HAL open science

Evaluation des services écosystémiques fournis par les sols de micro-fermes urbaines : Méthodologie et retours d'expériences

Baptiste Grard, Sophie Joimel, L. Vieublé-Gonod, Giulia Giacche, Christine Aubry, Jean Noël Consalès, Geoffroy Séré, Nastaran Manouchehri, Claire-Sophie Haudin, Apolline Auclerc, et al.

To cite this version:

Baptiste Grard, Sophie Joimel, L. Vieublé-Gonod, Giulia Giacche, Christine Aubry, et al.. Evaluation des services écosystémiques fournis par les sols de micro-fermes urbaines : Méthodologie et retours d'expériences. Étude et Gestion des Sols, 2021, 28 (1), pp.31-48. hal-03665514

HAL Id: hal-03665514

https://hal.science/hal-03665514v1

Submitted on 11 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evaluation des services écosystémiques fournis par les sols de micro-fermes urbaines : Méthodologie et retours d'expériences

B.J-P. Grard(1*), S. Joimel(1), L. Vieublé Gonod(1), G. Giacche(4), C. Aubry(2), J-N. Consales(3), G. Séré(5), N. Manouchehri(6), C-S. Haudin(1), A. Auclerc(5), A-C. Daniel(4), S. Houot(1), P. Stella(2), A. Lagneau(7) et C. Chenu(1*)

1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 78 850 Thiverval-Grignon, France.

2) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SAD-APT, Université Paris-Saclay, 75231 Paris, France.

3) Université Aix Marseille, CNRS, UMR TELEMME, MMSH - 5, rue du Château de l'Horloge - BP 647 - 13094 Aix-en-Provence Cedex 2, France.

4) Exp'AU, AgroParisTech Innovation, 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05, France.

5) Laboratoire Sols et Environnement, UMR 1120, INRAE, Université de Lorraine F-54505 Vandoeuvre-lès-Nancy, France.

6) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300, Massy, France.

7) Agence Régionale de la Biodiversité, département de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme, 75 015 Paris, France.

Auteur correspondant : baptistegrard@gmail.com et claire.chenu@inrae.fr

RÉSUMÉ

Objet récent de recherche, les micro-fermes urbaines sont aujourd'hui en plein essor, portées par un mouvement associatif, citoyen, entrepreneurial et politique relativement important. Ces fermes sont définies par leurs petites surfaces (moins d'1,5 ha par actif), l'implication de bénévoles et une diversité d'activités. Différentes fonctions sont ainsi associées à ces lieux (éducatives, productions alimentaires, loisirs etc.), faisant de ces micro-fermes urbaines des nouveaux types d'espaces végétalisés en ville susceptibles de fournir de multiples services écosystémiques. Néanmoins, le manque de connaissances actuelles sur le sujet ne permet pas d'appréhender dans le détail l'importance des services rendus. Par ailleurs, l'implication des parties prenantes dans une telle évaluation parait être un enjeu essentiel afin de comprendre les déterminants et facteurs d'influence de ces fermes ; les porteurs de projet étant eux-mêmes, par exemple, créateurs de savoirs et de pratiques agronomiques originales en s'adaptant aux contraintes du milieu urbain.

L'objectif de cet article est de décrire et de discuter une méthodologie d'étude des services écosystémiques rendus par les micro-fermes urbaines, mise en oeuvre dans le cadre du projet SEMOIRS (Evaluation des Services Ecosystémiques rendus par les MicrO-fermes urbaInes et leurs Sols ; 2018 – 2020) financé par l'ADEME. Au sein de ce projet, 7 micro-fermes et leurs sols à Paris et en petite couronne ont été étudiés durant deux ans. Ces fermes situées en toiture (3) et de plain-pied (4) sont illustratives de la diversité de cette forme d'agriculture urbaine. Des indicateurs ont été identifiés et sélectionnés pour étudier les différents services : (i) service d'approvisionnement alimentaire (rendement et qualité de la production), (ii) des services de régulation (rétention d'eau, qualité de l'eau de percolation, recyclage de résidus urbains, stockage de carbone dans le sol, fourniture de nutriments), (iii) service de support de biodiversité et (iv) des services culturels (impact sur

l'apprentissage, le bien-être, l'esthétique) et paysagers. Trois types de méthodes ont été mobilisés pour acquérir les données : (1) participatives, (2) relevés, observations et enquêtes de terrain ainsi que (3) des mesures dites externes (en laboratoire ou à partir de bases de données). Après avoir présenté les indicateurs et méthodes utilisés par service, l'article discute de cette méthodologie et des perspectives pour l'étude de projets en milieu urbain. Cette approche participative couplée à une démarche d'acquisition de données « externes » paraît pertinente et génératrice de savoirs tant sur les services rendus que sur leurs facteurs d'influences.

Mots-clés

Micro-ferme, Agriculture urbaine, Service écosystémique, Sol urbain, Technosol.

ECOSYSTEM SERVICES DELIVERED BY SOILS FROM URBAN MICRO-FARMS: Methodology and feedback

Urban micro-farms are rapidly developping driven by NGOs and supported by citizen and local politics. This new object of research was defined in two different contexts: urban and peri-urban/rural environments (Daniel 2019; Morel et al. 2017). In urban environments micro-farm are small scale farms (less than 1.5EFT per ha), involving often volunteers and generating a diversity of activities. The different functions expected from them (food provisioning, teaching support, social and cultural activity, water retention, valorization of wastes and landscape…) are directly linked to a diversity of ecosystem services that they can deliver. Nevertheless, only a few studies focus on micro-farms and do not allow a sufficient understanding of the ecosystem services that they can deliver. In parallel, the involvement

of farmers in the evaluation of ecosystem services seems to be a great opportunity, if not a necessary condition. Based on this observation, the research project SEMOIRS (2018 – 2020), funded by ADEME, aims to evaluate ecosystem services delivered by urban micro-farms. The aim of this article is to present and discuss the methodology of the project. Seven micro-farms were studied during two years: 4 were located at the soil level and 3 at rooftop level [see table 1]. Five ecosystem services were studied: food production (quantity and quality), biodiversity supporting (flora, fauna, and microorganisms), regulation (water catchment and quality, local climate regulation, use of urban waste and carbon storage) as well as social and cultural services. A set of indicators was set up [see table 3] based on three types of data : (i) participative measurements achieved by the farmers themselves, (ii) field measurements (including a questionnaire for micro-farm users) performed by researchers and (iii) external data, based on laboratory measurements, data bases, literature etc. The study has shown that all of the seven soils of micro-farms are deeply disrupted, from removed topsoil to isolatic Technosol (IUSS Working Group WRB, 2014). The methodology used raised key questions regarding ecosystem services evaluation. (i) First, there is a trade-off to be dealt within the participative approach, between the targeted precision of data needed on the one hand and the time spent by stakeholders for the measurement on the other hand. Despite these limits, the participative approach allows for a better understanding of the ecosystem services drivers by the farmers as well as collecting data not accessible otherwise. (ii) Second, the choice of references to which we compare the ecosystem services delivered by urban micro-farms is crucial. In the project, three reference were considered: professional vegetables farms, other urban agriculture forms and other type of urban green spaces. We identified a serious lack of reference data on the considered ecosystem services that limits the comparison and the discussion. (iii) Finally, our work raised the question of

the scale at which to study different ecosystem services, as the different ecosystem services operate at different spatial scales. Four scale were used here: soil, farm, neighborhood and the territory (here, the city; see figure 3). Encompassing different scales raises however the questions of a common study scale and that of the methodology needed to change from one scale to another. However, despite those limits and perspectives the proposed methodology, relying partly on a participatory approach, appears promising to evaluate the ecosystem services provided by urban micro-farms.

Key-words

Micro-farm, urban agriculture, ecosystem services, urban soil, Technosol.

1. INTRODUCTION

1.1 Le développement de l'agriculture urbaine

L'agriculture urbaine connaît depuis plus d'une dizaine d'années un essor considérable en France et dans le monde. Un engouement que l'on peut relier à l'augmentation de la population urbaine, à la demande en produits frais de proximité, et aussi au besoin croissant de « nature » en ville (Aubry, 2015). Si les agricultures urbaines et périurbaines existent depuis longtemps, on assiste cependant, depuis la fin du siècle dernier et particulièrement dans les pays industrialisés, à l'émergence de nouvelles formes d'agriculture en milieu urbain dense (Aubry, 2015 ; Specht et al., 2013). Elles se caractérisent par (i) une grande diversité de formes (en toiture, au sol, sous serre, à l'intérieur du bâti etc.) (Specht et al., 2013), (ii) une diversité de fonctions : alimentaires, environnementales, paysagères, pédagogiques et culturelles etc. (Huang et al., 2015 ; Zasada, 2011) et (iii) l'implication d'une grande diversité d'acteurs regroupés sous les termes d'« agriculteurs urbains ». Ces derniers, dont le statut juridique est pour le moment inexistant en France, proviennent souvent du monde de l'urbanisme, de l'architecture, du management ou de la communication plutôt que du monde agricole (Daniel, 2017 ; Aubry et Daniel, 2017).

