



JESUITES

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

PROMOTIO IUSTITIAE, N. 4, 2024

## **S'attaquer à la faim cachée avec les cultures potagères hors sol**

### **Introduction générale**

L'agriculture urbaine (AU) est définie comme la culture, la transformation et la distribution de la nourriture dans et autour des zones urbaines (FAO, FIDA, UNICEF, PAM, et OMS.2023) ; elle apparaît comme une solution durable à un problème mondial : la faim cachée (Ulimwengu et autres, 2023). La faim cachée se caractérise par une déficience en micronutriments essentiels en dépit d'un apport calorique adéquat. L'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) recommande un apport quotidien de 400 g de légumes et de fruits. Toutefois, dans de nombreuses zones urbaines, en particulier dans les pays en voie de développement, les gens consomment trop peu de ces aliments nutritifs, pour diverses raisons : (i) indisponibilité par manque de production locale, (ii) manque d'approvisionnement en raison du coût ou de questions de planification urbaine, (iii) problèmes d'utilisation causées par les pertes et le gaspillage, (iv) période d'instabilité alimentaire. Cela entraîne souvent une malnutrition, c'est-à-dire un état physiologique anormal causé par un apport inadéquat, déséquilibré ou excessif de macro ou micronutriments. La malnutrition comprend la dénutrition (c.-à-d. les carences en vitamines et en minéraux, entraînant un retard de croissance et une émaciation chez l'enfant), le surpoids et l'obésité (Ulimwengu et autres, 2023).

Même si les espaces urbains n'ont pas une capacité de production suffisante pour assurer la sécurité alimentaire de leurs habitants, ils peuvent compléter leur alimentation avec des fruits et des légumes cultivés localement, et améliorer ainsi l'apport en micronutriments et la sécurité nutritionnelle urbaine (Martelozzo et autres, 2014).

Au-delà de la question de sécurité alimentaire et de l'accès à des aliments nutritifs, l'agriculture urbaine favorise également la durabilité socioéconomique et environnementale. Elle peut améliorer les moyens de subsistance en milieu urbain, offrir des revenus en subsistance ou en espèces, réduire les pertes et le gaspillage alimentaires et contribuer à la protection de l'environnement lorsqu'elle est mise en œuvre adéquatement. De plus, comme l'agriculture urbaine ne requiert pas d'importantes ressources en terre, en eau ou en capacité d'investissement, elle ouvre de nouvelles opportunités, en particulier pour les femmes et les jeunes adultes, favorisant un sens d'appartenance à la communauté et l'autonomisation.

Cependant, la mise en œuvre de l'AU dans des paysages urbains tentaculaires comporte son lot de défis. L'espace limité, la mauvaise qualité du sol et un accès souvent inadéquat à l'eau, aux engrais, à la lumière solaire et à l'énergie sont des problèmes courants. Néanmoins, des techniques innovantes de production alimentaire comme l'hydroponie, la bioaponie et l'aquaponie, offrent des solutions prometteuses qui ne nécessitent pas d'accès exceptionnel à la terre, à l'eau ou à des investissements initiaux. Ces techniques hors sol sont de taille flexible : les petites unités ne nécessitent que quelques mètres carrés d'arrière-cour, un toit ou un mur auquel elles peuvent être fixées dans certains cas. En outre, elles sont mobiles dans une certaine mesure. Ainsi, si des

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

problèmes fonciers surviennent qui obligent les ménages à déménager, elles peuvent être déplacées avec les meubles du ménage. Lorsque l'eau est rare, l'eau récupérée, c'est-à-dire les eaux usées de cuisine et même de la lessive, si elle subit un traitement pour éliminer les contaminants, peut être utilisée (Tao et al., 2017). L'eau recyclée peut être enrichie d'engrais liquides pour préparer des solutions riches en nutriments pour la culture hors sol. L'engrais liquide peut être produit à partir de déchets organiques : déchets alimentaires comme les restes de légumes et les pelures de fruits, et aussi la fiente de poule ou des excréments d'insectes (Szekely et Jijakli, 2022). Alors que les formes simples d'hydroponie et de bioponie peuvent ne pas nécessiter d'énergie, l'aquaponie, qui combine des systèmes d'aquaculture en recirculation avec l'hydroponie (Junge et autres, 2017) nécessite de l'énergie pour la recirculation de l'eau. Néanmoins, les panneaux solaires peuvent fournir de l'énergie renouvelable. Ainsi, l'AU hors sol est un bon exemple d'économie circulaire (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Cet article examine le potentiel transformateur de l'agriculture urbaine hors sol, en explorant comment elle peut lutter contre la faim cachée, c'est-à-dire l'insécurité nutritionnelle, et promouvoir la durabilité socioéconomique et environnementale dans notre monde en voie d'urbanisation rapide.

