

Daniela Perrotti,
Sareh Moosavi and
Daniel Otero Peña
(2023)

Urban
Metabolism
research can
leverage
resource-
sensitive
planning and
design of open
spaces and green
infrastructure



Urban metabolism (UM) is an interdisciplinary research field, spanning across disciplines as varied as industrial ecology, urban ecology, political ecology, political-industrial ecology¹. In UM research, cities are studied as open systems or organisms with a metabolism resulting from the interactions with other anthropogenic systems and the natural environment. Understanding UM and the processes that drive it can help transitioning from ecologically extractive to regenerative cities, by capitalising on the capacity of living systems to reverse anthropocentric damage to the biosphere².

Besides researchers' fascination for the UM concept, UM research provides analytical tools to assess the resource intensity of urban systems; when applied in policy and practice, it can leverage the implementation of evidence-base circular strategies³. While the importance of understanding the spatial dimensions of UM is increasingly recognized, its practical applications in planning and designing the built environment remain few⁴.

Studies using popular UM methods such as material flow analysis (MFA) often focus on buildings only, and do not take sufficient account of open spaces and green infrastructure (GI) such as urban parks, private gardens, nature reserves, and waterways⁵. Design and planning strategies for resource-efficient open spaces and GI can jointly address environmental performance targets, and the fulfillment of human wellbeing and ecosystems' health⁶. Emerging research has shed light on the impacts of ecosystem services provided by GI on material and energy flow accountings in urban areas⁷. The spatial configuration of open spaces and how they are planned and designed with respect to existing and future resource flows can have a great impact on resource accessibility and demand; hence improving the UM⁸. This highlights the need for spatially explicit approaches to UM.

This article investigates existing challenges in applying UM approaches in planning and designing open spaces and GI, based on a synthesis of conceptual and empirical studies. A case study example is provided showcasing the methods used to apply spatially explicit MFA to develop resource-efficient open spaces in Mexico City. Finally, UM research frontiers relative to unlocking novel understanding of the metabolism of living cities are discussed.

Spatially explicit approaches to UM and key challenges

A growing number of works highlight the benefits of integrating spatially explicit UM flow/stock accounts for informing city-level policymaking and resource management strategies. For example, a water-energy nexus study in Bengaluru, India, shows that by overlapping spatially explicit water and energy datasets (district-level consumption and resource infrastructure), researchers were able to identify inefficient sections of the drinking water network and relate them with high energy demand districts and geographic features of the city⁹. Another GIS study of urine and faeces rejections at the neighbourhood and building levels informed the planning of sanitary systems in Amsterdam¹⁰. Besides demonstrating the value of multi-scales quantitative-qualitative spatial UM analysis of critical flows/stocks, these studies also highlight the need to consolidate spatially explicit data harvesting methods.

Key challenges exist in integrating spatially explicit UM approaches in planning and design practices, including the lack of

specialist knowledge and knowledge transferability into practice. For example, a retrospective evaluation of a collaborative UM project in Helsinki, Finland demonstrated that acknowledgement of limits and potential of scientists' specialist knowledge and planning practitioners' tacit knowledge were key to leverage effective mutual learning processes¹¹. It also showed that limited budget and timeframes in UM projects can undermine the effectiveness of collaborative efforts. Other barriers include limited methods for integrating spatially explicit UM data¹², and the lack of enabling regulations and policies¹³. A survey with 101 urban and landscape design practitioners revealed other key limitations in incorporating UM approaches in design processes, including the lack of accessible data (for example on materials' origins), and limited competencies for engaging with quantitative data through, for example, Life Cycle Assessment methods. Top-down and inflexible resource-management governance were also perceived as barriers to innovative approaches in designing with material and energy alternatives¹⁴.

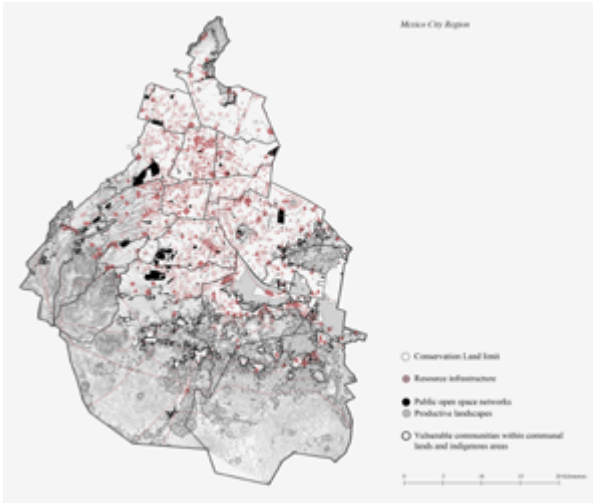
Despite existing challenges, an emerging body of case studies highlight that a spatial understanding of resource demand can help identify opportunities in the urban space for mitigating resource-related vulnerabilities (e.g., neighbourhoods with high energy demand or waste generation). We explore this further through an example in the following section.