Le développement de ces nouvelles formes d'agriculture est porté par l'essor de nombreux projets associatifs ou entrepreneuriaux et, parfois, par un accompagnement politique. C'est le cas notamment à Paris, où plusieurs appels à projets récents (Végétalisations innovantes en 2013[1], Réinventer Paris[2] en 2014, Parisculteurs 1/2/3 en 2016/2017/2019[3]) mais également à l'échelle nationale (appel à projet « Les quartiers fertiles de l'ANRU[4] »)

[1] http://expe.parisregionlab.com/projet/112
[2] http://www.reinventer.paris/
[3] http://www.parisculteurs.paris/
[4] https://www.anru.fr/decouvrir-lappel-projets-quartiers-fertiles

cherchent à favoriser l'émergence de ces agricultures urbaines. La mairie de Paris s'était ainsi fixée comme objectif de végétaliser 100 ha de toits et murs durant la mandature 2014-2020, dont un tiers en agriculture urbaine, prenant acte que Paris est une des villes les plus denses d'Europe. L'attention médiatique, politique et citoyenne forte ne doit néanmoins pas faire oublier que les agricultures urbaines sont aujourd'hui encore mal connues dans leur fonctionnement technico-économique, leurs conditions de durabilité et les services qu'elles peuvent effectivement rendre ou non à la ville et aux citoyens (Aubry, 2015). Or cette connaissance est un prérequis indispensable pour optimiser l'efficience de ces projets d'agriculture urbaine dans un contexte de rareté de l'espace urbain. L'une des formes particulièrement mal connues de l'agriculture urbaine qui se développe fortement actuellement face à la demande de denrées alimentaires locales est la catégorie des fermes urbaines multifonctionnelles dites micro-fermes urbaines (Daniel, 2017).

Le développement récent des micro-fermes explique le manque de références techniques les concernant. Quelques travaux portent sur leur fonctionnement (Daniel, 2017) et leur modèle économique (Chang et Morel, 2018). En Italie, les « small-farms » correspondent à des fermes avant tout considérées pour leur fonction sociale et leur rôle dans l'aménagement du territoire, plus que pour leur intérêt économique direct (Ascione et al., 2012). Des études existent sur d'autres formes d'agriculture urbaine, telles que les jardins associatifs et sur leurs fonctions de production alimentaire (Pourias et al., 2016). Le projet JASSUR5[5] (2013-2016) a ainsi montré que les sols des jardins associatifs (partagés et familiaux) étaient généralement riches en matière organique et fréquemment contaminés par des éléments traces métalliques (Joimel et al., 2016), pointant ainsi les risques potentiels que l'usage agricole de ces sols peut faire courir. Néanmoins, à la différence des jardins, les

[5] https://anr.fr/Projet-ANR-12-VBDU-0011

micro-fermes présentent une organisation et un modèle de fonctionnement basés sur la multifonctionnalité. Par ailleurs, elles ont recours en général au moins un ou plusieurs salariés assurant le bon déroulement des activités de la ferme et la vente de tout ou partie de la production.

1.2 Une nouvelle forme d'agriculture urbaine : les micro-fermes urbaines

Structures récentes et originales, les micro-fermes ont été définies dans deux contextes différents, en milieu péri-urbain/rural (Morel et Léger, 2016) et en milieu urbain (Daniel, 2017). Dans ce dernier cas, elles présentent quatre caractéristiques majeures :

- Elles affichent des superficies cultivées de petite taille (Daniel, 2017), souvent inférieures aux recommandations officielles de la part d'organismes professionnels agricoles pour les cultures maraîchères (moins d'1,5 ha par actif) (Morel et Léger, 2016) ;
- Elles utilisent ou non le sol urbain, et ont parfois des supports hybrides (en sol et sur un toit), valorisant ainsi les ressources foncières. En sol, elles se développent souvent sur des terrains vacants, délaissés, à l'histoire parfois complexe. Sur les toits, elles se développent sur des sols créés à partir de matériaux divers. Ces sols peuvent être qualifiés d'Anthroposols construits ou d'Isolatic Technosol selon le référentiel pédologique utilisé (Baize et Girard, 2008 ; IUSS Working Group WRB, 2014).
- Particulièrement multifonctionnelles, elles construisent leur modèle économique sur plusieurs sources de revenus : une part, variable, provenant de la vente de produits à des publics variés, une autre de la rémunération d'activités telles que des visites pédagogiques, des ateliers de formation, des loisirs et enfin de subventions du fait de services (souvent sociaux) rendus.

- Enfin, elles présentent le plus souvent une forte implication bénévole (Daniel, 2017). Cette implication est inhérente à leurs rôles pédagogiques et/ou sociaux et peut permettre d'augmenter le rayonnement du projet et d'atteindre un équilibre économique. Les bénévoles réalisent ainsi des tâches variées pouvant aller de la réalisation d'action de production à l'accueil de public ou l'entretien général du site.

1.3 Des micro-fermes urbaines qui soulèvent de nombreuses questions

Le développement des micro-fermes urbaines à l'échelle française et internationale soulève de nombreuses questions tant aux niveaux (i) de l'insertion de ces projets dans les formes urbaines existantes que (ii) des services écosystémiques rendus et externalités négatives en milieu urbain. Si les services que les micro-fermes urbaines rendent à la ville sont souvent mis en avant - approvisionnement alimentaire de très grande proximité, valorisation de déchets urbains, lien social, intégration paysagère, support de biodiversité - cela est rarement basé sur une réelle évaluation et sur une quantification (Clinton et al., 2018 ; Wilhelm et Smith, 2017). L'objectif de cet article est de décrire et de discuter une méthodologie d'étude des services écosystémiques rendus par les micro-fermes urbaines, mise en oeuvre dans un projet en cours, le projet SEMOIRS (Évaluation des Services Ecosystémiques rendus par les MicrO-fermes urbaInes et leuRs Sols ; 2018 – 2020) financé par l'ADEME[6].

Dans cet article, nous synthétiserons les connaissances actuelles sur les services écosystémiques rendus par les sols en agriculture urbaine, puis nous présenterons les micro-fermes étudiées dans le projet SEMOIRS, avant de présenter la méthodologie d'évaluation de services écosystémiques qui y est développée.

[6] https://www6.versailles-grignon.inrae.fr/ecosys/Recherche/Projets/SEMOIRS

2. LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES RENDUS PAR LES MICRO-FERMES URBAINES ET LEURS SOLS

Bien qu'encore faiblement étudiés, les services écosystémiques attendus de et/ou rendus par l'agriculture urbaine ont fait l'objet d'attentions récentes. Un aperçu rapide des connaissances existantes par service, pour lesquels le sol est un facteur important, est décrit ci-dessous.

2.1 Service d'approvisionnement alimentaire :

Les quelques études réalisées en agriculture urbaine, incluant entre autres des micro-fermes, aboutissent à des constats variés sur l'importance de la production alimentaire et sa projection à l'échelle de la ville (Orsini et al., 2014 ; Weidner et al., 2019). À titre d'exemple, dans une synthèse de la littérature, Weidner et al. (2019) mettent en avant un potentiel d'autosuffisance par l'agriculture urbaine couvrant selon les villes, les scénarios développés et les études de 1,9 à 446 % des besoins d'un territoire en fruits et/ ou légumes. Peu de travaux sont disponibles sur le potentiel de production alimentaire de micro-fermes urbaines. Au cours d'un suivi participatif de 5 micro-fermes urbaines sur un an, Daniel (2017) a quantifié des rendements annuels ou par saison de culture allant de 1,7 à 5,6 kg.m-2, associés à une diversité cultivée allant de 12 à 36 espèces. Comme Weidner et al. (2019) l'ont souligné, le manque d'études de cas empêche des estimations fiables du potentiel de production de l'agriculture urbaine.

Comme pour d'autres agroécosystèmes, les sols sont une des composantes essentielles de la production d'aliments, via leur fertilité physique, chimique et biologique. Les micro-fermes

urbaines étant dans certains cas mises en place sur des sols contaminés (e.g. Joimel, 2015), des questions se posent quant au transfert des contaminants du sol vers la plante et donc sur la qualité sanitaire de la biomasse alimentaire produite (Barbillon et al., 2019 ; Säumel et al., 2012). La qualité de l'air urbain peut également affecter la qualité de la biomasse alimentaire (Weidner et al., 2019), même si le lavage et l'épluchage des légumes et fruits produits peuvent limiter les risques encourus[7]. La question de la contamination, tant des sols que de l'air ou de l'eau du milieu urbain, est particulièrement importante dans le cas des micro-fermes qui mettent sur le marché tous ou une partie de leurs produits et accueillent du public. Le projet de recherche REFUGE propose une méthodologie d'évaluation[8] et de gestion du risque sanitaire[9] lié à la présence de contaminants dans les sols des micro-fermes urbaines ; il a révélé un niveau de risque très varié pour les sept micro-fermes pilotes du projet en fonction du type de contaminant, du poids de la fonction alimentaire de la ferme, du niveau d'exposition des populations cibles et des types de cultures (Barbillon et al., 2019). Les travaux menés sur le toit potager d'AgroParisTech ont démontré que des légumes cultivés se développant sur des sols construits uniquement à partir de produits résiduaires organiques respectent la réglementation en vigueur concernant les éléments traces métalliques étudiés : Cd, Cu, Hg, Pb et Zn (Grard et al., 2018 ; 2020). Les recherches continuent dans le cadre des programmes REFUGE et Carthage[10] afin de compléter la base des données pour une gamme plus large de contaminants et pour une distinction entre les deux voies de transfert sol/plante et dépôt atmosphérique.