## **Pourquoi l'agriculture urbaine est-elle pertinente ?**

Les zones urbaines sont confrontées à une multitude de défis. Par exemple, de plus en plus de personnes se retrouvent dans ce que l'on appelle des déserts alimentaires (Wright et al. 2016), des zones avec un accès limité aux supermarchés, aux épiceries et aux marchés alimentaires locaux. Ainsi, des zones urbaines sont confrontées à des coûts de santé croissants liés à une alimentation malsaine, c'est-à-dire à la malnutrition. La « malnutrition » est un terme générique désignant une mauvaise nutrition, qu'il s'agisse d'une consommation ou d'une absorption inadéquate de nutriments (c'est-à-dire la sous-nutrition ou la faim cachée) ou d'une consommation excessive (c'est-à-dire la surnutrition), entraînant l'obésité, le diabète et les maladies cardiaques.

En outre, les villes en croissance, où les espaces verts sont rares, sont soumises à un effet d'îlot de chaleur, un phénomène dans lequel les zones urbaines sont plus chaudes que les zones rurales environnantes. Les villes en déclin (Meng et al., 2021) se caractérisent par des zones inutilisées, appelées friches industrielles, qui sont souvent fortement polluées et dont le sol est dégradé. Le changement climatique aggravera ces défis avec une hausse des températures moyennes, des risques d'inondation, des sécheresses et d'autres phénomènes météorologiques extrêmes (Lumbroso, 2020), entraînant des pénuries régionales généralisées d'eau et de terres arables et aggravant l'insécurité alimentaire et nutritionnelle (FAO, 2009).

L'AU peut contribuer à la résilience des systèmes alimentaires, en luttant contre les déserts alimentaires et en améliorant ainsi l'accès des consommateurs à des aliments frais et nutritifs. Cela est particulièrement important dans les mégapoles du Sud, où l'étalement urbain s'étend sur plusieurs kilomètres. Dans les situations de rupture des chaînes d'approvisionnement et de valeur (comme dans le cas de la pandémie de COVID-19, de troubles locaux ou même de guerres), la

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

population urbaine a toujours accès à une alimentation saine si elle est produite de manière ultra-locale.

D'une part, les installations d'agriculture urbaine peuvent être protégées des risques météorologiques liés au changement climatique grâce à de simples systèmes d'ombrage. D'autre part, l'AU peut également contribuer à atténuer l'effet d'îlot de chaleur. En cultivant localement, les émissions de gaz à effet de serre associées au transport des aliments des zones rurales vers les zones urbaines sont réduites. Les espaces verts dans les villes peuvent contribuer à préserver la biodiversité et à soutenir les pollinisateurs. En même temps, les espaces verts agissent comme des éponges et retiennent les précipitations, qui s'évaporent et rafraîchissent l'environnement.

## Quelles sont les méthodes de cultures hors sol ?

Les méthodes de culture hors sol consistent à faire pousser des plantes à l'aide de solutions aqueuses contenant des nutriments (éléments) essentiels à la croissance des plantes, tels que l'azote, le phosphore, le potassium et le fer.

La culture hydroponique conventionnelle repose principalement sur des engrais minéraux non renouvelables pour l'apport en nutriments (Maucieri et al. 2019). De plus, certaines fermes hydroponiques utilisent des systèmes ouverts où la solution de culture épuisée contient encore des nutriments et est rejetée après une seule utilisation, car de nombreux pays n'ont pas de législation exigeant le recyclage ou le traitement des effluents.