Case study example: Resource-efficient open space networks in Mexico City

Using Mexico City as a case study, Otero Peña et al.¹⁵ developed a method to investigate how the use of Geographic Information System (GIS) data can improve the applicability of UM research in the planning and management of open space networks. The UM assessment of Mexico City was undertaken through the compilation of primary GIS data and the following available datasets for their use in the planning and design of optimized open spaces in Mexico City: (1) resource flows, including drinking water consumption and wastewater outflows, electricity consumption, generation of organic and inorganic municipal solid waste, and construction waste; (2) location and capacity of utility infrastructure and resource management facilities; (3) geographic features of the city, including open space networks; (4) location of vulnerable communities; and (5) location of indigenous areas and communal lands and their administrative limits.

The results highlight the location and proximity of areas in which urban flows and infrastructure are concentrated, both at the city and borough scale. Building on the assessment of resource use and available open spaces at the borough scale, planning strategies were proposed to increase the accessibility and efficient use of these resources. Highly urbanized boroughs with high drinking water consumption per capita can expand their water supply system by adding decentralized infrastructures. Moreover, planning communal rainwater harvesting systems in public spaces, damaged inhabited milieus, and underused resource facilities can contribute to mutualizing efforts, reducing material costs, improving water accessibility for vulnerable communities, and reducing pressure on the water system through local and decentralized solutions. Spatial reconfigurations of these spaces can also contribute to the provision of public green spaces, for example through constructed wetlands and landscaping. Boroughs with a high concentration of vulnerable communities and nature reserves could reinforce existing urban

development plans, integrating individuals and organized groups to preserve and enhance local resources (e.g., forests, grasslands, and agriculture fields), while providing opportunities for recreation and promoting community identity and wellbeing. Involving community leaders in participatory design processes and GIS data collection can strengthen local socio-environmental organizations and favour decentralized resource management.



Synthesis map showing the results of the spatially explicit UM analysis conducted in the Mexico City Region (from Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., art. cit.).

Research frontiers:
living city metabolism

To transform the ways our cities and landscapes are designed in relation to natural resources, spatial practitioners need to deeply engage with the interdependencies between resource flows and the specific attributes of the spaces in which resources are used. This requires advancing their competencies for working with qualitative and quantitative UM methods. Competitions such as European, provide an avenue for radical approaches to resource-sensitive design that can transform the ways our cities operate within planetary boundaries.

Emerging tools and datasets allow for effective science-practice collaboration in spatially explicit UM assessments, by bridging UM stakeholders' competencies and policy and practice domains. Significantly, such collaborations can unlock further interdisciplinary investigation into different (to date unforeseen) physical, spatial and temporal dimensions of the metabolism of living cities. Finally, further research into science-practice modes of collaboration is essential to leverage integration of different (evolving) knowledge systems in engaging with UM approaches. How to develop a common vocabulary on the metabolism of living cities across (research and practice) knowledge systems? And how to disseminate such a vocabulary in a manner to facilitate an inclusive dialogue on novel, non-binary understanding of 'urban' and 'living' systems?

REFERENCES

1 Newell, J. P., Cousins, J. J., « The boundaries of urban metabolism: Towards a political-industrial ecology », *Progress in Human Geography*, 39(6), 2017, pp. 702-728. <https://doi.org/10.1177/0309132514558442>

2 Thomson, G., & Newman, P. « Urban fabrics and urban metabolism—from sustainable to regenerative cities », *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 2018, pp. 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.010>

3 Kennedy, C., Pincetl, S., & Bunje, P., « The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, 159(8), 2011, 1965-1973. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.022>

4 Perrotti, D., « Urban metabolism: old challenges, new frontiers, and the research agenda ahead », In P. Verma, P. Singh, R. Singh, & A. S. Raghubanshi (Eds.), *Urban Ecology*, Elsevier, 2020, pp. 17-32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00002-1>