2.2 Service de support de biodiversité

[7] https://theconversation.com/non-tout-ce-qui-pousse-en-ville-nest-pas-pollue-104948
[8] https://www.inrae.fr/sites/default/files/guide_refuge.pdf
[9] https://www.inrae.fr/sites/default/files/plan_de_maitrise_sanitaire.pdf
[10] https://www.primequal.fr/fr/carthage

Les connaissances acquises en ville restent lacunaires et concernent majoritairement les plantes (e.g. Muratet et al., 2007), les pollinisateurs (e.g. Matteson et al., 2008) et l'avifaune (e.g. Clergeau et al., 2006), plutôt que les organismes du sol en dépit des rôles majeurs de ces derniers dans le fonctionnement des sols urbains et en tant que bio-indicateurs de perturbations anthropiques. De récents travaux ont cependant montré une relativement forte biodiversité des sols dans les jardins associatifs, avec des niveaux de diversité taxonomique en collemboles et vers de terre équivalents voire supérieurs à ceux observés en forêts (Joimel et al., 2017). Toutefois, cette biodiversité apparaît dépendante des pratiques (type d'espèces, abondance) et des formes d'agriculture (toits potagers ou jardins collectifs ; Joimel et al., 2018 ; 2019). Le rôle des micro-fermes et de leurs sols en tant que refuge de la biodiversité reste donc à déterminer.

2.3 Services de régulation

Quatre services de régulation majeurs peuvent être affectés par l'implantation de fermes urbaines :

(i) **la régulation du cycle de l'eau,** du fait de son infiltration et de sa rétention par le sol, de son évapotranspiration, de sa consommation pour l'irrigation mais aussi d'effets sur la qualité des eaux de drainage. Les études existantes montrent un intérêt de ces espaces en termes de rétention de l'eau (Richards et al., 2015 ; Whittinghill et al., 2015 ; 2016 ; Grard et al., 2018). Des bacs potagers dont le sol est construit à partir de produits résiduaires organiques urbains sont capables de retenir entre 74 et 81 % de l'eau apportée, précipitations et irrigation, en entraînant néanmoins une perte de carbone sous forme dissoute (Grard et al., 2018). Cela peut représenter une réduction non négligeable du flux d'eau collecté dans le réseau urbain et donc une

réduction en termes de coût de traitement de l'eau. Harada et al. (2018) montrent cependant qu'une toiture potagère à New-York retient moins d'eau qu'elle n'en rejette du fait de l'irrigation, devenant dès lors une source et non un puits pour l'eau en milieu urbain ;

(ii) **la régulation du climat local :** A fin d e l imiter l 'effet d 'îlot de chaleur urbain, la végétalisation est une des solutions possibles (e.g. Feyisa et al., 2014). Cependant, les données actuelles concernent des toitures végétalisées non productives de biomasse alimentaire et les espaces verts, mais peu l'agriculture urbaine ;

(iii) **la régulation du climat global** via le stockage de carbone dans le sol. À notre connaissance, seuls Whittinghill et al. (2014) ont évalué les stocks de carbone de toitures potagères et les récents travaux de Cambou et al. (2018) ont permis d'évaluer les stocks de carbone potentiels des sols urbains. Les stocks de carbone présents dans des sols urbains non scellés de New-York et Paris semblent non négligeables : supérieurs de 44,5 % à 110,4 % à ceux de sols agricoles sur une couche 0 à 30 cm avec des stocks de 11,3 ± 11,5 kgC m−2 pour New-York et de 9,9 ± 3,9 kgC m−2 pour Paris (Cambou et al., 2018) ;

(iv) **la valorisation de déchets urbains,** qui est mise en oeuvre dans nombre de micro-fermes parisiennes (Daniel, 2017). Cette pratique d'économie circulaire rend le métabolisme urbain plus durable (Aubry et Adoue, 2018 ; Morel-Chevillet, 2018). Pourtant, à notre connaissance, aucune étude scientifique ne permet de quantifier et qualifier cette pratique aujourd'hui. Dans le cadre du projet de recherche T4P, Grard et al. (2015 ; 2018 ; 2020) ont montré que des Technosols construits avec des produits résiduaires organiques urbains représentaient une opportunité intéressante de valorisation de ces déchets, qui pourrait permettre la création de nouvelles filières

de valorisation rejoignant les résultats d'autres travaux comme le projet SITERRE (Coulon et Damas 2016).

2.4 Services culturels et paysagers

Le Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) définit les services écosystémiques culturels comme « les bénéfices non-matériels que l'humanité peut tirer des écosystèmes », tels que le loisir et l'écotourisme, l'esthétisme, l'éducation, la religion, l'inspiration et le patrimoine culturel. Même si le MEA est une référence reconnue et partagée, on retrouve, dans la littérature, plusieurs types de services culturels mis en exergue ainsi que différentes métriques pour les caractériser et les évaluer (Hirons et al., 2016 ; Milcu et al., 2013). Milcu et al. (2013) pointent le développement d'un domaine de recherche relativement nouveau qui manque d'un cadre de recherche bien établi et reproductible. Toutefois, des tentatives de formalisation peuvent être citées. Fish et al. (2016) par exemple, proposent un cadre conceptuel pour appréhender les services culturels au prisme des identités, des expériences et des capacités.

La littérature spécifique concernant l'agriculture urbaine (Aerts et al., 2016 ; Bally, 2017 ; Langemeyer, 2014 ; Sanyé-Mengual et al., 2018) met surtout en avant les services de loisir et d'apprentissage ainsi que la connexion avec la nature et les liens sociaux comme les services plus appréciés par les usagers. Les services paysagers que rendent ces formes d'agriculture urbaine sont ainsi bien identifiés notamment lorsqu'ils concernent l'amélioration des cadres de vie par des groupes de citadins regroupés au sein de structures associatives (Consales, 2008). En revanche, force est de constater qu'au regard de ces travaux, les services sociaux, culturels et paysagers des formes plus récentes d'agriculture urbaine, et notamment des

micro-fermes, restent très faiblement investigués. Le sol est également peu présent dans ces évaluations.

En résumé, la littérature scientifique existante sur les services rendus par l'agriculture urbaine et ses sols s'accorde autour de deux grands constats : (1) la fonction alimentaire, souvent mise en avant dans les projets, ne représente dans les faits pour les formes actuelles d'agriculture urbaine, qu'une faible fraction de l'approvisionnement alimentaire direct à l'échelle de la ville (Weidner et al., 2019) et (2) les avantages environnementaux de l'agriculture urbaine sont extrêmement dépendants des formes et du contexte (Goldstein et al., 2014). Par ailleurs, bien que peu étudiés pour le moment, le type de sol et les intrants agricoles utilisés semblent influencer de manière significative les services écosystémiques rendus. Il ressort également de cet état de l'art que la quantification des services rendus par l'agriculture urbaine, et en particulier par les « nouvelles » formes d'agriculture urbaine telles que les micro-fermes urbaines, et par leurs sols reste faible.

3. DIVERSITÉ DES MICRO-FERMES ÉTUDIÉES

Très hétérogènes dans leurs formes et fonctionnement, les micro-fermes urbaines représentent un objet d'étude vaste et interdisciplinaire. Afin de construire une démarche d'évaluation robuste, 7 micro-fermes urbaines illustrant la diversité de cette forme d'agriculture ont été choisies en région parisienne. Ces fermes urbaines se différencient (i) par l'importance de la production alimentaire par rapport à d'autres activités (tant économiquement qu'en termes de surface occupée), (ii) par les sites sur lesquels elles sont installées (collège, toiture privée, délaissé urbain, parc…) et (iii) par le type de sols sur

lesquels elles se sont développées. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques des micro-fermes urbaines et la figure 1 présente quelques photographies des sites étudiés.

3.1 Localisation

Les fermes étudiées sont toutes situées dans Paris intra-muros ou en petite couronne, ce qui les soumet à une forte contrainte spatiale. Cette contrainte se reflète dans l'hétérogénéité des sites et leur localisation au sein de différentes structures (collège, centre commercial e.g. ; tableau 1). Cette diversité de localisation est couplée à un espace spatial restreint, souvent morcelé et diversifié, qui présente également des types et/ou historiques de sols pouvant être très variés (figure 2). Les micro-fermes étudiées ont ainsi entre 3 et 13 ans. Elles présentent des tailles très variées allant de 145 m**2** à 4 ha avec une surface cultivée représentant en moyenne 45 % [min : 3 % - max : 62 %] de la surface totale de la ferme. Cette variabilité d'utilisation de l'espace pour la production alimentaire illustre bien les contraintes de chaque site et l'importance variable de la fonction de production alimentaire au sein des sites.

3.2 Formes et support de culture

Sur les 7 micro-fermes, trois sont en toiture et quatre en pleine terre (tableau 1). Les sols des micro-fermes (tableau 2) sont soit construits, soit pseudo-naturels, selon la classification de Morel et al. (2014). Au sens du Référentiel Pédologique Français (Baize et Girard, 2008), les sols de MF1-Exp. (Micro-Ferme n°1), MF2, MF3 et MF4-S.C. sont des Anthroposols construits, car ils résultent bien d'actes volontaires de fabrication d'un « sol » avec des objectifs précis, en particulier pour obtenir un milieu aussi fertile que possible dans le cadre d'opérations de végétalisation. Ils se singularisent par la présence de matériaux anthropiques holorganiques (e.g. compost, bois broyé), mais également des matériaux

anthropiques technologiques (e.g. pouzzolane), ainsi que de matériaux anthropiques terreux. Les trois autres sols (MF5, MF6 et MF7), du fait de pratiques d'apports massifs de matériaux anthropiques terreux, peuvent être classés comme des Anthroposols reconstitués.