La bioponie (figure 1) fait référence à une méthode de culture qui utilise des sources de nutriments organiques dans les méthodes de culture hydroponique (Gartmann et al., 2023). Ces sources de nutriments organiques, provenant par exemple de déchets alimentaires ou de fientes de poulet, sont généralement recyclées en une solution riche en nutriments qui peut être utilisée pour la croissance des plantes (Szekely et Jijakli 2022).

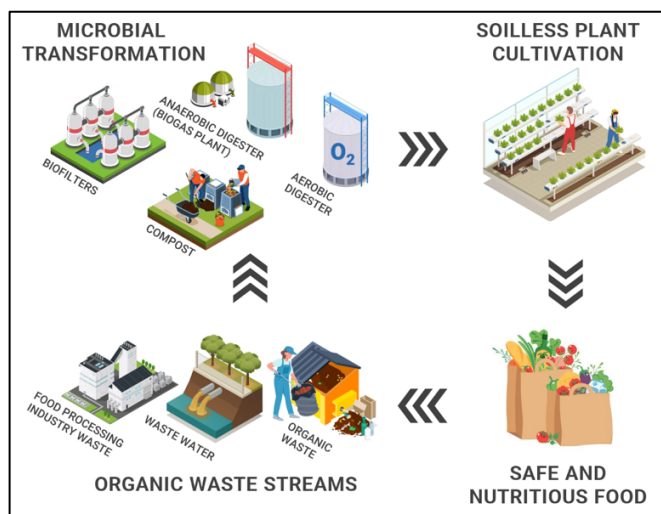


Figure 1. Le concept de la bioponie

Illustration avec permission de Michal Slota <https://www.contentfarmers.eu/>.

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

Outre l'hydroponie, de nombreux termes en « -ponie » sont apparus récemment, comme l'aquaponie, la digéponie, l'anthroponie, la brumeponie (*fogponics*), l'aéroponie et l'organoponie. La brumeponie et l'aéroponie sont des méthodes différentes d'apport de solution nutritive aux racines des plantes. L'anthroponie et la digéponie désignent l'utilisation de l'urine et des digestats humains dans la culture des plantes et sont des formes de bioponie.

L'aquaponie est un système qui combine l'aquaculture (élevage d'animaux aquatiques tels que les poissons en vivier) et l'hydroponie (culture de plantes dans l'eau) (Graber et Junge, 2009). Les déchets des poissons servent de nourriture organique aux plantes, et les plantes filtrent naturellement l'eau pour les poissons. L'aquaponie est donc également une forme de bioponie. Si l'aquaponie a récemment fait l'objet d'une attention considérable (Goddek et al., 2019), d'autres formes de bioponie doivent encore être étudiées en profondeur. Cette contribution se concentre sur les cultures hydroponique, bioponique et aquaponique.

## **Pourquoi la culture de produits frais hors sol est-elle préférable pour l'AU ?**

Il existe plusieurs raisons pour lesquelles les méthodes de culture hors sol peuvent être préférables à la production traditionnelle sur sol dans l'empreinte de la ville. L'une des raisons principales réside dans la **mauvaise qualité du sol** : les sols urbains sont souvent dégradés, ce qui signifie qu'ils peuvent être trop salins, avoir une faible teneur en matière organique, être trop compactés et avoir une surface trop durcie. De plus, il peut y avoir une contamination due aux activités industrielles et à l'élimination des déchets par enfouissement. Cela signifie que l'utilisation conventionnelle des terres arables est devenue de plus en plus complexe, affectant la qualité et la sécurité des aliments produits. L'un des aspects de l'élimination des déchets est la contamination potentielle des sols par des micro-organismes pathogènes humains comme *Escherichia coli* ou *Salmonella*. Les infections par ces bactéries peuvent provoquer des maladies et même la mort (Black et al. 2021). De même que dans le cas de la culture hydroponique, la bioponie et l'aquaponie ne dépendent pas du sol, ainsi les problèmes de dégradation et de contamination des sols sont largement éliminés.

Une autre raison consiste en **l'espace limité** : l'agriculture est limitée dans le temps et dans l'espace. Trouver de l'espace est une condition essentielle pour toute forme d'agriculture urbaine. La culture hors sol peut utiliser efficacement des espaces urbains comme les arrière-cours, les toits et les murs pour produire des légumes et des fruits (tableau 1). Les systèmes peuvent être empilés verticalement, ce qui offre une solution idéale pour les environnements urbains.

