



HAL
open science

Evaluation des services écosystémiques rendus par les micro-fermes urbaines et leurs sols - Bilan du projet de recherche semoirs [2018-2021]

Baptiste Grard, Claire Chenu, Sophie Boulanger-Joimel, Laure Vieublé Gonod, Claire-Sophie Haudin, Sabine Houot, Geoffroy Séré, Giulia Giacche, Christine Aubry, Nastaran Manouchehri, et al.

► **To cite this version:**

Baptiste Grard, Claire Chenu, Sophie Boulanger-Joimel, Laure Vieublé Gonod, Claire-Sophie Haudin, et al.. Evaluation des services écosystémiques rendus par les micro-fermes urbaines et leurs sols - Bilan du projet de recherche semoirs [2018-2021]. [Rapport de recherche] INRAE; Agroparistech; Université de lorraine; Aix-Marseille Université; Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France (IAURIF). 2022, pp.22. hal-03624235

HAL Id: hal-03624235

<https://hal.science/hal-03624235v1>

Submitted on 30 Mar 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.

BILAN DU PROJET DE RECHERCHE SEMOIRS [2018-2021] : MICRO-FERMES URBAINES

EVALUATION DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS
PAR LES MICRO-FERMES URBAINES ET LEURS SOLS

Mai 2018 –
Février 2021



REMERCIEMENTS

Les coordinateurs du projet SEMOIRS Claire CHENU et Baptiste GRARD (AgroParisTech – INRAE ; UMR ECOSYS) tiennent particulièrement à remercier l'ensemble des participants à ce projet de recherche :

Les partenaires :

- Pour l'UMR ECOSYS (INRAE – AgroParisTech) : Sophie JOIMEL, Laure VIEUBLE, Claire-Sophie HAUDIN, Sabine HOUOT, Valérie POUTEAU et Cyril GIRARDIN ;
- Pour l'UMR GENIAL (AgroParisTech) : Nastaran MANOUCHEHRI, Stéphane BESANCON et Valérie CAMEL ;
- Pour l'UMR SAD-APT (INRAE – AgroParisTech), Christine AUBRY et Patrick STELLA dont EXP'AU (bureau d'Expertise en Agriculture Urbaine) : Giulia GIACCHE, Anne-Cécile DANIEL ;
- Pour le LSE (Laboratoire Sols et Environnement – INRAE – Université de Lorraine) : Apolline AUCLERC, Geoffroy SERE et Alain RAKOTO ;
- Pour l'ARB (Agence Régionale de la Biodiversité) et l'IAU (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Île de France) : Lucile DEWULF, Antoine LAGNEAU, Morgane BERNARD et Emilie PERIE ;
- Pour l'UMR TELEMME (Université Aix-Marseille) : Jean-Noël CONSALES.

Ainsi que les stagiaires ayant participé au projet SEMOIRS : Léa WIRZ, Simon BENZONI, Antoine MANZONE, Malo LAGEAT, Thomas CORNU, Fatima EL MEKIDAD, Jaime Andres RIANO SANCHEZ, Soizic MAILLET, Gabrielle GAUTHIER, Asma ZARAA et Valentine TEMPLE.

Enfin, les partenaires du projet tiennent à remercier le laboratoire d'analyse des sols de la mairie de Paris et en particulier François NOLD et Catherine CHAABANE ainsi que l'ensemble des porteurs de projet, clé de voûte et raison d'être de ce projet.

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME, Grard B., Chenu C., 2020. Rapport final du projet de recherche Semoirs (2018-21) : micro-fermes urbaines et services écosystémiques.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1817C0002

Projet de recherche coordonné par : Baptiste GRARD et Claire CHENU
Appel à projet de recherche : MODEVAL-Urba

Coordination technique - ADEME : Sarah Marquet et Antoine Pierart
Direction/Service : Organisations urbaines

RÉSUMÉ

L'augmentation de la population urbaine, la demande en produits frais de proximité et le besoin croissant de nature en ville stimulent l'engouement pour l'agriculture urbaine, notamment dans les pays industrialisés. De nouvelles formes émergent, telles que les « micro-fermes urbaines », dont l'activité de production alimentaire est étroitement imbriquée avec des activités de loisir, pédagogiques ou à vocation sociale. Elles sont implantées sur des sols urbains remaniés ou non, d'historique très hétérogène ou sur du bâti, en construisant des sols à partir de matériaux divers, en particulier des déchets organiques de la ville. Alors que les attentes sont fortes vis-à-vis de ces composantes d'une trame verte et des services écosystémiques qu'ils pourraient rendre à la ville, ceux-ci ne sont pas connus et évalués.

L'objectif de ce projet est d'évaluer les services écosystémiques rendus par les micro-fermes urbaines, en considérant plusieurs catégories de services : support de biodiversité, approvisionnement, régulation et services culturels, afin d'apporter aux acteurs de la ville des éléments pour une meilleure gestion de cette forme d'agriculture urbaine et de leurs sols.

Méthodologie : le projet porte sur six micro-fermes illustrant la diversité de cette forme d'agriculture urbaine de par l'importance relative de la production alimentaire et d'autres activités et le type de sols sur lesquelles elles sont développées, localisées à Paris ou en Petite Couronne, unité territoriale du projet. Il s'appuie sur des compétences variées dans une démarche pluridisciplinaire : pédologues, agronomes, écologues, sociologues et paysagistes, et associe différents acteurs : porteurs de projets de micro-fermes, associations dédiées à la nature en ville et personnels de services d'urbanisme. Les services écosystémiques sont appréhendés par une série d'indicateurs.

Résultats attendus : (i) Une identification et une quantification d'indicateurs des services rendus par un ensemble de micro-fermes urbaines. Une démarche d'analyse de ces services ; (ii) l'identification de leviers d'optimisation de ces services, via une pratique culturelle : l'apport d'intrants organiques au sol sous forme de produits résiduels organiques ; (iii) l'identification d'outils relatifs aux états du milieu nécessaires aux porteurs de projet, urbanistes ou collectivités locales, pour un développement de l'agriculture urbaine optimisant les services rendus ; (iv) des échanges et un renforcement de la structuration des acteurs de ces micro-fermes urbaines.