Par ailleurs, toutes les fermes récupèrent des produits résiduaires organiques urbains, provenant la plupart du temps d'un opportunisme local au sein d'un réseau plus ou moins structuré autour de la ferme.

Figure 1 : Photographies des micro-fermes urbaines étudiées dans le cadre du projet SEMOIRS. Pictures of the urban micro-farms included in the research project SEMOIRS.

Tableau 1 : Caractéristiques des micro-fermes urbaines suivies dans le cadre du projet SEMOIRS. Characteristics of the urban micro-farms included in the research project SEMOIRS.

	Micro-ferme n°1 - Expérimentale – [MF1-Exp.]	**Micro-ferme n°2** [MF2]	**Micro-ferme n°3** [MF3]	**Micro-ferme n°4** - Sols contaminés – [MF4-S.C.]	**Micro-ferme n°5** [MF5]	**Micro-ferme n°6** [MF6]	**Micro-ferme n°7** [MF7]
Type de sol [forme des micro-fermes]	Sol construit [Toiture]			Sol construit [Pleine terre]	Sol pseudo-naturel [Pleine terre]		
Type de structure	Etablissement public	Association					
Type de lieu	Etablissement de recherche et enseignement	Centre commercial	Collège	Délaissé urbain	Parc	Collège	Parc
Date de création du projet	2012	2016	2014	2008	2006 - 2019	2014	2013
Activités	Recherche et enseignement	Maraîchage, insertion sociale et vente	Maraîchage, élevage, éducation et animation	Animation culturelle, élevage, maraîchage et vente	Maraîchage, animation, pédagogie, jardin partagé et vente	Maraîchage, élevage, éducation, animation et vente	Maraîchage, animation et vente
Surface totale de la micro-ferme (m^2)	900	698	145	40 000	25 000	5 819	1100
Surface agricole utile (m^2)	200	397	80	1 648	15 000	3205	683

3.3 Fonctions des micro-fermes étudiées

Les micro-fermes urbaines sont des systèmes très fortement anthropisés. Toutes les structures porteuses des projets sauf une (le toit expérimental d'AgroParisTech – MF1-Exp.) sont des associations. Ces micro-fermes font participer des bénévoles dans leur fonctionnement courant et ont des activités tournées non seulement vers la production

alimentaire, mais aussi et surtout vers l'éducation (MF3 et 6), l'animation culturelle (MF4-S.C.), la pédagogie via la participation à une activité de production alimentaire (MF7) ou encore l'insertion professionnelle (MF2). Cette diversité d'activités montre la multifonctionnalité des micro-fermes urbaines, les fonctions culturelles étant prépondérantes.

Tableau 2 : Caractéristiques des sols des micro-fermes urbaines étudiées. Les profondeurs de sol sont mesurées pour les micro-fermes en toiture (sauf MF2) et sont déclaratives pour les fermes en pleine terre. Soil properties of the urban micro-farms studied.

Micro-ferme	Catégorie	Nature des matériaux	Origine/Composition du sol	Profondeur du sol (cm)	Usage précédent du sol
MF 1-Exp	Toiture	Non terreux	Deux zones : (A) Compost et bois broyé (B) Mélange de pouzzolane et compost	~ 20/30	Toiture végétalisée extensive
MF 2			Mélange pouzzolane compost	~ 100	Toiture végétalisée intensive
MF 3			Mélange à base de compost	~ 15/20	-
MF 4-S.C.	Pleine terre	Terreux et non terreux	Buttes sur remblai (compost, fumier etc.)	~ 30	Dépôt sauvage
MF 5		Terreux	Terre végétale rapportée	~ 300	Espace verts
MF 6			Terre végétale/remblai - rapportés	~ 100	
MF 7			Terre végétale rapportée (terrain de sport, présence de sable)	~ 150	

Figure 2 : Profils de sol des différents sites d'étude en octobre 2018. Soil profile of the different urban micro-farms (October 2018).

4. MÉTHODE ET GRILLE D'ANALYSE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES FOURNIS PAR LES SOLS DANS DES MICRO-FERMES URBAINES

De nombreux travaux se sont penchés sur la contribution des sols à la fourniture de services écosystémiques (e.g. Adhikari et Hartemink, 2016 ; Dominati et al., 2014) y compris très récemment en milieu urbain (Morel et al., 2014 ; Blanchart et al., 2018), et sur les méthodologies d'évaluation. Toutefois, le passage des cadres théoriques aux approches opérationnelles nécessitant des indicateurs simples et robustes, reste un défi (Calzolari et al., 2016). De plus, certaines caractéristiques des micro-fermes au regard de leurs objectifs doivent être prises en compte dans la démarche d'évaluation des services : place prépondérante de l'homme dans le système, hétérogénéité spatiale verticale et horizontale, et ce à différentes échelles (profil de sol, parcelle, micro-ferme, quartier). C'est dans ce cadre que le projet SEMOIRS a mené une réflexion sur le choix des services écosystémiques et des indicateurs pertinents à étudier pour les micro-fermes urbaines ainsi que sur la détermination de valeurs de références.

Les indicateurs de services ont été choisis sur la base des méthodologies déjà développées sur les sols (e.g. Calzolari et al., 2016) intégrant le contexte urbain (Blanchart et al., 2018) et en prenant en compte les caractéristiques des fermes urbaines. Le choix de ces indicateurs sera détaillé par la suite pour chaque catégorie de service. Les indicateurs de services proposés (quantitatifs ou qualitatifs) s'appuient sur trois types de données : 1) des mesures dites participatives réalisables et réalisées par les porteurs de projets/agriculteurs urbains, 2) des mesures ou enquêtes réalisées sur le terrain par les scientifiques, 3) des mesures en laboratoire ou issues de bases de données externes (voir tableau 3).

4.1 Choix des services écosystémiques étudiés

En nous basant sur l'état de l'art présenté ci-dessus (voir page 35- 37), nous avons choisi d'étudier des services écosystémiques appartenant à 4 catégories : (1) approvisionnement, (2) régulation, (3) soutien et (4) culturel et paysager (tableau 3). Nous avons donc cherché à mesurer le service d'approvisionnement en aliments, même si dans certains travaux la production agricole n'est pas considérée comme un service écosystémique (Tibi et Therond, 2017). En effet, dans un agroécosystème, le service d'approvisionnement résulte à la fois de processus écologiques et d'éléments de la structure de l'écosystème, mais aussi d'intrants anthropiques (fertilisants, pesticides, irrigation et énergie).

Par ailleurs, bien que de nombreux auteurs mentionnent les services culturels fournis par les sols (e.g. Dominati et al., 2014), ceux-ci sont rarement intégrés in fine dans les méthodologies d'évaluation des services rendus. Or, la prépondérance de fonctions sociales et culturelles ainsi que la multifonctionnalité des micro-fermes forcent à l'intégration d'une grande diversité de services dans leurs études. Toutefois, ces services culturels ne dépendent pas seulement des sols, mais de l'ensemble sol-végétation-fermiers, c'est-à-dire du socio-écosystème. Nous avons donc choisi d'évaluer également les services culturels, les étudiant en tant que produit de l'ensemble sol-végétation-fermiers.

4.2 Une démarche participative

Dans le cadre du projet, différents acteurs - des gestionnaires de projet, des bénévoles, des acteurs de l'aménagement et des chercheurs, - se sont impliqués dans l'acquisition de données, ce qui a nécessité en amont des discussions de cadrage des méthodologies entre les chercheurs et les gestionnaires de projet : choix des indicateurs et définition des métriques. Cette approche participative, via notamment l'implication de bénévoles,

représente à la fois une opportunité et une contrainte. Les acteurs et bénévoles de ces structures sont en effet curieux et volontaires pour mieux connaître leurs fermes et les services associés et ont des connaissances expertes sur leurs sites. Ils saisissent aussi l'intérêt de la mise en visibilité et reconnaissance par l'espace public et les politiques de ces sites d'agriculture urbaine. Néanmoins, le déploiement de ce type d'approche nécessite un temps d'explication et un suivi rapproché, adaptés aux spécificités de chaque site pour garantir l'acquisition de données de qualité, rigoureuses et exploitables. Par exemple, chaque carnet de récolte mis en place a permis de relever les mêmes informations, mais différentes formes ont dû être mises en place (format papier ou numérique avec des agencements différents) selon l'organisation de la ferme. La mise en oeuvre d'une telle démarche participative dans le cadre du projet n'a fait que confirmer l'appétence et l'intérêt des acteurs de terrain pour mieux connaître le fonctionnement de leurs micro-fermes et les services rendus. Elle a permis aux chercheurs d'acquérir des données qu'il aurait été difficile d'obtenir sans cette implication des acteurs de terrain, telles que la quantité de biomasse récoltée ou le volume et le type d'apport de produits résiduaires urbains.

4.3 Choix des indicateurs de service

4.3.1. Service d'approvisionnement

Au sein des fermes, le service d'approvisionnement en aliments a été abordé de manière quantitative et qualitative. L'approche quantitative a eu pour objectif de mesurer des rendements via la mise en place pour tous les sites de carnets de récolte, sur le modèle de ceux utilisés dans les travaux de Pourias et al. (2016) lorsque ce suivi n'existait pas déjà. La qualité a été abordée via la diversité des végétaux cultivés et récoltés ainsi que par la mesure de la qualité sanitaire de la production alimentaire (e.g. teneur en éléments traces

métalliques) (tableau 3). Ces indicateurs ont été complétés par des informations concernant le devenir des productions alimentaires (vente, auto-consommation etc.) et les prix de vente pratiqués. Ces choix permettent de répondre à plusieurs questions soulevées dans la littérature concernant les niveaux de production (Weidner et al., 2019) et la contamination potentielle des produits issus de l'agriculture urbaine (Säumel et al., 2012) et leur valorisation.