5 Augiseau, V., & Barles, S., « Studying construction materials lows and stock: A review », *Resources, Conservation and Recycling*, 123, 2017, pp. 153-164. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.002>

6 Perrotti, D. & Iorio, O., « Green Infrastructure in the Space of Flows: An Urban Metabolism Approach to Bridge Environmental Performance and User's Wellbeing », in Lemes de Oliveira, F. & Mell, I. (eds.), *Planning Cities with Nature*. Dordrecht, Springer, 2019, pp. 265-277. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01866-5_18

7 Perrotti, D., & Stremke, S., « Can urban metabolism models advance green infrastructure planning? Insights from ecosystem services research », *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(4), 2020, pp. 678-694. <https://doi.org/10.1177/2399808318797>

8 Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., « Advancing urban metabolism studies through GIS data: Resource lows, open space networks, and vulnerable communities in Mexico City », *Journal of Industrial Ecology*, 26(4), 2022, pp. 1333-1349. <https://doi.org/10.1111/jiec.13261>

9 Nalini, N. S., « The Great Divide: exploring the divergence between urban metabolism in theory and practice in water supply system in Bengaluru », *International Journal of Urban Sustainable Development*, 9(1), 2017, pp. 1-20. <https://doi.org/10.1080/19463138.2016.1191497>

10 Wielemaker, R., Stuiver, J., Zeeman, G., & Weijma, J., «Identifying Amsterdam's nutrient hotspots: A new method to map human excreta at building and neighborhood scale », *Journal of Industrial Ecology*, 24(3), 2020, pp. 473-484. <https://doi.org/10.1111/jiec.12962>

11 Perrotti, D., « Evaluating urban metabolism assessment methods and knowledge transfer between scientists and practitioners: A combined framework for supporting practice-relevant research », *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(8), 2019, pp. 1458-1479. <https://doi.org/10.1177/2399808319832611>

12 Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., *art.cit*

13 Amenta, L., & Van Timmeren, A., « Beyond Wastescape: Towards Circular Landscapes. Addressing the Spatial Dimension of Circularity through the Regeneration of Wastescape », *Sustainability*, 10(12), 2018, p. 4740. <https://doi.org/10.3390/su10124740>

14 Moosavi, Perrotti and Stephan, 2023, forthcoming publication.

15 Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., *art.cit*

La recherche en
métabolisme
urbain comme
levier pour un
aménagement des
espaces ouverts
et des trames
vertes et bleues
plus sensible aux
ressources

Daniela Perrotti
Sareh Moosavi
Daniel Otero
Peña

Le métabolisme urbain (MU) est un champ de recherche interdisciplinaire qui s'appuie sur des disciplines aussi variées que l'écologie industrielle, urbaine, politique ou encore politico-industrielle¹. La recherche en MU considère les villes comme des systèmes ouverts dont le métabolisme résulte des interactions avec d'autres systèmes anthropogéniques et leur environnement naturel. Une meilleure compréhension du MU et des processus qui y sont à l'œuvre peut faciliter la transition écologique en permettant aux villes d'adopter une approche régénérative plutôt qu'extractive, en tirant parti de la capacité des systèmes vivants à atténuer les impacts des activités urbaines sur la biosphère².

Si le concept de métabolisme urbain fascine les chercheurs, la recherche en MU elle-même fournit des outils analytiques permettant d'évaluer l'utilisation des ressources par les systèmes urbains. Dès lors que ces outils sont mis en pratique et inscrits dans les politiques publiques, ce champ de recherche peut servir de levier pour mettre en place des stratégies circulaires en milieu urbain³. Si l'on admet de plus en plus le rôle fondamental que joue le MU dans sa dimension territoriale, ses applications pratiques en matière de conception de l'environnement bâti restent encore peu nombreuses⁴.

Les études qui s'appuient sur des méthodes d'analyse du métabolisme urbain telles que l'analyse de flux de matière (AFM) ne portent en général que sur les bâtiments et ne prennent pas suffisamment en compte les espaces ouverts de même que les trames vertes et bleues (TVB) (parcs urbains, jardins privés, réserves naturelles, voies d'eau, etc.)⁵. Des stratégies de conception et d'aménagement d'espaces ouverts et de TVB plus économes en ressources peuvent répondre conjointement aux objectifs de performance environnementale et satisfaire aux critères de bien-être humain ainsi qu'à la santé des écosystèmes⁶. Des recherches récentes ont mis en évidence l'impact des services écosystémiques fournis par les TVB sur les flux de matière et d'énergie en zone urbaine⁷. La manière dont les espaces ouverts et les TVB sont conçus et aménagés peut exercer une influence considérable sur la demande en ressources naturelles, ce qui démontre l'intérêt d'appliquer les méthodes d'analyse du MU⁸ et de développer des approches territorialement explicites de ces dernières.