Organisation en six lots : Le lot 1, fil rouge du projet, mobilise une diversité d'acteurs de l'agriculture urbaine afin de sélectionner six fermes parmi une présélection réalisée en début de projet et de co-organiser les campagnes de prélèvement et observations. Cet ensemble d'acteurs est ensuite mobilisé pour discuter des résultats obtenus dans les autres lots, identifier les outils nécessaires pour mieux insérer les micro-fermes dans le métabolisme urbain, en minimiser les externalités négatives et en optimiser les services écosystémiques rendus. Cela permettra d'étudier la place actuelle et potentielle des micro-fermes dans des documents d'urbanisme. Le lot 2 est une caractérisation des micro-fermes au plan biophysique et de leurs pratiques. Le lot 3 quantifie et qualifie la biodiversité floristique et tellurique (microorganismes, mésofaune, macrofaune du sol). Le lot 4 est consacré au service d'approvisionnement en aliments, en abordant également leur qualité sanitaire (teneur en ETM et HAP). Le lot 5 quantifie des indicateurs de services de régulation du cycle de l'eau (infiltration et capacité de rétention de l'eau), du climat global (stocks de carbone des sols), du climat local (régulation de la température) et du recyclage des déchets (inventaire des pratiques, de la nature et de l'origine géographique des produits résiduels organiques utilisés). Le lot 6 est consacré aux services sociaux, culturels et paysagers associés aux micro-fermes en mettant l'accent sur les pratiques et représentations des parties prenantes.

ABSTRACT

The increase of urban populations, the demand for fresh local food and the growing need for nature in cities explain the present success of urban agriculture, especially in industrialized countries. New forms of urban agriculture are developed, such as "urban micro-farms", where food production is closely intertwined with recreational, educational and social activities. These farms are located on urban soils with very heterogeneous history or on buildings, by constructing soils from various materials, in particular from organic wastes from the city. Expectations are strong regarding these green infrastructures and the ecosystem services they could provide to cities, but the later are not known and evaluated.

The objective of this project is to evaluate the ecosystem services provided by urban micro-farms, by considering several services: biodiversity support, supply, regulation and cultural services, in order to elaborate the bases for a better management of urban micro-farms and their soils.

Methodology: the project focuses on six micro-farms illustrating the diversity of this form of urban agriculture (relative importance of food production and other activities, type of soil on which they are developed ...), located in Paris or its suburbs. The project builds on a variety of skills in a multidisciplinary approach: pedologists, agronomists, ecologists, sociologists and landscape designers, work in conjunction with different actors: micro-farm project leaders, NGOs dedicated to urban biodiversity and urban planning. Ecosystem services are evaluated using a series of indicators.

Expected Outcomes: (i) Identification and quantification of indicators for services provided by a set of urban micro-farms; (ii) identification of levers for optimizing these services, in particular via the management of organic wastes as inputs to soils (iii) identification of future tools that would be needed by micro-farm project leaders, city spatial planners or local authorities, to develop a urban agriculture maximizing ecosystem services ; (iv) a strengthening of the community of the actors of these urban micro-farms.

Organization in six work packages: WP1, the red thread of the project, mobilizes a variety of actors in urban agriculture to select six farms from a current preselection and to co-organize sampling and observation campaigns. This set of actors are then be mobilized to discuss the results obtained in other work packages, identify the tools needed to better insert micro-farms in the urban metabolism, minimize negative externalities and optimize the ecosystem services. WP2 is a characterization of micro-farms at the biophysical level and their practices. WP3 quantifies plant and soil biodiversity (microorganisms, mesofauna, macrofauna). WP4 is devoted to the food supply service, focusing on their sanitary quality (trace metal contents, PAH). WP5 addresses water cycle regulation service (infiltration and water retention), global climate regulation (soil carbon storage), local climate regulation (temperature regulation) and waste recycling (inventory of practices, nature and geographical origin of organic waste products used). WP6 is dedicated to social, cultural and landscape services associated with micro-farms, with a focus on stakeholder practices and representations.

1. Contexte du projet

L'agriculture urbaine connaît depuis une dizaine d'années un essor considérable en France et dans le monde, engouement que l'on peut relier à l'augmentation de la population urbaine, la demande en produits frais de proximité, mais aussi au besoin croissant de nature en ville. Cette agriculture se caractérise récemment en Europe et en France par son développement intra-urbain croissant et surtout par une grande diversité de formes et de fonctions (Aubry and Pourias 2013 ; Lohrberg et al. 2016 ; Specht et al. 2013).

Des formes originales d'agriculture urbaine se développent, telles que les **micro-fermes urbaines**, caractérisées par leurs multi-fonctionnalités et dont l'activité de production et vente ou distribution d'aliments est étroitement imbriquée dans des activités de loisir, pédagogiques ou sociales (Daniel 2017).

Ce développement se traduit par l'essor de nombreux projets (associatifs, entrepreneuriaux...), la création d'entreprises spécialisées dans l'installation d'espaces de production en ville et un accompagnement politique. C'est le cas notamment à Paris, où plusieurs appels à projets récents (Végétalisations innovantes en 2013¹, Réinventer Paris² en 2014, Parisculteurs en 2016, 2017 et 2019³) mais également à l'échelle nationale (appel à projet « Les quartiers fertiles de l'ANRU »⁴) qui cherchent à favoriser l'émergence de ces agricultures au sein même de la ville, en accompagnant directement ou indirectement les porteurs de projets. La mairie de Paris c'était ainsi fixé comme objectif de végétaliser 100 ha de toits et murs d'ici la fin de sa mandature 2014-2020, dont un tiers en agriculture urbaine, prenant acte que Paris est une des villes les plus denses d'Europe avec une surface d'espaces verts par habitant très faible. Cette ambition déborde aujourd'hui sur le « Grand Paris » avec des formes diverses pouvant aussi se développer au sol.