4.3.2. Service de support

La biodiversité est une composante importante des services de support (MEA, 2005) en raisons de leurs rôles fonctionnels incluant le recyclage de la matière organique du sol, la structuration du sol ou encore le bio-contrôle. Dans les méthodologies existantes, un seul type d'organismes est souvent ciblé pour des raisons de temps et de coûts d'analyse (e.g. les microarthropodes chez Calzolari et al., 2016). Néanmoins, les différents organismes du sol jouent un rôle majeur à différentes échelles spatio-temporelles et interagissent entre eux. Nous avons donc choisi d'étudier la biodiversité des sols en ciblant des organismes de différentes tailles (micro-organismes, mésofaune, macrofaune) via des indicateurs d'abondance, de densité et de diversité sur une profondeur de 0 à 20 cm. L'activité biologique a été évaluée via le suivi de décomposition de sachets de thé (Tea bag index, Djukic et al., 2018).

La biodiversité végétale a été appréhendée par des inventaires d'espèces cultivées et également d'espèces spontanées.

4.3.3. Service de régulation

Pour cette catégorie, nous avons considéré les services en lien avec la régulation de l'eau, la structuration du sol, la fourniture d'éléments minéraux aux plantes, la régulation du climat local et du climat global et le recyclage de déchets urbains.

4.3.3.1 Régulation de l'eau : Stockage et fourniture d'eau aux plantes cultivées, stockage et restitution d'une eau de qualité

Ce service dépend de la quantité d'eau que le sol peut absorber et stocker puis restituer aux plantes et de sa capacité à agir comme un agent filtrant à travers lequel l'eau passe avant de s'écouler vers les plans d'eau, y compris les eaux souterraines et les rivières (Dominati, Patterson and Mackay, 2010).

L'agriculteur est le bénéficiaire de la capacité du sol à infiltrer et stocker de l'eau et l'avantage qu'il en retire correspond à la quantité d'eau qu'il devrait apporter par irrigation en l'absence de ce rôle du sol, pour obtenir la même production végétale (Tibi et Therond, 2017). Nous avons donc déterminé la réserve utile des sols à partir de mesures de rétention d'eau par les sols en laboratoire, de manière à connaître la capacité d'interception de l'eau gravitaire par les sols en place et de restitution aux plantes cultivées. En parallèle, nous avons quantifié directement les intrants exogènes en mesurant la consommation d'eau des sites durant toute la durée de l'étude (tableau 3). De telles mesures sont rarement effectuées. Cependant, la difficulté de cette analyse et de son interprétation réside dans le manque de références fiables sur les pratiques d'irrigation dans d'autres espaces urbains. Par ailleurs, la diversité d'usages de l'eau sur site en dehors de l'irrigation (activités pédagogiques, lavage de légumes ou de matériels), souvent mal estimée, biaise parfois l'interprétation des résultats. Enfin, la société dans son ensemble bénéficie de la restitution d'une eau de qualité vers les aquifères. De par ses propriétés, le sol aura une capacité plus ou moins importante à retenir des substances et éléments contaminants. Pour évaluer cette

fonction, nous avons réalisé en laboratoire des mesures de lixiviation sur des prélèvements de sols réalisés sur la profondeur 0-20 cm (Tableau 3).

4.3.3.2 Structuration du sol

Les propriétés physiques du sol et en particulier sa capacité de rétention en eau et en air ont des rôles clés pour le bon développement des végétaux. La structuration du sol correspond à la capacité de l'écosystème à générer et maintenir une structure du sol permettant à ce dernier de remplir ses fonctions de support, d'habitat, de filtre et stockage (Tibi et Therond, 2017). Ce service « amont » influence le service d'approvisionnement alimentaire mais également celui de régulation de l'eau. Deux indicateurs de porosité (porosité totale et porosité libre à l'air à la capacité de rétention, pF2) ont ici été analysés à l'aide de mesures en laboratoire sur la profondeur 0-20 cm (tableau 3).

4.3.3.3 Fourniture d'éléments minéraux aux plantes par le sol

La fourniture d'éléments minéraux par le sol a un effet direct sur le développement de la biomasse végétale et donc des plantes cultivées. Ce service « amont » permet au gestionnaire de réduire la fertilisation exogène, qu'elle soit organique ou minérale, tout en maintenant le niveau de production. Quantifier des indicateurs de ce service apparaît d'autant plus pertinent que ces fermes n'ont pas, ou très peu, recours à des fertilisants minéraux. Pour évaluer cette fourniture, nous avons estimé les teneurs et déterminé les stocks de différents éléments nutritifs dans le sol (teneurs totales et phytodisponibles sur 0-20 cm).

4.3.3.4 Régulation du climat local

Localement, la végétation des micro-fermes urbaines peut influencer le microclimat, en régulant notamment la température et l'humidité de l'air. Dans le cadre du projet, une

modélisation à l'aide d'un modèle de microclimat et d'échange d'énergie dont le sol est un des compartiments a été mise en place pour appréhender l'impact de l'écosystème créé par les fermes sur la température locale.

4.3.3.5 Régulation du climat global

La quantité de carbone actuellement stocké dans les sols des micro-fermes a été déterminée à partir de mesures de teneurs en C organique et de masses volumiques apparentes en se focalisant sur les horizons superficiels (0-20 et 0-30 cm) qui sont régulièrement amendés en produits résiduaires urbains (compost et bois broyé notamment) et donc des zones particulièrement enrichies en matières organiques.

4.3.3.6 Recyclage des déchets urbains

Le recyclage des matières organiques par les fermes urbaines est un service commun à l'ensemble des fermes étudiées et nécessite une étude qualitative et quantitative pour être mieux appréhendé. Nous avons ainsi choisi de suivre des indicateurs qualitatifs, tels que l'origine et le type de produits résiduaires valorisés, ainsi que l'analyse de la qualité des matières organiques et des indicateurs quantitatifs tels que le volume des apports réalisés (tableau 3). Néanmoins, durant le projet, le caractère très chronophage de la mesure des volumes de produits résiduaires organiques apportés à la parcelle est ressorti durant les échanges avec les porteurs de projet. Une alternative a alors été mise en place pour concilier programme de recherche et usages agricoles des sites en relevant uniquement les livraisons de produits résiduaires organiques à l'échelle de la ferme et en comparant ensuite les volumes entrant et ceux restant sur la ferme à l'état de tas de compost. Cette adaptation illustre directement comment les métriques des indicateurs sont issues de compromis entre

les différents acteurs aux préoccupations prioritaires différentes pour atteindre à la fois la précision des données souhaitée et la faisabilité sur le terrain du relevé de ces dernières.

4.3.4 Services culturels

Le positionnement de recherche initial qui consistait à découpler radicalement l'analyse des services écosystémiques culturels de celle des services paysagers a été amené à évoluer. En effet, la littérature scientifique tend à considérer ces différents services écosystémiques de manière globale, sous le terme générique de services écosystémiques culturels, dont les services sociaux et paysagers ne sont, de fait, qu'une sous-catégorie. Par ailleurs, les enquêtes exploratoires de terrain ont démontré qu'un traitement d'ensemble des services culturels était plus adapté pour l'étude des micro-fermes urbaines, avec toutefois la nécessité de distinguer les services au regard de leurs bénéficiaires.

4.3.4.1 Les services écosystémiques culturels endogènes aux micro-fermes

Ceux-ci correspondent à l'ensemble des services écosystémiques culturels produits à l'intérieur des micro-fermes par ou pour des individus ou des groupes d'individus ponctuellement ou régulièrement appelés à fréquenter les sites (salariés, bénévoles, adhérents, participants, etc.). Dans ce cas, la démarche s'est saisie de méthodes de sciences sociales pluridisciplinaires, enquêtes par observations, questionnaires et entretiens semi-directifs.

4.3.4.2 Les services écosystémiques culturels exogènes aux micro-fermes

Il s'agit là de l'ensemble des services écosystémiques produits à l'extérieur des micro-fermes pour des individus ou des groupes d'individus ne fréquentant pas les sites (riverains, passants, etc.). Dans ce cas, l'étude des paysages des micro-fermes est apparue comme le vecteur d'évaluation le plus adapté. Considéré dans une acception assez large, le paysage a,

en effet, permis de fonder une analyse des vues, des perceptions mais aussi des représentations associées à des populations potentiellement concernées (riverains, passants etc.) par les micro-fermes urbaines, mais ne les fréquentant pas.

Ce travail s'est essentiellement appuyé sur une enquête par questionnaires photographiques, réalisée à la volée dans quelques lieux stratégiques plus ou moins éloignés des sites d'étude afin de déterminer un potentiel effet de proximité. Cette enquête a permis de mettre en exergue ce qui est connu, conçu, pratiqué et ressenti comme un paysage par les personnes extérieures aux micro-fermes urbaines. Parallèlement, une étude des co-visibilités a été effectuée. Pour chaque site d'étude, l'objectif était de saisir le paysage urbain perçu depuis la micro-ferme et, inversement, de comprendre le paysage urbain environnant dans lequel s'insère la micro-ferme. Pour les services culturels, nous n'avons pas individualisé la contribution spécifique des sols et les indicateurs choisis n'en tiennent donc pas compte.