Il y a encore d'autres avantages de la culture hors sol : l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la réduction des infestations par les parasites et les maladies des plantes. Comme l'eau est recyclée dans les systèmes de culture hors sol, cela permet des économies d'eau substantielles par rapport à l'agriculture traditionnelle. De plus, l'environnement contrôlé des systèmes hors sol réduit le besoin de pesticides et d'herbicides nocifs.

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

Tableau 1 Espaces potentiels pour l'agriculture urbaine hors sol

Catégorie	Description
Espaces entre les bâtiments	Parcs et autres espaces verts publics Terrains urbains abandonnés / friches industrielles Espaces le long des routes Tunnels souterrains et cavernes
Espaces associés aux bâtiments	Toits Façades et autres murs Balcons, appuis de fenêtres Espaces intérieurs (chambres, caves)
Systèmes mobiles	Boîtes et sacs de jardinage Conteneurs mobiles Conteneurs d'expédition
Espaces liés à l'eau	Ruisseaux urbains Eaux urbaines stagnantes (étangs, lacs)

## Quels sont les défis et les limites de l'agriculture urbaine hors sol ?

Malgré ses nombreux avantages, l'agriculture urbaine indépendante du sol est confrontée à plusieurs défis qui peuvent entraver sa mise en œuvre et son efficacité à grande échelle. L'espace limité dans les zones urbaines limite l'intensification des systèmes d'agriculture urbaine. Par exemple, la taille médiane d'une ferme commerciale sur toit est de 650 m<sup>2</sup> (Bühler & Junge, 2016). Trouver un toit solide ou un espace ouvert de cette taille est un défi dans de nombreuses villes européennes. Par conséquent, contrairement à l'agriculture conventionnelle liée au sol, l'agriculture urbaine ne peut pas se développer par extension des sites existants, mais soit en multipliant les sites, soit en allant vers la verticale, et de nombreuses petites unités doivent être exploitées et surveillées au lieu de quelques grandes. Cette fragmentation et cette décentralisation posent leur propre lot de défis.

Les agriculteurs urbains peuvent avoir du mal à accéder à l'eau, à l'énergie, aux semences et aux équipements agricoles. De nombreuses villes tentaculaires ne disposent que d'un approvisionnement intermittent en eau et en énergie. Les coûts des terrains et de l'eau en milieu urbain peuvent également être élevés, et le régime foncier est problématique. En plus des problèmes de régime foncier, l'agriculture urbaine peut être confrontée à des défis juridiques et réglementaires supplémentaires. Les lois de zonage, par exemple, peuvent ne pas autoriser les activités agricoles dans les zones urbaines.

En fonction de la sophistication technologique, la construction et l'entretien de systèmes de production hors sol peuvent, mais pas nécessairement, nécessiter un investissement initial plus élevé que la culture traditionnelle sur sol (Fussy et Papenbrock, 2022).



JESUITES

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

La culture hors sol n'exige pas forcément plus de main d'œuvre que l'agriculture conventionnelle. Elle nécessite néanmoins davantage de capital humain car elle requiert des connaissances et des compétences plus étendues, que les citadins ne possèdent pas forcément au départ. En particulier dans les systèmes hors sol à recirculation (fermés), il existe un risque de multiplication incontrôlée des agents pathogènes. Des procédures de gestion et des mesures de sécurité pour prévenir les infections doivent donc être mises en place, ce qui requiert du capital humain.

## **Introduction de l'agriculture urbaine hors-sol dans les régions urbaines africaines**

Le projet *Technologies intégrées et circulaires pour des systèmes alimentaires durables dans les régions urbaines en Afrique* (INCiTIS-FOOD, <https://incitis-food.eu/>) se concentre sur l'introduction de pratiques agroalimentaires circulaires (à savoir la culture hydroponique, l'aquaponie, les systèmes d'aquaculture en recirculation et l'élevage d'insectes) dans les régions urbaines africaines. Les fondements d'INCiTIS-FOOD se trouvent dans huit laboratoires vivants urbains dans six pays africains : Tamale (Ghana), Nairobi et Nakuru (Kenya), Franceville (Gabon), Bamenda (Cameroun), Lagos et Ibadan (Nigéria) et Moyamba (Sierra Leone). Le personnel des laboratoires vivants s'est réuni pour la formation des formateurs à Tamale, Nakuru et Franceville. Les formateurs, des experts en technologies hors-sol, venaient d'Allemagne, d'Israël et de Suisse. Les sessions de formation étaient intensives, participatives et collaboratives ; elles étaient à la fois théoriques et pratiques et portent sur les pratiques agroalimentaires durables.