Cette tendance forte, également observée à l'échelle mondiale, **suscite de nombreuses questions** tant au niveau (i) de l'insertion de ces projets dans les formes urbaines existantes, (ii) des services écosystémiques ou dys-services rendus au milieu urbain et (iii) des impacts de l'agriculture urbaine sur ce milieu. De nombreux projets mettent ainsi en avant les services qu'ils rendent à la ville : approvisionnement alimentaire de très grande proximité, valorisation de déchets urbains, lien social, intégration paysagère, support de biodiversité, sans toutefois que ces services ne soient basés sur une réelle évaluation (Aerts et al. 2016 ; Goldstein et al. 2016). Le peu de littérature scientifique existante sur le sujet, s'accorde autour de trois grands constats: (1) la fonction alimentaire, souvent mise en avant dans les projets, ne

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>

représentera, sous les formes actuelles d'agriculture urbaine développées, que quelques pourcents de l'approvisionnement alimentaire à l'échelle de la ville; (2) les avantages environnementaux de l'agriculture urbaine sont extrêmement dépendants des formes et du contexte; et (3) la plupart sont liés aux intrants utilisés dans le système de production et donc à sa conception et gestion (Aerts et al. 2016 ; Specht et al. 2013 ; Lin et al. 2015). Les gestionnaires de la ville sont aujourd'hui démunis pour comparer, en termes de services, tel ou tel type d'agriculture urbaine en fonction des localisations, des systèmes techniques et par conséquent pour intégrer ces formes dans des aménagements urbains. L'approche « services écosystémiques » apparaît particulièrement pertinente pour des entités multifonctionnelles comme les micro-fermes urbaines.

Les sols urbains et péri-urbains sont une ressource limitée et menacée, tant en termes quantitatifs (artificialisation), que qualitatifs (par ex. contamination). Les sols rendent de nombreux services écosystémiques et l'évaluation de ces services se développe, car elle apparaît comme une voie pour mieux gérer les sols, intégrer la diversité de leurs propriétés dans les projets d'aménagement ou encore requalifier des friches urbaines. Les sols jouent un rôle déterminant dans le choix des pratiques et même des formes de micro-fermes urbaines : utilisation et amélioration de sols en place voire même construction de sols à partir de matériaux divers, souvent issus de la ville (micro-fermes urbaines en toiture ou sur sols très dégradés). Il y a alors un enjeu de conception et de choix des matériaux utilisés pour construire ces sols.

2. Etat de l'art

2.1. Services écosystémiques rendus par les milieux urbains

L'attention portée aux les services écosystémiques produits par l'écosystème urbain n'a cessé de croître depuis le Millenium Ecosystem Assessment (Mooney et al. 2005). En effet, l'urbanisation croissante à l'échelle mondiale soulève de nombreuses problématiques : imperméabilisation des sols, approvisionnement alimentaire, fragmentation des habitats, îlots de chaleur urbains etc. Face à cela, le développement d'infrastructures vertes ou d'espaces végétalisés en ville est vu comme l'une des solutions, en générant des services écosystémiques (Gómez-Baggethun and Barton 2013).

2.2. Diversité des forms et fonctions de l'agriculture urbaine

Si les agricultures urbaines et péri-urbaines ont un historique ancien, on assiste, depuis la fin du siècle dernier et particulièrement dans les pays industrialisés, à l'émergence de nouvelles formes d'agriculture en milieu urbain plus dense (Thomaier et al. 2014 ; Aubry 2015). Cette agriculture urbaine présente trois caractéristiques notables :

(i) une **grande diversité de formes**, de par sa localisation (en ville, à proximité, au sol, sur les toits ou dans le bâti urbain), ses supports de production (sol, substrats de culture inertes ou pas), ses systèmes techniques, ses productions etc. Plusieurs typologies ont été proposées (Daniel and Aubry 2013 ; Lohrberg et al. 2016 ; Goldstein et al. 2016).

(ii) Elles sont toutes **multifonctionnelles** (Huang et al. 2015), remplissant pour la ville des fonctions alimentaires, socio-économiques, environnementales, paysagères, pédagogiques et culturelles etc. Selon les formes, la part respective de ces fonctions et leur combinaison varient. Leur quantification est aujourd'hui embryonnaire, certains types ou certaines fonctions ayant pu faire l'objet de quelques études (ex : les jardins associatifs et leurs fonctions alimentaires) (Pourias 2013, 2014; Pourias et al. 2015).

(iii) Leur développement met en jeu une **grande diversité d'acteurs** : les « agriculteurs urbains », au statut pour le moment inexistant en France, sont très peu issus du monde agricole, mais proviennent souvent du monde de l'urbanisme, de l'architecture, du management ou de la communication (Aubry et Daniel, 2017). Les habitants et consommateurs urbains peuvent avoir des appétences variées selon les contextes pour les diverses formes d'agricultures urbaines (Specht and Sanyé-Mengual 2017) de même que l'ensemble des acteurs de la ville, élus, gestionnaires ou constructeurs.

L'attention médiatique et citoyenne très forte ne doit pas faire oublier que les agricultures urbaines sont aujourd'hui mal connues dans leur fonctionnement technico-économique, leurs conditions de durabilité et surtout les services qu'elles peuvent effectivement rendre ou non à la ville (Aubry 2015). Une forme particulièrement mal connue, mais en plein développement en région parisienne est la catégorie des fermes urbaines multifonctionnelles dites *micro-fermes urbaines*.