Cet article examine les défis que pose actuellement la mise en œuvre des méthodes propres au métabolisme urbain dans le but de concevoir et d'aménager des espaces ouverts ainsi que des TVB en proposant une synthèse de diverses études théoriques et empiriques. Une étude de cas sur la ville de Mexico servira à illustrer une application spatialement explicite de l'AFM. Pour finir, nous reviendrons sur les frontières de la recherche en MU, au regard des nouvelles clés de compréhension du métabolisme des « villes vivantes » qu'offre cette approche.

Approches spatialement explicites du métabolisme urbain et principaux défis

Un nombre croissant de travaux souligne l'intérêt des analyses du MU spatialement explicites pour l'élaboration des politiques publiques et des stratégies de gestion de ressources à échelle urbaine. Par exemple, une étude réalisée à Bangalore, en Inde, sur la corrélation eau-énergie, révèle qu'en recoupant un ensemble de données spatialement explicites sur l'eau et l'énergie (consommation à l'échelle d'un quartier, réseaux

de collecte et de distribution), les chercheurs ont été en mesure d'identifier les segments les plus inefficaces du réseau d'eau potable et les secteurs à forte demande en énergie ainsi que les liens entre ces derniers et les caractéristiques géographiques de la ville⁹. Une autre étude SIG (système d'information géographique) portant sur les urines et les déjections fécales à l'échelle d'un quartier ou d'un bâtiment a permis de fournir des informations utiles à l'aménagement des systèmes sanitaires de la ville d'Amsterdam¹⁰. Non seulement ces études prouvent-elles l'intérêt de l'analyse spatiale du MU à plusieurs échelles (ville – quartier – bâtiment), mais elles mettent également en exergue la nécessité de renforcer les méthodes servant à la collecte de données métaboliques spatialement explicites.

Certains défis de taille se posent lors de l'intégration d'approches spatialement explicites du MU dans les pratiques de conception et d'aménagement de l'espace urbain, notamment par rapport au transfert de connaissances pour leur mise en application. Par exemple, une évaluation rétrospective d'une recherche visant à analyser le MU d'Helsinki (Finlande) a démontré que la reconnaissance des différentes formes de savoir détenu, d'un côté, par les scientifiques et de l'autre, par des praticiens de l'aménagement urbain (de leurs potentiels comme de leur limites), était une condition essentielle à la mise en place des collaborations efficaces entre pratique et recherche¹¹. En outre, les limitations imposées par les délais et les budgets des projets de recherche en MU seraient susceptibles de diminuer l'efficacité des efforts entrepris collaborativement. Figurent également, parmi d'autres freins, le manque de politiques et de dispositions réglementaires propices à l'intégration des analyses du MU dans la pratique de l'aménagement et de la conception de l'espace^{12/13} (compilation d'appels d'offre et/ou cahiers de charge). Une étude auprès de 101 professionnels en aménagement urbain et du paysage a révélé d'autres obstacles quant à l'intégration de méthodes propres au MU dans les processus de conception : manque de données accessibles (notamment par rapport à l'origine des matériaux de construction), compétences limitées en analyse des données quantitatives, familiarisation limitée avec les méthodes d'analyse du cycle de vie. En matière de gestion de ressources, une gouvernance rigide et *top down* était aussi perçue comme un obstacle à des approches innovantes et alternatives en termes d'utilisation de matière et d'énergie¹⁴.