4.4 Sélection des référentiels

L'évaluation des services, dans l'approche choisie, implique le choix de référentiels pour comparer, discuter et évaluer les valeurs obtenues. Par exemple, la teneur en éléments traces dans les légumes commercialisés par les micro-fermes a été comparée à des teneurs réglementaires dans les légumes issus d'exploitations maraîchères hors ville, en l'absence de données sur la qualité des légumes en agriculture urbaine. Cette démarche a déjà été développée par Grard et al. (2018 ; 2020) et répond à l'état actuel des connaissances et à des données très lacunaires en milieu urbain. Les référentiels peuvent différer entre les services et plusieurs référentiels peuvent être utilisés pour un même indicateur. Ainsi, dans le cas du service de régulation du climat global via le stock de carbone présent dans les sols

des micro-fermes, ceux-ci ont été d'une part comparés aux stocks de C de sols agricoles en milieu rural (on se réfère alors à un système ayant pour objectif principal la production) et d'autre part aux stocks de C présent dans d'autres sols urbains, sous des usages différents tels que des parcs et jardins (référence d'usage) (tableau 3).

De manière générale, dans le cadre du projet, trois types de références disponibles ont été mobilisés, des références correspondant (i) au même usage agricole et cultures maraîchères, mais dans un autre contexte (milieu rural ou agriculture urbaine commerciale) et/ou (ii) à d'autres usages du sol en milieu urbain, par exemple parcs et jardins, et/ou (iii) à des normes (e.g. réglementation sur le Pb ou le Cd dans les légumes par exemple). Le choix du référentiel, étape essentielle de l'évaluation du service, dépend de l'objectif poursuivi. Si celui-ci est d'évaluer ou améliorer la performance d'un des services en particulier (par exemple qualité des légumes produits), la comparaison au même usage maraîcher, ayant le même objectif de production d'aliments, mais dans d'autres contextes (références notées i) ou la comparaison à une norme (références iii) paraît être la plus adaptée. En revanche, si l'objectif est de comparer différents usages du sol en milieu urbain (par exemple dans une perspective d'aménagement), la comparaison à d'autres modes d'occupation des sols urbains (références ii) est la plus pertinente. Etant intrinsèquement multifonctionnelles, les micro-fermes urbaines ne peuvent sans doute pas être aussi performantes que des entités à vocation définie comme la production de légumes pour une exploitation maraîchère classique, la fourniture de paysage récréatif pour un espace vert. La comparaison à une référence ayant pour fonction principale le service attendu peut donc poser le problème de mettre en regard deux systèmes qui n'ont pas les mêmes contraintes et donc des niveaux de services rendus différents (e.g. des rendements différents). Ce constat ne fait que renforcer les besoins de connaissances sur les services écosystémiques rendus spécifiquement par les

micro-fermes et plus généralement par les infrastructures vertes urbaines. Plus largement, l'enjeu d'évaluation de cette multifonctionnalité rejoint l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes.

4.5 Echelles d'étude des services

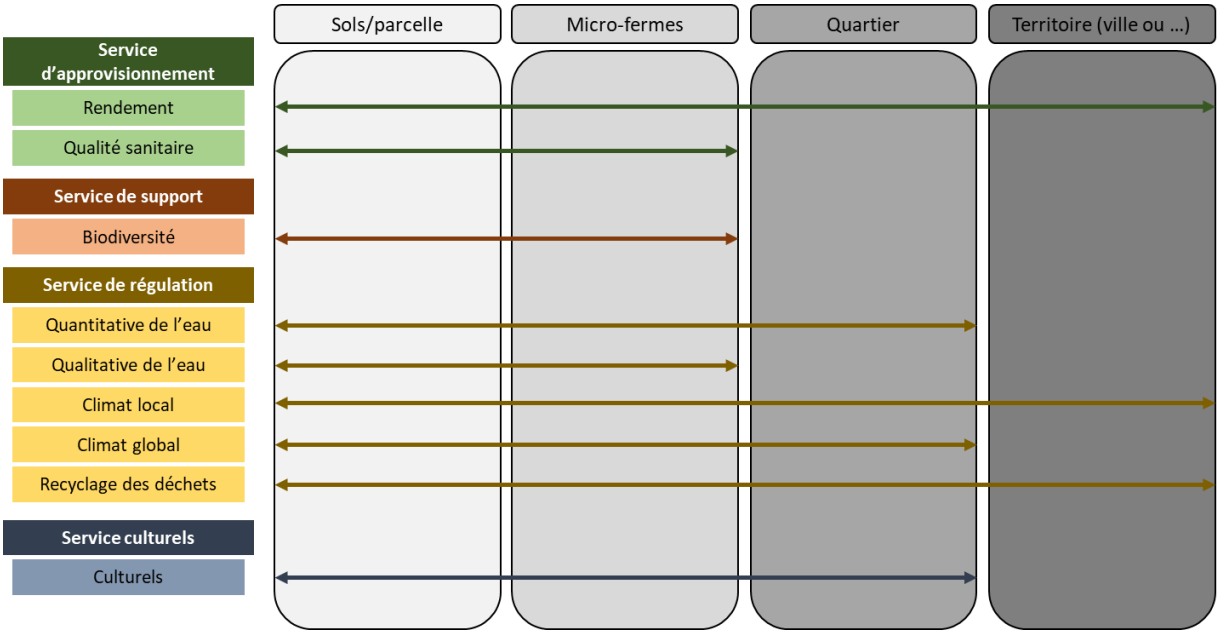
Sous-jacente à l'évaluation de services écosystémiques, la question de l'échelle d'étude de ces derniers se pose particulièrement pour les micro-fermes urbaines. Mobilisant diverses composantes de l'agroécosystème, les services ont été étudiés ici à quatre échelles différentes : (i) l'échelle du solum et de la parcelle, (ii) celle de la micro-ferme dans son ensemble, (iii) celle du quartier, voire (iv) celle du territoire (ici la ville). Ces échelles d'étude sont résumées au sein de la figure 3. Le choix de ces échelles a été réfléchi en prenant en compte l'échelle d'impact du service et l'objectif de l'évaluation. Ainsi, le service d'approvisionnement alimentaire, au travers de la mesure des rendements, peut être exprimé à l'échelle de la parcelle ou planche cultivée, ou de la micro-ferme, incluant alors les allées, les haies, les zones récréatives... Mais il pourrait également être analysé à l'échelle du quartier ou du territoire (voir figure 3). On passe ainsi d'une estimation en termes de rendement pouvant aller au maximum à 1,2 kg.m-2 pour les parcelles cultivées d'une des micro-fermes à 0,3 kg.m-2 en considérant l'ensemble des surfaces potentiellement cultivables à l'échelle de la micro-ferme. L'expression de ce service à une échelle spatiale supérieure, le quartier ou la ville, nécessiterait une estimation des surfaces qui pourraient être affectées à des micro-fermes urbaines et/ou une autre expression du service (en calories produites par exemple). Dans ce dernier cas, la question de la méthodologie et de la pertinence de l'extrapolation faite à des échelles supérieures se pose de manière claire. On le voit, l'échelle spatiale considérée affecte l'interprétation de la valeur du service. Cette

question d'échelle d'expression du service dépendra donc de l'objectif de l'évaluation et de la pertinence de l'échelle sélectionnée, ce qui pourra nécessiter un changement dans l'expression de l'indicateur.

Catégorie	Services	Indicateurs	Références		
			Maraîchage	Agriculture urbaine	Espace vert
Service d'approvisionnement	Production alimentaire	Rendement*	X	X	
		Diversité cultivée*	X	X	
		Concentration en contaminants	X	X	
Service de régulation	Eau - quantité	% d'eau de pluie ou irrigation retenue par le sol (réserve utile)		X	X
		Consommation d'eau*	X	X	X
	Eau - qualité	Concentration (C, N, P, ETM etc.)	X	X	X
	Structure du sol	Porosité totale	X	X	X
		Porosité libre à l'air à la capacité de rétention	X	X	X
	Fourniture de nutriments aux plantes cultivées	Teneurs et stocks en éléments nutritifs (N, P, K, etc.).	X	X	
	Climat local	T° moyenne de l'air		X	X
	Climat global	Stock de Corg du sol	X	X	X
	Déchets urbains	Diversité des produits résiduaires organiques (PRO) apportés*	X	X	X
		Quantité de PRO valorisée*	X	X	X
		Qualité des PRO	X	X	X
Service de support	Biodiversité	Micro-organismes (abondance, diversité)	X	X	X
		Mésofaune (densité, diversité)	X	X	X
		Macrofaune (densité, diversité)	X	X	X
		Flore cultivée et spontanée (densité, diversité)	X	X	X
		Activité biologique (tea bags)	X	X	X
Service culturel	Endogènes	Valeur esthétique du paysage		X	X
		Nombre et types d'activités récréatives divertissement		X	X
		Compétences développées		X	X
		Effets sur le plan mental et physique		X	X
		Modalités de transfert des savoirs		X	X
		Caractère des relations sociales développées		X	X
	Exogènes (Paysage)	Perceptions et représentations		X	X
		Co-visibilités		X	X

Tableau 3 : Services, indicateurs et références étudiés et utilisés. *Mesures étant ou pouvant être participatives. Studied ecosystem services, indicators and reference used.