2.3. Les micro-fermes urbaines

Elles ont été définies comme suit (Daniel 2017 ; Morel and Léger 2016) : il s'agit « de **fermes urbaines participatives**, offrant une **diversité d'activités** et demandant une part importante de **bénévolat** dans leur fonctionnement. Situées en milieu urbain, elles **mettent sur le marché des denrées alimentaires** qu'elles produisent, et une partie des productions peut être autoconsommée selon leur capacité de production. Celle-ci est variable, allant de la vente ponctuelle sur place ou encore dans des épiceries de quelques produits disponibles, à la distribution de paniers hebdomadaires. Les **quantités produites dépendent donc de la surface disponible, du choix du système technique et du panel d'offre de services** que les micro-fermes proposent pour multiplier les sources de revenu. Localisées dans les **interstices de la ville**, les surfaces cultivées sont généralement faibles puisqu'elles font face à une pression foncière importante, et un **partenariat avec le propriétaire qu'il soit public et/ou privé** est indispensable à leur existence. Les structures sont très souvent sous **forme associative**, un dispositif qui leur permet de bénéficier **d'aides diverses** récompensant les **bénéfices apportés au territoire**. ».

Récentes, ces micro-fermes présentent quatre caractéristiques majeures (Daniel 2017) :

- 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 du sol et du bâti. De plein pied, elles se développent souvent sur des terrains vacants, délaissés urbains à l'histoire parfois complexe. Sur les toits, elles se développent sur des sols remaniés ou créés à partir de matériaux divers (i.e : Technosols construits) (Thomaier et al. 2014). Ces sols peuvent être qualifiés d'Anthrosols construits ou d'Isolatic Technosol selon le référentiel pédologique utilisé (Baize and Girard 2008 ; IUSS Working Group WRB 2014) ;
- Particulièrement *multifonctionnelles*, elles construisent leur modèle économique sur plusieurs sources de revenus : une part 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 sociaux rendus (Chang et Morel, 2018). Cette combinaison est variable et interroge les villes sur la reconnaissance de cet outil « multi-services ».
- 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'actions de production à l'accueil de public ou l'entretien général du site.

2.4. Les sols au cœur du fonctionnement des micro-fermes urbaines

La disponibilité du foncier et les caractéristiques des sols orientent fortement les formes et les pratiques des micro-fermes urbaines.

La plupart de ces micro-fermes utilisent du sol urbain ou rapporté (Daniel 2017). Peu de références sont disponibles sur les caractéristiques de ces sols, objets de recherche émergents. Un récent programme ANR soutenu par « Villes et Bâtiments durables » (JASSUR, 2013-2016⁵) a été consacré aux sols des jardins associatifs (partagés, familiaux) et montre leur richesse générale en matière organique (Schwartz 2009), mais aussi leur fréquente pollution par des métaux lourds (Joimel et al. 2016), rejoignant ainsi des constats antérieurs (Säumel et al. 2012 ; Vittori Antisari et al. 2015) et pointant les risques que l'usage agricole de ces sols peut faire courir. Il existe encore moins de données relatives à la présence de contaminants

⁵ https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/48/jassur_jardins_associatifs_urbain

organiques dans les sols de jardins urbains partagés. Dans la perception du risque sanitaire par les usagers de ces jardins, les contaminants organiques arrivent après les ETM (Kim et al. 2014). Comme pour les ETM, les molécules pouvant être rencontrées dans les sols (ex. hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), pesticides, solvants, dioxines) dépendent de l'environnement du site et de son usage passé. Les dépôts atmosphériques, l'apport d'intrants (ex. PRO, pesticides) ou l'utilisation de substrats d'origine urbaine par les usagers des jardins peuvent influencer sur la teneur en contaminants de l'horizon de surface qui concentre le système racinaire des cultures.

Un travail spécifique est nécessaire sur les sols des micro-fermes urbaines, tant du point de vue de leur fertilité que des risques sanitaires. En effet, les micro-fermes, souvent récentes, sont installées sur des sols urbains plus variés et considérés comme beaucoup moins riches en matières organiques que des jardins associatifs, plus anciens, et pourraient présenter davantage de risques, du point de vue de la pollution des sols, ce qui pose des problèmes supplémentaires.

Dans le cas de « création de sols » à partir de matériaux divers (généralement organiques), comme cela est observé dans bon nombre de projets parisiens en toiture, mais parfois aussi sur d'anciennes friches urbaines (Séré 2007), la question du choix des substrats, de leur assemblage et de la fonctionnalité du sol mise en place est posée. L'utilisation de produits résiduaux organiques est perçue comme un atout (richesse en nutriments, en matière organique, faible densité et disponibilité) et les quelques travaux récents mettent en évidence des rendements tout à fait satisfaisants (Molineux et al. 2009 ; Grard et al. 2015). Des travaux en cours sur le toit potager d'AgroParisTech montrent que des Technosols construits avec des produits résiduaux organiques contribuent également à l'écrantage du ruissellement lors de précipitations (Grard et al. 2018), comme cela a été montré pour des toits végétalisés non productifs (Berndtsson et al. 2009). Par ailleurs, cette utilisation de PRO est une opportunité intéressante quant au métabolisme urbain (Barles 2009). Cependant, des dys-services peuvent aussi en être attendus (Whittinghill et al. 2015 ; Grard et al. 2018) (dégradation de la qualité de l'eau et émission de CO₂ notamment). Par ailleurs, la nature des PRO pour la construction de sols peut générer, comme pour les sols en place, un risque sanitaire s'ils contiennent des ETM ou des polluants organiques.

Dans les deux cas, mais particulièrement dans le cadre de micro-fermes urbaines au sol, la question de contamination des sols et éventuellement des produits est aujourd'hui au cœur des préoccupations des villes, bailleurs et autres gestionnaires lorsqu'ils gèrent, directement ou indirectement, des jardins associatifs installés sur leur foncier. Les micro-fermes devront en effet faire la preuve que les légumes qu'elles vendent sont sains et mettre en place des mesures de gestion des risques démontrables (voir partie Service d'approvisionnement alimentaire).

