2019. The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security* 21, p18-22. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003>; cités dans Bonilla-Cedrez, C., Steward, P., Rosenstock, T.S., Thornton, P., Arango, J., Kropff, M., Ramirez-Villegas, J., 2023. Priority areas for investment in more sustainable and climate-resilient livestock systems. *Nature Sustainability* 6, p1279-1286. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01161-1>
- Veyssière-Matino, 2023. L'économie circulaire, levier de développement territorial ? Une analyse de 16 projets dans le cadre de la stratégie REV3 de la Région Hauts-de-France. *Économies et finances*, Université du Littoral Côte d'Opale. <https://theses.hal.science/tel-04477154v1>
- Wassenaar, T., Bodo, B. S., Hilou, A., & Rochelle-Newall, E. [2023]. The nitrogen metabolism of growing subsaharan cities and their prospect for shifting from regional sinks to sustainable city region food systems. *Regional Environmental Change* 23(71), p1-14. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02070-x>
- WWF, 2023. Solving the Great Food Puzzle: Right Innovation, Right Impact, Right Place. Loring, Loken, Meyer, Polack, Paolini *et al.*, WWF, Gland, Switzerland. <https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/solving-the-great-food-puzzle-right-innovation--right-impact--right-place.pdf>



Le Cirad est l'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

Avec ses partenaires, il coconstruit des connaissances et des solutions pour des agricultures résilientes dans un monde plus durable et solidaire. Il mobilise la science, l'innovation et la formation afin d'atteindre les objectifs de développement durable. Il met son expertise au service de tous, des producteurs aux politiques publiques, pour favoriser la protection de la biodiversité, les transitions agroécologiques, la durabilité des systèmes alimentaires, la santé (des plantes, des animaux et des écosystèmes), le développement durable des territoires ruraux et leur résilience face au changement climatique. Présent sur tous les continents dans une cinquantaine de pays, le Cirad s'appuie sur les compétences de ses 1 750 salariées et salariés, dont 1 200 scientifiques, ainsi que sur un réseau mondial de 200 partenaires. Il apporte son soutien à la diplomatie scientifique de la France.

Le Cirad est un établissement public à caractère industriel et commercial (Épic), sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères.



42, rue Scheffer
75116 Paris
France

cirad.fr