Ce qui a véritablement enrichi ces rencontres, c'était le mélange de personnes, de cultures, d'environnements et de climats. Grâce aux interactions entre les participants et à l'immersion dans des cultures diverses, tous les participants, y compris les formateurs, ont bénéficié de ces échanges ; la confiance mutuelle s'est renforcée, ce qui a favorisé la collaboration. Bien que les connaissances théoriques puissent aujourd'hui être transmises dans le cadre de cours en ligne et de webinaires, l'application pratique de méthodes apparemment simples doit parfois être pratiquée in vivo et sur place. Pour une coopération et une compréhension fructueuses, il est primordial d'avoir des interactions directes. Ainsi, la formation a également été l'occasion de co-créditer de nouvelles connaissances et de nouvelles idées. Le projet INCiTIS-FOOD s'achèvera d'ici la fin de 2026, mais son impact durera beaucoup plus longtemps. En effet, il ne s'agit pas seulement de transférer des connaissances, mais de favoriser une communauté mondiale unie dans la poursuite de la sécurité alimentaire et nutritionnelle et de l'autonomisation des femmes et des jeunes adultes.

## **L'avenir de la culture hors-sol en milieu urbain**

Pour les raisons évoquées ci-dessus, différentes formes d'agriculture urbaine feront inévitablement partie intégrante et croissante de l'avenir de l'économie alimentaire circulaire des villes. La grande adaptabilité des systèmes hors-sol implique qu'ils peuvent être mis en œuvre dans toutes sortes d'espaces et à différents niveaux technologiques, du plus simple au plus sophistiqué (figure 2). Cependant, le choix du système approprié aux conditions climatiques, spatiales et sociétales entraîne des compromis inhérents : tous les aspects ne peuvent pas être maximisés simultanément. Par conséquent, le processus de personnalisation doit inclure une co-création avec les futurs propriétaires et exploitants des systèmes.

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

Les avancées technologiques, en particulier dans les techniques de culture hors-sol et la récupération des ressources, permettront de cultiver des aliments là où l'agriculture urbaine était auparavant difficile ou impossible, comme dans les zones d'aridité extrême, la surface de l'eau et sous l'eau, ou à l'intérieur de souterrains désaffectés.



Schéma 2. Deux exemples très différents de systèmes de culture hors sol.

Gauche : Système hydroponique low-tech, appelée *garafa*, construit à partir de bouteilles d'eau en plastique usagées (Photo : F. Orsini, Université de Bologne).

Droite : Système bioponique high-tech dans une pièce entièrement climatisée (Photo : Z. Schmutz, Université de sciences appliquées de Zürich).

La production alimentaire dépend actuellement de manière critique des engrais minéraux. Pourtant, l'approvisionnement en potasse (K) et en phosphate naturel (P) est de plus en plus fragilisé par des chocs mondiaux (pandémie de COVID-19, guerre en Ukraine et crises énergétiques, par exemple) et, par conséquent, les prix sont très volatils. Environ 15 % du P est rejeté dans les eaux usées domestiques et les boues d'épuration, tandis que les pertes provenant des boues et des eaux usées des industries de transformation alimentaire correspondent à 44 kt de P par an (Huygens et al., 2019). Un autre composant des engrais minéraux est l'azote (N). La production d'engrais à base d'azote via le procédé Haber-Bosch consomme 1 à 2 % de l'énergie mondiale et représente 1,4 % des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> (Kyriakou et al., 2020). Pour protéger l'environnement, la stratégie « De la ferme à la table » de la Commission européenne (2020) vise à réduire l'utilisation d'engrais d'au moins 20 % d'ici 2030 en gérant mieux les apports d'azote et de phosphore tout au long de leur cycle de vie. Cet objectif ne peut être atteint que dans des systèmes circulaires capables d'accroître l'efficacité de l'ensemble de la chaîne d'utilisation des nutriments des engrais via la récupération et la réutilisation. Le développement de l'agriculture hors-sol constitue donc un pas dans la bonne direction.