2.5. Micro-fermes urbaines et services écosystémiques

2.5.1. Service d'approvisionnement alimentaire

Les agroécosystèmes que représentent les micro-fermes urbaines (sol et végétation cultivée ou adventice) sont très peu étudiés et ont jusqu'ici fait l'objet de peu d'évaluations de leur potentiel de production alimentaire, hormis certaines formes comme les jardins associatifs (Pourias et al. 2015). Les quelques études réalisées en agriculture urbaine aboutissent à des constats variés sur l'importance de la production alimentaire à l'échelle d'une ville (Whittinghill et al. 2013 ; Orsini et al. 2014 ; Goldstein et al. 2016 ; Grard et al. 2015). Ces études s'intéressant à des formes variées d'agriculture urbaine portent pour la plupart sur un cas unique, qui est projeté à l'ensemble d'une ville ; et la diversité des micro-fermes urbaines n'est pas encore prise en compte. Cependant, 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 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.

Les micro-fermes urbaines sont également très diverses en termes de circuits de commercialisation et distribution : sous forme de paniers (type AMAP), plus informel, épiceries solidaires (Daniel., 2017), avec une constante cependant : des circuits courts voire ultra courts, valorisant la diversité des cultures, leur fraîcheur et permettant d'avoir des productions (espèces et variétés) de type ancien ne supportant pas les transports qui ont été exclues des circuits longs de distribution. La destination des produits alimentaires et leurs impacts potentiels notamment en termes d'itinéraire technique ont toutefois besoin d'être mieux connus et appréhendés du fait de l'influence que ces choix peuvent avoir sur les services rendus.

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 encourus⁶. La question de la contamination, tant des sols que de l'air ou de l'eau du milieu urbain, est particulièrement important dans le cas des micro-fermes qui mettent sur le marché tout ou une partie de leurs produits et accueil du public. Le projet de recherche

⁶ <https://theconversation.com/non-tout-ce-qui-pousse-en-ville-nest-pas-pollue-104948>

REFUGE propose une méthodologie d'évaluation⁷ et de gestion du risque sanitaire⁸ 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 résiduaux organiques respectent la réglementation en vigueur concernant les éléments traces métalliques étudiés : Cd, Cu, Hg, Pb et Zn (Grard et al. 2018). Les recherches continuent dans le cadre des programmes REFUGE et Carthage⁹ 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.

2.5.2. Service de support de biodiversité

L'urbanisation implique des changements rapides qui influencent les cortèges spécifiques des zones végétalisées présentes dans les espaces urbains en engendrant leur réduction et leur fragmentation (McKinney 2006, 2008). Cependant, les connaissances acquises sur la biodiversité en ville restent très lacunaires et concernent majoritairement les plantes (*e.g.* Muratet et al. 2007), les pollinisateurs (*e.g.* Matteson et al. 2008) ou l'avifaune (*e.g.* Clergeau et al. 2006), plutôt que les organismes du sol en dépit de leurs rôles majeurs dans le fonctionnement des sols urbains et de leur capacité à être des bio-indicateurs des perturbations. De même, les études sur la biodiversité urbaine portent rarement sur les espaces d'agriculture urbaine. Il semble aussi que la relation entre la biodiversité et l'urbanisation ne soit pas aussi évidente qu'il n'y paraît au premier abord. Ainsi de récents travaux ont démontré une biodiversité des sols surprenante dans les jardins familiaux, avec des niveaux de diversité taxonomique en collemboles et vers de terre équivalents voire supérieurs aux forêts (Joimel et al. 2017). Toutefois, cette biodiversité apparaît dépendante des pratiques et des formes d'agriculture. Le rôle des micro-fermes en tant que refuge de la biodiversité reste donc à déterminer. De plus, une meilleure connaissance des organismes du sol est indispensable dans un contexte de développement de l'agro-écologie et notamment en milieu urbain où l'usage de produits phytosanitaires est limité du fait des risques environnementaux et sanitaires potentiels.

2.5.3. Service de régulation

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

⁷ https://www.inrae.fr/sites/default/files/quide_refuge.pdf

⁸ https://www.inrae.fr/sites/default/files/plan_de_maitrise_sanitaire.pdf

⁹ <https://www.primequal.fr/fr/carthage>

- i. la **régulation du cycle de l'eau**, du fait de l'infiltration de l'eau, de sa rétention et de son évapo(transpi)ration, de la consommation d'eau pour l'irrigation mais aussi d'une modification de la qualité des eaux de drainage. Le peu d'études existantes concerne les micro-fermes urbaines en toiture ; elles montrent une rétention d'eau équivalente voir supérieure à celle de toitures végétalisées "classiques" mais montrent un relargage de certains nutriments plus important en toitures potagères (Richards et al. 2015 ; Whittinghill et al. 2015, 2016). Ces résultats ne sont pas étonnants dans la mesure où les sols de micro-fermes en toiture bénéficient d'apports organiques très élevés qui pourraient expliquer un relargage de nutriments dans les eaux de percolation. L'aptitude de toits potagers à atténuer les flux d'eau de pluie vers le réseau de collecte commence à être reconnu par certaines collectivités comme celle de New York qui subventionne en conséquence le projet de la Brooklyn Grange (Cohen and Obadia 2011) ;
- ii. la **régulation du climat local**. En effet l'urbanisation a notamment pour conséquence une augmentation des températures au sein des villes appelée « îlot de chaleur urbain » (Oke 1982) qui a de nombreux impacts environnementaux (accentuation des vagues de chaleur, pollution atmosphérique) (e.g. Sarrat et al. 2006), sanitaires (inconfort, stress thermique, mortalité) (e.g. Harlan and Ruddell 2011) et économiques (consommation d'énergie, soins médicaux) (e.g. Li et al. 2014). Afin de limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain, la végétalisation est une des solutions possibles (e.g. Feyisa et al. 2014). Les données actuelles concernent des toitures végétalisées « classiques » et les espaces verts mais peu l'agriculture urbaine ;
- iii. la **régulation du climat global** *via* le stockage potentiel de carbone dans le sol. A 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 $11,3 \pm 11,5 \text{ kg C m}^{-2}$ pour New-York et de $9,9 \pm 3,9 \text{ kg C m}^{-2}$ pour Paris (Cambou et al. 2018);
- iv. la **valorisation de déchets urbains**, qui est observée dans bon nombre de micro-fermes parisiennes (Daniel, 2017) et qui ancre ces micro-fermes dans le métabolisme urbain et l'économie circulaire (Aubry et Adoue, 2018, Morel-Chevillet, 2018). A notre connaissance, aucune étude ne permet d'avoir des réponses aux trois questions majeures posées par ce service : quelles quantités de résidu urbain sont utilisées par les micro-fermes ? D'où proviennent-ils et quelle est la qualité de ces résidus urbains ? Dans le cadre du projet de recherche T4P, Grard et al. (2015 ; 2018) ont montré que des Technosols construits avec des produits résiduaux 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).