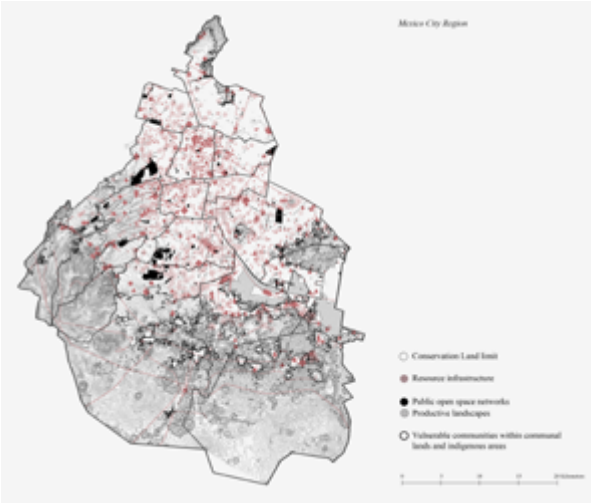
En dépit des défis actuels, des études récentes soulignent qu'une meilleure compréhension territoriale de la demande en ressources peut contribuer à identifier des espaces d'opportunités en milieu urbain pouvant, par exemple, contrebalancer la présence de quartiers ayant une forte demande énergétique ou une production de déchets élevée. Ce point sera davantage développé dans la partie suivante par le biais d'une étude de cas.

Utilisation efficace des ressources dans les réseaux d'espaces ouverts à Mexico

En s'appuyant sur une étude métabolique de la ville de Mexico, Otero Peña et al.¹⁵ ont élaboré une méthode permettant de déterminer en quoi l'utilisation des données SIG peut améliorer la pertinence et applicabilité de la recherche en MU à l'aménagement et à la gestion des espaces ouverts de la région. Cette étude a été menée en compilant des données primaires SIG avec les jeux de données suivants : (1) flux de ressources, et notamment consommation d'eau potable et écoulement des eaux usées, consommation d'électricité, production de déchets solides organiques et inorganiques à l'échelle municipale et déchets de

construction ; (2) emplacement et capacité des infrastructures et services publics de gestion de ressources ; (3) caractéristiques climatiques et géographiques de la ville, réseaux d'espaces ouverts ; (4) emplacement des communautés vulnérables ; et (5) emplacement des zones de préservation autochtone et des terres communales ainsi que leur découpage administratif.

Les résultats mettent en évidence la localisation et la proximité des endroits où se concentrent les flux urbains et les infrastructures, tant à l'échelle de la région métropolitaine que de ses différentes communes. S'appuyant sur l'évaluation de l'utilisation des ressources et des espaces ouverts au sein de chaque commune, des stratégies d'aménagement ont été proposées afin d'accroître l'accessibilité à ces ressources de même que leur utilisation efficace. Par exemple, il a été préconisé que les communes fortement urbanisées et au taux de consommation d'eau potable élevé puissent renforcer leur système d'approvisionnement en eau en y ajoutant des infrastructures décentralisées. De plus, aménager des systèmes communaux de collecte des eaux de pluie dans les espaces publics (quartiers désaffectés, installations sous-exploitées), pourrait contribuer à mutualiser les efforts, à réduire les coûts matériels, à améliorer l'accessibilité à l'eau des collectivités vulnérables et à réduire la pression sur le réseau hydraulique grâce à des solutions locales et décentralisées. Une reconfiguration spatiale de ces espaces pourrait, en outre, contribuer à l'offre d'espaces verts publics, par exemple au travers de zones humides artificielles et d'aménagements paysagers. Dans les quartiers à forte concentration de communautés vulnérables, la valorisation de ressources naturelles locales (telles que les forêts, pâturages et terres agricoles) pourrait favoriser une gestion décentralisée des ressources tout en offrant des possibilités de loisirs, en même temps qu'elle encouragerait le bien-être communautaire. Les organisations socio-environnementales et la gestion décentralisée des ressources peuvent être renforcées à travers l'implication des leaders locaux dans des processus participatifs de collecte de données dans le cadre du SIG.



Carte synthétique des résultats de l'analyse MU spatialement explicite menée dans la région métropolitaine de Mexico (tirée d'Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., art. cit.).

Afin de transformer la manière dont nos villes et nos paysages sont conçus par rapport aux ressources naturelles, il est impératif que les professionnels de l'aménagement et de la conception de l'espace se mobilisent afin de mieux cerner l'interdépendance entre les flux de ressources et les caractéristiques spécifiques des espaces où ces mêmes ressources sont utilisées. Cela nécessite de faire progresser leurs compétences dans les méthodes d'analyse qualitative et quantitative du métabolisme urbain. Des concours, à l'instar d'European, peuvent catalyser le développement d'approches radicalement nouvelles susceptibles de transformer le fonctionnement de nos villes eu égard à leur utilisation de ressources naturelles.