Figure 3 : Représentation des échelles d'étude potentielles par service. *Representation of potential study scales.*



5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La méthodologie d'évaluation des services écosystémiques fournis par les différents sols des micro-fermes urbaines mise en place dans le cadre du projet SEMOIRS, est basée sur une approche intégrative, telle que décrite par Dominati *et al.* (2014) et Adhikari et Hartemink (2016), qui relie les indicateurs de sol pertinents à des fonctions du sol, eux-mêmes associés à des services écosystémiques. En intégrant les spécificités des micro-fermes urbaines, notre méthodologie représente une opportunité :

(i) pour le milieu académique, d'augmenter le niveau de connaissances sur cette forme d'agriculture urbaine et ainsi mieux l'appréhender, l'analyser et discuter de l'impact des fermes sur leur environnement biotique et abiotique ; plus largement progresser dans

l'évaluation multicritère de la durabilité des écosystèmes agricoles et les réflexions relatives aux usages des sols.

(ii) pour les acteurs de terrain, de mieux connaître et donc mieux gérer les micro-fermes urbaines en favorisant certains services et/ou en gérant les compromis entre plusieurs services écosystémiques. Les résultats du projet devraient leur permettre de disposer de leviers d'amélioration et d'optimisation des services écosystémiques en jouant notamment sur les pratiques ;

(iii) pour les aménageurs, de mieux appréhender ce qu'apportent les micro-fermes au sein du tissu urbain en comparaison à d'autres occupations possibles du sol. Néanmoins, les mesures mobilisées, la rareté des références disponibles et la difficulté d'interprétation de certains indicateurs limitent aujourd'hui la mise en œuvre d'une telle évaluation par des porteurs de projet.

Face à la multifonctionnalité des micro-fermes urbaines et de certaines infrastructures vertes, il semble nécessaire de développer des outils permettant de mieux connaître la qualité et les services rendus par ces sols. Certaines collectivités commencent ainsi à prendre en compte certains services rendus par les micro-fermes urbaines en dehors de la production alimentaire. Ainsi, l'aptitude de toits potagers à atténuer les flux d'eau de pluie vers le réseau de collecte a été reconnue par la ville de New-York qui a subventionné en conséquence l'une des toitures de l'entreprise Brooklyn Grange (592 730 $ pour 6 000 m2 de toiture ; Cohen et Wijsman, 2014). En parallèle, quelques outils[11] sont en cours de développement pour aider à intégrer le sol dans la planification urbaine, mais nécessitent d'être adaptés et complétés.

[11] par exemple, l'outil Destisol'AU – INRAE, https://www.inrae.fr/actualites/Destisol%27AU

Notre méthodologie a permis de mettre en lumière plusieurs limites à une évolution vers des outils d'évaluation des services écosystémiques par les gestionnaires de micro-fermes urbaines notamment sur :

(i) l'acquisition de valeurs quantitatives. L'utilisation des indicateurs par les acteurs de terrain est souhaitable et souhaitée. Cependant, si elle est relativement aisée concernant certains indicateurs (niveau de production alimentaire, consommation d'eau...), elle nécessite pour d'autres l'intervention de spécialistes compliquant d'autant l'appropriation de la démarche par les acteurs de terrain ;

(ii) un fort besoin de référentiels adaptés et spécifiques. Les méthodologies d'évaluation nécessitent de se rapporter à des valeurs de références pour calibrer les indicateurs. Les connaissances lacunaires en milieu urbain sont donc un frein à leur développement ;

(iii) une analyse des données qui prend en compte la diversité des bénéficiaires (les usagers et la société…) de leurs pratiques et de leurs perceptions… ;

(iv) une échelle spatiale pertinente d'évaluation des services écosystémiques. Ces échelles sont en effet dépendantes du type de service étudié et de l'impact que celui-ci peut avoir. La question de la méthodologie de passage d'une échelle à une autre pour certains services apparaît également particulièrement importante ;

(v) l'intégration du temps. Selon les services considérés, les indicateurs ont été suivis en continu (*e.g.* rendement, consommation d'eau, utilisation de résidus urbains) sur un temps donné ou à une date précise (*e.g.* biodiversité ou stock de carbone). Certains services nécessitent un suivi à moyen et plus long terme. Ce constat est d'autant plus vrai pour les micro-fermes urbaines dont les sols sont soumis à une forte dynamique de changement d'usages et de pratiques. Dans le cas des sols construits, ceux-ci ont des

caractéristiques qui évoluent rapidement au cours du temps (Grard, 2017). Plus largement, la durabilité temporelle et économique de ces systèmes est souvent posée comme une limite à la création de micro-fermes urbaines et une volonté de pérennisation de ces projets est souvent mise en avant. L'évaluation de services écosystémiques et leur rétribution sont vues par des acteurs de terrain comme une perspective souhaitée de financement pérenne de micro-fermes urbaines, comme cela a pu être exprimé dans un récent rapport du CESE (CESE, 2019).

L'élargissement de ce type d'approche à d'autres formes d'agricultures urbaines apparaît souhaitable pour discuter de l'intérêt (environnemental, sociologique etc.) du développement de projets d'agriculture urbaine, dont la diversité est très grande, dans des environnements variés.

6. REMERCIEMENTS

Les auteurs de cette étude, participant au projet SEMOIRS, tiennent avant tout à remercier l'ADEME pour le financement du projet. Ils souhaitent également remercier le laboratoire d'analyse des sols de la ville de Paris qui a réalisé la grande majorité des analyses pédologiques. Ils remercient chaleureusement l'ensemble des porteurs de projet sans qui cette étude n'aurait pu exister ainsi que l'ensemble des stagiaires qui y ont été associés. Enfin, les auteurs souhaitent remercier les trois relecteurs de cet article qui ont permis d'en améliorer et en clarifier le contenu.

7. BIBLIOGRAPHIE

Adhikari K., Hartemink A.E., 2016 - Linking soils to ecosystem services - A global review. Geoderma, 262: 101–111. https://doi.org/10.1016/j. geoderma.2015.08.009

Aerts R., Dewaelheyns V., Achten W.M.J., 2016 - Potential ecosystem services of urban agriculture : a review. PeerJ Preprint: 1–6.

Ascione E., Henke R., Vanni F., Ascione E., Henke R., Vanni F., 2012 - Small farms in Italy public support, diversification and economic sustainability. http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Small+farm+in+Italy:+public+support,+diversification+and+economic+sustainability#0

Aubry C., 2015 - Les agricultures urbaines et les questionnements de la recherche. Pour, 224(4): 35. https://doi.org/10.3917/pour.224.0035

Aubry C., Adoue C., 2018 - Agricultures urbaines et économie circulaire. VertigO(Hors-série 31): 0–4. https://doi.org/10.4000/vertigo.21594

Aubry C., Daniel A., 2017 - Innovative Commercial Urban Agriculture in the Paris Metropolitan Area. In Toward Sustainable Relations Between Agriculture and the City. Springer, Cham. p. 147-162 p.

Baize D., Girard M.-C., 2008. Référentiel pédologique 2008. 405 pp.

Bally F., 2017 - Quels services écosystémiques culturels sont produits par des citoyens et quelles valeurs y associent-ils ? Environnement Urbain, 11(July 2020). https://doi.org/10.7202/1050490ar

Barbillon A., Aubry C., Nold F., Besancon S., Manouchehri N., 2019 - Health Risks Assessment in Three Urban Farms of Paris Region for Different Scenarios of Urban Agricultural Users: A Case of Soil Trace Metals Contamination. Agricultural Sciences, 10(03): 352–370. https://doi. org/10.4236/as.2019.103029

Blanchart A., Séré G., Cherel J., Warot G., Stas M., Consalès J.-N., Morel J.-L., Schwartz C., 2018 - Towards an operational methodology to optimize ecosystem services provided by urban soils. Landscape and Urban Planning, 176(March): 1–9. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.03.019

Calzolari C., Ungaro F., Filippi N., Guermandi M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2016 - A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale. Geoderma, 261: 190–203. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.013

Cambou A., Vidal-Beaudet L., Cannavo P., Schwartz C., Shaw R.K., Huot H., Hunault G., Nold F., 2018 - Estimation of soil organic carbon stocks of two cities, New York City and Paris. Science of the Total Environment, 644: 452–464. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.322

CESE., 2019 - L'agriculture urbaine : un outil déterminant pour des villes durables. 98 pp.

Chang M., Morel K., 2018 - Reconciling economic viability and socio-ecological aspirations in London urban microfarms. Agronomy for Sustainable Development, 38(1). https://doi.org/10.1007/s13593-018-0487-5

Clergeau P., Croci S., Jokimäki J., Kaisanlahti-Jokimäki M.L., Dinetti M., 2006. Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. Biological Conservation, 127(3): 336–344. https://doi.org/10.1016/j. biocon.2005.06.035

Clinton N., Stuhlmacher M., Miles A., Uludere Aragon N., Wagner M., Georgescu M., Herwig C., Gong P., 2018 - A Global Geospatial Ecosystem Services Estimate of Urban Agriculture. Earth's Future. https://doi. org/10.1002/2017EF000536

Cohen N., Wijsman K., 2014 - Urban agriculture as green infrastructure : the case of New Yor City. Urban Agriculture Magazine, (27): 16–19.

Consales J.-N., 2008. Jardins familiaux et développement durable: entre discours théoriques et actes concrets. L'après développement durable. Espaces, Nature, Culture et Qualité.: 203–211.

Coulon A., Damas O., 2016 - Créer des sols fertiles. Du déchet à la végétalisation urbaine.. Le Moniteu edition. 336 pp.