Liés et imbriqués, ces services sont trop souvent étudiés séparément alors qu'une étude conjointe permettrait d'identifier et mieux comprendre les compromis possibles.

2.5.4. Services sociaux, 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, le sens du lieu 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 citoyens regroupés au sein de structures associatives (Consaes 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 existante converge vers trois constats : (i) les nombreux services mis en avant reposent sur très peu d'évidences quantifiées. Le fonctionnement des projets autant que leurs externalités sont mal connus ; (ii) l'intégration des projets d'agriculture urbaine dans la ville, en lien avec leurs fonctionnalités reste à construire et (iii) la fonction alimentaire, souvent mise en avant pourrait n'être dans de nombreux cas qu'une fonction parmi d'autres (Goldstein et al. 2016). Cependant, au-delà de l'approvisionnement en aliments, les micro-fermes urbaines sont susceptibles de fournir une grande diversité de services écosystémiques : supports de biodiversité, régulation du cycle de l'eau, régulation de la qualité de l'air et du climat local, contribution au stockage de carbone, recyclage de déchets organiques etc (Grard et al. 2020). L'activité sociale et éducative qui est souvent associée aux micro-fermes urbaines

témoigne de l'importance des services culturels qu'ils procurent, sans que ceux-ci n'aient été - à notre connaissance- évalués.

2.6. L'évaluation des services écosystémiques

Bien que la quantification des services fournis par les écosystèmes soit une étape nécessaire vers l'utilisation de ce concept dans la gestion, bien des débats persistent sur les méthodes d'évaluation biophysique des services écosystémiques (e.g. Boerema et al. 2016). Les services écosystémiques sont habituellement évalués à l'aide d'indicateurs, souvent très indirects, et de nombreux indicateurs ont été proposés et discutés (e.g. Van Oudenhoven et al. 2012 ; Kandziora et al. 2013). Dans certaines études, les indicateurs sont exprimés en valeurs absolues, alors que dans d'autres, la fourniture de services écosystémiques est exprimée en termes relatifs par rapport à une référence, qui peut être une situation optimale (e.g. Van Wijnen et al. 2012). Ici, des indicateurs de services écosystémiques seront choisis et, en l'absence de référence clairement définie (un temps 0 avant l'implantation de la micro-ferme ou un usage alternatif de l'espace), les valeurs de ces indicateurs seront consignées et comparées, sans qu'il s'agisse de véritables témoins, à des références disponibles (par exemple teneur en ETM de légumes commercialisés par les micro-fermes comparée aux teneurs publiées pour des légumes issus d'exploitations maraichères hors ville), comme dans la démarche développée par Grard et al. (2018).

3. Objectifs du projet

L'objectif principal du projet SEMOIRS est d'évaluer les services écosystémiques rendus par les micro-fermes urbaines dans leur diversité, en considérant plusieurs catégories de services : support de biodiversité, services d'approvisionnement, de régulation et services culturels, et ce afin d'apporter aux acteurs de la ville (porteurs de projet, collectivités locales) des éléments pour de meilleures pratiques.

Cette évaluation vise également :

- à proposer une démarche d'évaluation des services écosystémiques fournis par des fermes en agriculture urbaine, et tout particulièrement des micro-fermes. L'enjeu est à terme de proposer des méthodes et outils permettant d'évaluer de nouveaux projets ou nouvelles formes d'agriculture urbaine, sur le plan biophysique et culturel ;
- à tester des hypothèses, en particulier concernant le rôle important des matières organiques des sols dans la fourniture de services (biodiversité, approvisionnement en aliments, régulation du cycle de l'eau, régulation du climat) ;

- à analyser des leviers d'optimisation des services écosystémiques fournis par les micro-fermes urbaines. On se focalisera tout particulièrement sur la gestion des matières organiques, l'apport de produits résiduaux organiques apparaissant comme une pratique très répandue dans les micro-fermes urbaines, pratique qui peut fortement contribuer au métabolisme urbain et territorial ;
- à identifier des outils à l'attention des acteurs du développement urbain (collectivités, porteurs de projets...) afin de les aider à concevoir et gérer ces systèmes pour une fourniture optimisée de services écosystémiques et pour une meilleure intégration au tissu urbain (inventaire des sources de produit résiduaire organique à proximité, méthodologie d'évaluation des services écosystémiques...). Ces outils ne seront pas produits dans le cadre du projet, mais leur identification constituera une première étape.