## Conclusion

Nous sommes confrontés non seulement à l'insécurité alimentaire mondiale, mais aussi à l'insécurité nutritionnelle. Bien que nous cherchions des réponses simples pour relever ces défis, aucune ne suffira. La production alimentaire hors sol, y compris l'agriculture verticale et toute autre forme d'agriculture urbaine, n'est pas une alternative ou une concurrence à l'agriculture

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

traditionnelle, mais une forme complémentaire de fourniture d'aliments sains et nutritifs. Nous aurons besoin de TOUTES les formes possibles de production végétale à l'avenir.

Pour que l'agriculture urbaine hors sol prospère, nous devons développer des solutions innovantes (y compris la symbiose industrielle, les processus de récupération des ressources et l'automatisation) aux deux extrémités du spectre, low-tech et high-tech. Par conséquent, les technologies indépendantes du sol comme l'hydroponie, la bioaponie et l'aquaponie se développeront probablement dans deux directions divergentes :

- D'une part, les solutions low-tech doivent être principalement mises en œuvre dans les pays en développement et pour des applications non professionnelles ;
- D'autre part, les technologies high-tech à haut rendement doivent être principalement mises en œuvre dans les applications professionnelles des pays à revenu élevé.

Les systèmes d'agriculture urbaine hors sol, qu'ils soient à faible ou à haute technologie, stimuleront la création d'emplois et donc de revenus (Verner et al., 2021). Des emplois seront créés dans les systèmes d'agriculture urbaine hors sol et tout au long de la chaîne de valeur, notamment en matière de vulgarisation et de renforcement des capacités. Le nombre exact d'emplois créés dépendrait de divers facteurs tels que l'ampleur de la mise en œuvre, l'acceptation sociale de l'AU par la population urbaine, la demande du marché ou la législation et les politiques gouvernementales, mais atteindra probablement un nombre dans les centaines de millions.

C'est pourquoi toute solution doit être intégrée dans le tissu urbain et acceptée par ses habitants. Cela requiert une planification urbaine holistique, visionnaire et flexible, des programmes de formation à tous les niveaux d'éducation, en particulier dans les métiers dits verts, ainsi qu'une législation et des politiques de soutien impliquant les parties prenantes et les consommateurs. Chaque ville devrait bénéficier également d'une feuille de route appropriée pour une politique alimentaire urbaine élaborée de manière participative (FIDA, 2021).

(original : anglais)

*Remerciements : La recherche qui a conduit à cette publication a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon Europe de l'Union européenne et du Secrétariat d'État suisse à l'éducation, à la recherche et à l'innovation (SERI) dans le cadre de la convention de subvention n° 101083790 (INCiTIS-FOOD).*

*Avertissement : Les informations et opinions présentées dans cette étude sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement l'opinion officielle de la Commission européenne. La Commission ne garantit pas l'exactitude des données incluses dans cette étude. Ni la Commission ni aucune personne agissant en son nom ne peut être tenue responsable de l'utilisation des informations qui y sont contenues.*

## Références

Black, Z., Balta, I., Black, L., Naughton, P. J., Dooley, J. S., & Corcionivoschi, N. (2021). The fate of foodborne pathogens in manure-treated soil. *Frontiers in Microbiology*, 12, 781,357. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.781357>.

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QU'É LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

Buehler, D., & Junge, R. (2016). Global trends and current status of commercial urban rooftop farming. *Sustainability*, 8(11), 1108. <https://doi.org/10.3390/su8111108>.

Ellen MacArthur Foundation (2014). *Towards the Circular Economy*. Retrieved from <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Towards-the-circular-economy-volume-3.pdf>.

European Commission (2020). *Farm to Fork Strategy*. Retrieved from [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en).

FAO (2009). FAO's Director-General on How to Feed the World in 2050. *Population and Development Review*, 35(4), 837–839. <http://www.jstor.org/stable/25593700>

Fussy, A., & Papenbrock, J. (2022). An overview of soil and soilless cultivation techniques—chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*, 11(9), 1153. <https://doi.org/10.3390/plants11091153>

Gartmann, F., Hügly, J., Krähenbühl, N., Brinkmann, N., Schmautz, Z., Smits, T. H., & Junge, R. (2023). Bioponics—An Organic Closed-Loop Soilless Cultivation System: Yields and Characteristics Compared to Hydroponics and Soil Cultivation. *Agronomy*, 13(6), 1436. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061436>.

Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G.M. Eds. (2019). *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*. Springer Open; <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22883>.

Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246 (1–3), 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>.

Huygens D., Saveyn H.G.M., Tonini D., Eder P., Delgado Sancho L. (2019) *Technical proposals for selected new fertilising materials under the Fertilising Products Regulation (Regulation [EU] 2019/1009)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Retrieved from: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/186684>.

IFAD. (2021). *Rural development report 2021. Transforming food systems for rural prosperity*. Rome, IT: International Fund for Agricultural Development (IFAD). Retrieved from: <https://www.ifad.org/en/rural-development-report/>.

Junge, R., König, B., Villarroel, M., Komives, T., & Jijakli, M. H. (2017). Strategic points in aquaponics. *Water*, 9(3), 182. <https://doi.org/10.3390/w9030182>.

Kyriakou, V., Garagounis, I., Vourros, A., Vasileiou, E., & Stoukides, M. (2020). An electrochemical Haber-Bosch process. *Joule*, 4(1), 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.10.006>.

Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, 435, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>

# PROMOTIO IUSTITIAE

"PARCE QUE LA RÉCONCILIATION AVEC DIEU PASSE PAR LA RÉCONCILIATION AVEC LES AUTRES ET AVEC LA CRÉATION." (CGS 32, 34, 36)

- Lumbroso, D. (2020). Flood risk management in Africa. *Journal of Flood Risk Management* 13(3): Article e12612. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12612>.
- Martellozzo, F., Landry, J. S., Plouffe, D., Seufert, V., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2014). Urban agriculture: a global analysis of the space constraint to meet urban vegetable demand. *Environmental Research Letters*, 9(6), 064025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064025>.
- Maucieri, C., Nicoletto, C., van Os, E., Anseeuw, D., Van Havermaet, R., and Junge, R. (2019) Hydroponic Technologies. In: *Aquaponics Food Production Systems*. Goddek, S. et al. (Eds.). pp. 77–110. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>.
- Meng, X., Jiang, Z., Wang, X., & Long, Y. (2021). Shrinking cities on the globe: Evidence from LandScan 2000–2019. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 53(6), 1244–1248. <https://doi.org/10.1177/0308518X211006118>.
- Szekely, I., & Jijakli, M. H. (2022). Bioponics as a promising approach to sustainable agriculture: a review of the main methods for producing organic nutrient solution for hydroponics. *Water*, 14(23), 3975. <https://doi.org/10.3390/w1423397>.
- Tao, W., Sauba, K., Fattah, K. P., & Smith, J. R. (2017). Designing constructed wetlands for reclamation of pretreated wastewater and stormwater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(1), 37–57. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9419-5>.
- Ulimwengu, J.; Domgho, L. M.; Collins, J.; and Badiane, O. (2023). Hidden hunger: A global problem with local solutions. *AKADEMIYA2063 Project Report Series, No. 1*. Kigali, Rwanda: AKADEMIYA2063. <https://doi.org/10.54067/nspt.001>
- Verner, D., Roos, N., Halloran, A., Surabian, G., Tebaldi, E., Ashwill, M., Vellani, S., & Konishi, Y. (2021). *Insect and hydroponic farming in Africa: the new circular food economy*. Washington, DC, USA: World Bank. Retrieved from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/215>.
- Wright, J. D., Donley, A. M., Gualtieri, M. C., & Strickhouser, S. M. (2016). Food deserts: What is the problem? What is the solution? *Society*, 53, 171–181. <https://doi.org/10.1007/s12115-016-9993-8>.

## **Autrices :**

Ranka Junge, Institut scientifique de ressources naturelles, Université de sciences appliquées de Zurich, Grüentalstrasse 14, 8820 Wädenswil, Suisse  
Gertrud Buchenrieder, Centre de recherches RISK, Institut de sociologie et d'économie, Universität der Bundeswehr Munich, 85,577 Neubiberg, Allemagne