Daniel A., 2017 - Fonctionnement et durabilité des micro-fermes urbaines. Une observation participative sur le cas des fermes franciliennes. Chaire Eco- Conception Vinci, p.

Daniel A., 2019 - Les micro-fermes urbaines, de nouvelles fabriques agri-urbaines. Vertigo: 0–27. https://doi.org/10.4000/vertigo.21447

Djukic I., Kepfer-Rojas S., Schmidt I.K., Larsen K.S., Beier C., Berg B., Verheyen K., 2018 - Early stage litter decomposition across biomes. Science of the Total Environment, 628–629: 1369–1394.

Dominati E., Mackay A., Green S., Patterson M., 2014 - A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: A case study of pastoral agriculture in New Zealand. Ecological Economics, 100: 119–129. https://doi.org/10.1016/j. ecolecon.2014.02.008

Dominati E., Patterson M., Mackay A., 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecological Economics, 69(9): 1858–1868. https://doi.org/10.1016/j. ecolecon.2010.05.002

Feyisa G.L., Dons K., Meilby H., 2014 - Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. Landscape and Urban Planning, 123: 87–95. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.008

Fish R., Church A., Winter M., 2016 - Conceptualising cultural ecosystem services: A novel framework for research and critical engagement. Ecosystem Services, 21(January 2015): 208–217. https://doi.org/10.1016/j. ecoser.2016.09.002

Goldstein B., Birkved M., Hauschild M., Fernandez J., 2014 - Urban agricultural typologies and the need to quantify their potential to reduce a city ' s environmental ‘ foodprint '. World SB14, Barcelona, 28/30th October 2014: 24–31.

Grard B., 2017 - Des Technosols construits à partir de produits résiduaires urbains : services écosystémiques fournis et évolution. (Thèse AgroParisTech-INRA-Université ParisSud): 307.

Grard B.J.P., Bel N., Marchal N., Madre F., Castell J.F., Cambier P., Houot S., Manouchehri N., Besancon S., Michel J.C., Chenu C., Frascaria-Lacoste N., Aubry C., 2015 - Recycling urban waste as possible use for rooftop vegetable garden. Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society, 3(1): 21–34. (also available at http://futureoffoodjournal.org/index. php/journal/article/view/141).

Grard B.J.P., Chenu C., Manouchehri N., Houot S., Frascaria-Lacoste N., Aubry C., 2018 - Rooftop farming on urban waste provides many ecosystem services. Agronomy for Sustainable Development, 38(1). https://doi. org/10.1007/s13593-017-0474-2

Grard B.J.P., Manouchehri N., Aubry C., Frascaria-Lacoste N., Chenu C., 2020 - Potential of Technosols created with urban by-Products for rooftop edible production. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(9): 3210. https://doi.org/10.3390/ijerph17093210

Harada Y., Whitlow T.H., Todd Walter M., Bassuk N.L., Russell-Anelli J., Schindelbeck R.R., 2018 - Hydrology of the Brooklyn Grange, an urban rooftop farm. Urban Ecosystems(March). https://doi.org/10.1007/s11252- 018-0749-7

Hirons M., Comberti C., Dunford R., 2016 - Valuing Cultural Ecosystem Services. Annual Review of Environment and Resources, 41(1): 545–574. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085831

Huang J., Tichit M., Poulot M., Darly S., Li S., Petit C., Aubry C., 2015 - Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in sustainable agriculture. Journal of Environmental Management, 149: 138–147. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.020

IUSS Working Group WRB., 2014 - FAO - World reference base for soil resources 2014 - International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106 - FAO, p. 1–191 pp.

Joimel S., 2015 - Biodiversité et caractéristiques physico-chimiques des sols de jardins associatifs urbains français

Joimel S., Cortet J., Jolivet C.C., Saby N.P.A., Chenot E.D., Branchu P., Consalès J.N., Lefort C., Morel J.L., Schwartz C., 2016 - Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France. Science of The Total Environment, 545–546: 40–47. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.035

Joimel S., Grard B., Auclerc A., Hedde M., Le Doaré N., Salmon S., Chenu C., 2018 - Are Collembola “flying” onto green roofs? Ecological Engineering, 111(December 2017): 117–124. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.002

Joimel S., Schwartz C., Hedde M., Kiyota S., Krogh P.H., Nahmani J., Pérès G., Vergnes A. & Cortet J., 2017 - Urban and industrial land uses have a higher soil biological quality than expected from physicochemical quality. 585: 614–621. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.086

Joimel S., Schwartz C., Maurel N., Magnus B., Machon N., Bel J., Cortet J., 2019 - Contrasting homogenization patterns of plant and collembolan communities in urban vegetable gardens. Urban Ecosystems. https://doi. org/10.1007/s11252-019-00843-z

Langemeyer J., 2014 - The generation of ecosystem services in urban gardens from a socio-ecological systems perspective. : 27.

Matteson K.C., Ascher J.S., Langellotto G.A., 2008. Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens. Annals of the Entomological Society of America, 101(1): 140–150. https://doi.org/10.1603/0013- 8746(2008)101[140:braain]2.0.co;2

MEA., 2005. Millennium Ecosystem Assesment. 49–70 pp.

Milcu A.I., Hanspach J., Abson D., Fischer J., 2013 - Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. Ecology and Society, 18(3). https://doi.org/10.5751/ES-05790-180344

Morel-Chevillet G., 2018 - L'économie circulaire : une source d'innovation pour les agriculteurs urbains. VertigO(Hors-série 31): 0–12. https://doi.org/10.4000/ vertigo.21753

Morel J.L., Chenu C., Lorenz K., 2014 - Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs). Journal of Soils and Sediments. https://doi.org/10.1007/s11368-014-0926-0

Morel K., Léger F., 2016 - A conceptual framework for alternative farmers' strategic choices: the case of French organic market gardening microfarms. Agroecology and Sustainable Food Systems, 40(5): 466–492. https://doi. org/10.1080/21683565.2016.1140695

Morel K., San M., Gilbert F., 2017 - Small can be beautiful for organic market gardens : an exploration of the economic viability of French microfarms using MERLIN. Agricultural Systems, 158(March): 39–49. https://doi. org/10.1016/j.agsy.2017.08.008

Muratet A., Machon N., Jiguet F., Moret J., Porcher E., 2007 - The role of urban structures in the distribution of wasteland flora in the Greater Paris area, France. Ecosystems, 10(4): 661–671. https://doi.org/10.1007/s10021-007- 9047-6

Orsini F., Gasperi D., Marchetti L., Piovene C., Draghetti S., Ramazzotti S., Bazzocchi G., Gianquinto G., 2014 - Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. Food Security: 781–792. https://doi.org/10.1007/ s12571-014-0389-6

Pourias J., Aubry C., Duchemin E., 2016 - Is food a motivation for urban gardeners? Multifunctionality and the relative importance of the food function in urban collective gardens of Paris and Montreal. Agriculture and Human Values, 33(2): 257–273. https://doi.org/10.1007/s10460-015-9606-y

Richards P.J., Farrell C., Tom M., Williams N.S.G., Fletcher T.D., 2015 - Vegetable raingardens can produce food and reduce stormwater runoff. Urban Forestry & Urban Greening, 14(3): 646–654. https://doi.org/10.1016/j. ufug.2015.06.007

Sanyé-Mengual E., Specht K., Krikser T., Vanni C., Pennisi G., Orsini F., Gianquinto G.P., 2018 - Social acceptance and perceived ecosystem services of urban agriculture in Southern Europe: The case of Bologna, Italy. PLoS ONE, 13(9): 1–21. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200993

Säumel I., Kotsyuk I., Hölscher M., Lenkereit C., Weber F., Kowarik I., 2012 - How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987), 165: 124–32. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019

Specht K., Siebert R., Hartmann I., Freisinger U.B., Sawicka M., Werner A., Thomaier S., Henckel D., Walk H., Dierich A., 2013 - Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. Agriculture and Human Values, 31(1): 33–51. https://doi. org/10.1007/s10460-013-9448-4

Tibi A., Therond O., 2017 - Les Services Écosystémiques Rendus Par Les Écosystemes Agricoles Une Contribution Au Programme Efese - Synthèse

Weidner T., Yang A., Hamm M.W., 2019 - Consolidating the current knowledge on urban agriculture in productive urban food systems : Learnings , gaps and outlook. Journal of Cleaner Production, 209: 1637–1655. https://doi. org/10.1016/j.jclepro.2018.11.004

Whittinghill L.J., Hsueh D., Culligan P., Plunz R., 2016 - Stormwater performance of a full scale rooftop farm: Runoff water quality. Ecological Engineering, 91: 195–206. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.047

Whittinghill L.J., Rowe D.B., Andresen J.A., Cregg B.M., 2015 - Comparison of stormwater runoff from sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. Urban Ecosystems: 13–29. https://doi.org/10.1007/s11252- 014-0386-8

Whittinghill L.J., Rowe D.B., Schutzki R., Cregg B.M., 2014 - Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. Landscape and Urban Planning, 123: 41–48. https://doi.org/10.1016/j. landurbplan.2013.11.015

Wilhelm J.A., Smith R.G., 2017 - Ecosystem services and land sparing potential of urban and peri-urban agriculture: A review. Renewable Agriculture and Food Systems(May): 1–14. https://doi.org/10.1017/S1742170517000205

Zasada I., 2011 - Multifunctional peri-urban agriculture-A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. Land Use Policy, 28(4): 639–648. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.008