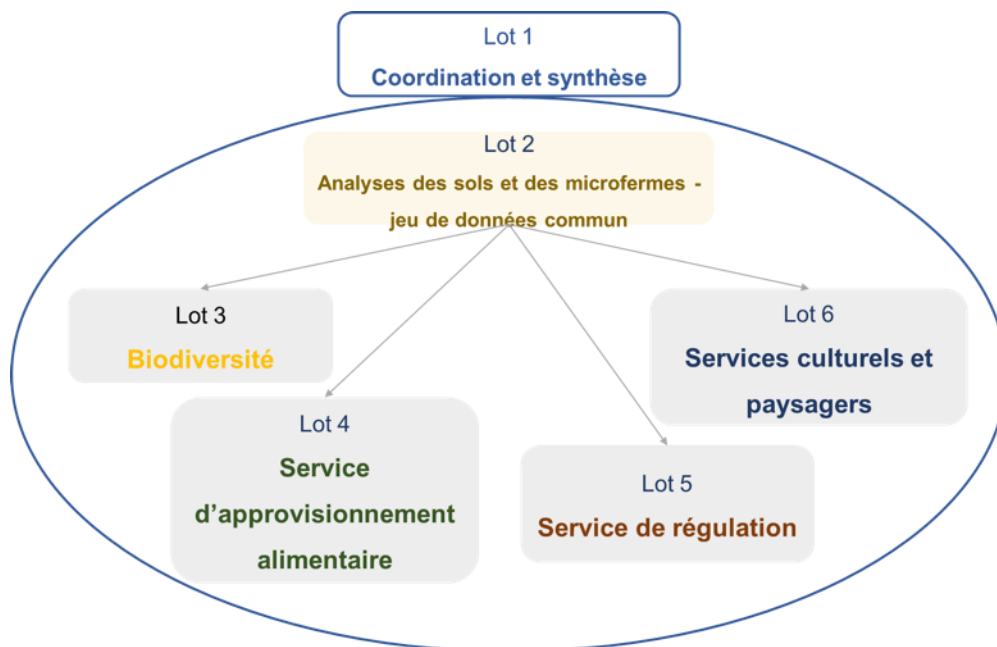


Figure 1 : Représentation des différents lots et de leurs organisations au sein du projet SEMOIRS.

4. Conclusion générale

Objet de recherche nouveau et lieu d'initiative et d'expérimentation unique, les micro-fermes urbaines ont de multiples facettes elles sont un lieu d'accueil, créateur de paysage agri-urbain et d'agro-écosystème générant des services écosystémiques tant de régulation que d'approvisionnement et de biodiversité. L'objectif du projet de recherche SEMOIRS a été de mener une évaluation de différents services écosystémiques rendus par sept micro-fermes urbaines en région parisienne et leurs sols. Cette évaluation a permis d'analyser, sous l'angle des services écosystémiques, l'impact que l'implantation et le fonctionnement de ces fermes pouvaient avoir sur le milieu urbain. Cet effet est loin d'être négligeable et les sites étudiés ce sont révélés à l'origine d'une diversité de services rendus tant sur le plan de l'approvisionnement alimentaire, que de la régulation (des résidus urbains, du carbone et de l'eau) et que de la biodiversité et de services sociaux-culturels. C'est dans cette diversité de services rendus que semble résider l'un des intérêts majeurs de cette forme d'agriculture urbaine, aujourd'hui en plein développement. Pour réaliser cette évaluation, une démarche participative, impliquant les porteurs de projets dans la qualification et quantification de certains services écosystémiques a été adoptée. L'intérêt de cette démarche participative s'est renforcé tout au long du projet. L'appétence des porteurs de projet, désireux de mieux connaître et appréhender leurs micro-fermes et sols, ainsi que leur volonté de rendre plus visibles les services écosystémiques qu'ils peuvent rendre ont été les grands moteurs de leur participation au projet et de la réussite du travail commun et du projet. Cette approche participative a également permis d'identifier différents leviers d'optimisation des services rendus, notamment liés aux pratiques agricoles et à la gestion de ces agro-écosystèmes.

Les échanges et analyses des résultats obtenus tout au long du projet ont également mis en évidence un manque tant de connaissances que d'outils pour mettre en oeuvre et mettre en perspective l'évaluation des services écosystémiques rendus par des micro-fermes urbaines. La rareté des études sur des projets d'agriculture urbaine et l'absence de référentiels d'indicateurs de services écosystémiques pour le milieu urbain en général et l'agriculture urbaine en particulier limite aujourd'hui l'interprétation de leurs évaluations. En parallèle, le manque d'outils permettant aux porteurs de projets de s'autoévaluer et/ou d'être évalué ne permet une mise en perspective et une mobilisation effective de ces évaluations. Au delà des acquis nombreux du projet SEMOIRS restent des questions telles que celles relatives aux compromis entre les différents services attendus, la perception par le public des micro-fermes des services rendus par les sols, et de prise en compte de la diversité d'utilisation de l'espace dans les services rendus par une micro-ferme urbaine. Ces questions sont clés si l'on souhaite voir demain fleurir des micro-fermes urbaines dans nos villes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aerts R, Dewaelheyns V, Achten WMJ (2016) Potential ecosystem services of urban agriculture : a review. PeerJ Prepr 1–6
- Abualhagag A., Valanski I., 2020, Mapping indicators of cultural ecosystem services: review and relevance to urban context, *Journal of Landscape Ecology*, Vol. 13 / No. 1
- Aubry C (2015) Les agricultures urbaines et les questionnements de la recherche. *Pour* 224:35. <https://doi.org/10.3917/pour.224.0035>
- Aubry C, Pourias J (2013) L'agriculture urbaine fait déjà partie du « métabolisme urbain ». *Le Déméter* 57:135–155
- Baize D, Girard M-C (2008) Référentiel pédologique 2008
- Bally F (2017) Quels services écosystémiques culturels sont produits par des citoyens et quelles valeurs y associent-ils? *Environ Urbain* 11:. <https://doi.org/10.7202/1050490ar>
- Barbillon A, Aubry C, Nold F, et al (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. *Agric Sci* 10:352–370. <https://doi.org/10.4236/as.2019.103029>
- Barles S (2009) Urban Metabolism of Paris and Its Region. *J Ind Ecol* 13:898–913. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00169.x>
- Berndtsson JC, Bengtsson L, Jinno K (2009) Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecol Eng* 35:369–380. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.020>
- Blanc N., Barbe F., Lamarche T., Grésillon E., Lefebvre M., 2016, Les services écosystémiques culturels : état de l'art et expérimentation en milieu urbain, Communication orale Conférence
- Boerema A, Rebelo AJ, Bodi MB, et al (2016) Are ecosystem services adequately quantified? *J Appl Ecol*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12696>
- Cambou A, Vidal-Beaudet L, Cannavo P, et al (2018) Estimation of soil organic carbon stocks of two cities, New York City and Paris. *Sci Total Environ* 644:452–464. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.322>
- Canedoli, C.; Bullock, C.; Collier, M.J.; Joyce, D.; Padoa-Schioppa, E. Public Participatory Mapping of Cultural Ecosystem Services: Citizen Perception and Park Management in the Parco Nord of Milan (Italy). *Sustainability*, 2017, 9, 891.
- Cheng X., S. Van Damme, L. Li, P. Uyttenhove, 2019, Evaluation of cultural ecosystem services: A review of methods, *Ecosystem Services*, Elsevier
- Clergeau P, Croci S, Jokimäki J, et al (2006) Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. *Biol Conserv* 127:336–344. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.06.035>
- Cohen N, Obadia J (2011) Greening the Food Supply in New York
- Consales J-N (2008) Jardins familiaux et développement durable: entre discours théoriques et actes concrets. *L'après développement durable Espac Nature, Cult Qual* 203–211
- Daniel A-C, Aubry C (2013) Aperçu de l'agriculture urbaine en europe et en amérique du nord. *AgroParisTech*
- Daniel A (2017) Fonctionnement et durabilité des micro-fermes urbaines. Une observation participative sur le cas