Des méthodes émergentes d'analyse spatialement explicites du MU permettent une collaboration efficace entre recherche et pratique, dans la mesure où elles relient les compétences de chaque partie prenante avec les politiques et leurs champs d'application. De telles collaborations sont à même d'ouvrir la voie à d'autres recherches interdisciplinaires à l'avenir, touchant à d'autres dimensions, physiques, spatiales et temporelles du métabolisme de villes vivantes. Enfin, des recherches plus approfondies sur les modes de collaboration scientifique recherche/pratique sont essentielles afin de tirer parti de l'intégration des multiples systèmes de connaissances mobilisés par les méthodes d'analyse du métabolisme urbain. Comment déployer un vocabulaire commun sur le métabolisme des villes vivantes à travers plusieurs systèmes de connaissances (en recherche comme en pratique) ? Et comment diffuser un tel vocabulaire de manière à faciliter un dialogue inclusif permettant une nouvelle compréhension, non binaire, des systèmes « urbains » et « vivants » ?

- 1 Newell, J. P., Cousins, J. J., « The boundaries of urban metabolism: Towards a political-industrial ecology », *Progress in Human Geography*, 39(6), 2017, pp. 702-728. <https://doi.org/10.1177/0309132514558442>
- 2 Thomson, G., & Newman, P. « Urban fabrics and urban metabolism—from sustainable to regenerative cities », *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 2018, pp. 218-229. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.010>
- 3 Kennedy, C., Pincetl, S., & Bunje, P., « The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, 159(8), 2011, 1965-1973. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.022>
- 4 Perrotti, D., « Urban metabolism: old challenges, new frontiers, and the research agenda ahead », In P. Verma, P. Singh, R. Singh, & A. S. Raghubanshi (Eds.), *Urban Ecology*, Elsevier, 2020, pp. 17-32.
- 5 Augiseau, V., & Barles, S., « Studying construction materials flows and stock: A review », *Resources, Conservation and Recycling*, 123, 2017, pp. 153-164. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.002>
- 6 Perrotti, D. & Iorio, O., « Green Infrastructure in the Space of Flows: An Urban Metabolism Approach to Bridge Environmental Performance and User's Wellbeing », in Lemes de Oliveira, F. & Mell, I. (eds.), *Planning Cities with Nature*. Dordrecht, Springer, 2019, pp. 265-277. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01866-5_18
- 7 Perrotti, D., & Stremke, S., « Can urban metabolism models advance green infrastructure planning? Insights from ecosystem services research », *Environment and Planning B: Urban Analytics and City*

Science, 47(4), 2020, pp. 678-694. doi:<https://doi.org/10.1177/2399808318797>

- 8 Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., « Advancing urban metabolism studies through GIS data: Resource flows, open space networks, and vulnerable communities in Mexico City », *Journal of Industrial Ecology*, 26(4), 2022, pp. 1333-1349. doi:<https://doi.org/10.1111/jiec.13261>
- 9 Nalini, N. S., « The Great Divide: exploring the divergence between urban metabolism in theory and practice in water supply system in Bengaluru », *International Journal of Urban Sustainable Development*, 9(1), 2017, pp. 1-20. doi:<https://doi.org/10.1080/19463138.2016.1191497>
- 10 Wielemaker, R., Stuiver, J., Zeeman, G., & Weijma, J., « Identifying Amsterdam's nutrient hotspots: A new method to map human excreta at building and neighborhood scale », *Journal of Industrial Ecology*, 24(3), 2020, pp. 473-484. doi:<https://doi.org/10.1111/jiec.12962>
- 11 Perrotti, D., « Evaluating urban metabolism assessment methods and knowledge transfer between scientists and practitioners: A combined framework for supporting practice-relevant research », *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(8), 2019, pp. 1458-1479. doi:<https://doi.org/10.1177/2399808319832611>
- 12 Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., *art.cit.*
- 13 Amenta, L., & Van Timmeren, A., « Beyond Wastescapes: Towards Circular Landscapes. Addressing the Spatial Dimension of Circularity through the Regeneration of Wastescapes », *Sustainability*, 10(12), 2018, p. 4740. doi:<https://doi.org/10.3390/su10124740>
- 14 Moosavi, Perrotti and Stephan, 2023, publication à venir.
- 15 Otero Peña, D., Perrotti, D., & Mohareb, E., *art.cit.*

Villes vivantes bis : les raisons d'un thème



Entretien
avec
Alain Maugard