des fermes franciliennes.

- Daniel AC. 2018, « Les micro-fermes urbaines, de nouvelles fabriques agri-urbaines », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [Online], Hors-série 31 | septembre 2018, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/21447> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.21447>
- Duval Margot-Lys, 2018, La construction des pratiques et des savoirs écologiques dans les jardins partagés et solidaires d'Espaces, MASTER 2. Environnement, Dynamique, Territoires, Sociétés Spécialité « Agroécologie, Sociétés, Territoires », 2017-2018
- Feyisa GL, Dons K, Meilby H (2014) Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landsc Urban Plan* 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. *Ecosyst Serv* 21:208–217. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.002>
- Goldstein B, Hauschild M, Fernández J, Birkved M (2016) Urban versus conventional agriculture, taxonomy of resource profiles: a review. *Agron Sustain Dev* 36:9. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0348-4>
- Gómez-Baggethun E, Barton DN (2013) Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecol Econ* 86:235–245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Grard BJP, Bel N, Marchal N, et al (2015) Recycling urban waste as possible use for rooftop vegetable garden. *Futur Food J Food, Agric Soc* 3:21–34
- Grard BJP, Chenu C, Manouchehri N, et al (2018) Rooftop farming on urban waste provides many ecosystem services. *Agron Sustain Dev* 38:. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0474-2>
- Harlan SL, Ruddell DM (2011) Climate change and health in cities: Impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Curr Opin Environ Sustain* 3:126–134. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.001>
- Hirons M, Comberti C, Dunford R (2016) Valuing Cultural Ecosystem Services. *Annu Rev Environ Resour* 41:545–574. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085831>
- Huang J, Tichit M, Poulot M, et al (2015) Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in sustainable agriculture. *J Environ Manage* 149:138–147. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.020>
- IUSS Working Group WRB (2015) FAO - World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps
- Joimel S (2015) Biodiversité et caractéristiques physico-chimiques des sols de jardins associatifs urbains français
- Joimel S, Cortet J, Jolivet CC, et al (2016) Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France. *Sci Total Environ* 545–546:40–47. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.035>
- Joimel S, Schwartz C, Hedde M, et al (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>
- Kandziora M, Burkhard B, Müller F (2013) Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators: A theoretical matrix exercise. *Ecol Indic* 28:54–78. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.006>
- Kelemen E., García-Llorente M., Pataki, G., Martín-López B., Gómez Baggethun E., 2016, Non-monetary techniques

- for the valuation of ecosystem service. In: Potschin, M. and K. Jax (eds): OpenNESS Ecosystem Services Reference Book. EC FP7 Grant Agreement no. 308428. Accessible en ligne : www.opennessproject.eu/library/reference-book
- Kim BF, Poulsen MN, Margulies JD, et al (2014) Urban community gardeners' knowledge and perceptions of soil contaminant risks. *PLoS One* 9:1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087913>
- Lageat M., 2019, Une caractérisation des services écosystémiques culturels “exogènes” des micro-fermes urbaines en mobilisant l'entrée du paysage. Mémoire fin étude dominante IEVU, AgroParisTech, 110 p.
- Langemeyer J (2014) The generation of ecosystem services in urban gardens from a socio-ecological systems perspective. 27
- Li C, Zhou J, Cao Y, et al (2014) Interaction between urban microclimate and electric air-conditioning energy consumption during high temperature season. *Appl Energy* 117:149–156. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.057>
- Lin BB, Philpott SM, Jha S (2015) The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services: Challenges and next steps. *Basic Appl Ecol.* <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.01.005>
- Lohrberg F, Lička L, Scazzosi L, Timpe A (2016) Urban Agriculture Europe
- Manzone A., 2019, Les services écosystémiques culturels rendus aux usagers des micro-fermes urbaines : réflexions méthodologiques, Rapport Stage, Master 1 Géographie, Aménagement, Environnement et Développement Local (GAED).
- Matteson KC, Ascher JS, Langellotto GA (2008) Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens. *Ann Entomol Soc Am* 101:140–150. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[140:braain\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[140:braain]2.0.co;2)
- McKinney ML (2006) Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biol Conserv* 127:247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- McKinney ML (2008) Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosyst* 11:161–176. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>
- MEA (2005) Millennium Ecosystem Assessment
- Milcu AI, Hanspach J, Abson D, Fischer J (2013) Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. *Ecol Soc* 18:. <https://doi.org/10.5751/ES-05790-180344>
- Molineux CJ, Fentiman CH, Gange AC (2009) Characterising alternative recycled waste materials for use as green roof growing media in the U.K. *Ecol Eng* 35:1507–1513. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.06.010>
- Mooney HA, Cropper A, Leemans R, et al (2005) Millennium Ecosystem Assessment 2005 - Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water. Synthesis
- Morel K, Léger F (2016) A conceptual framework for alternative farmers' strategic choices: the case of French organic market gardening microfarms. *Agroecol Sustain Food Syst* 40:466–492. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1140695>
- Muratet A, Machon N, Jiguet F, et al (2007) The role of urban structures in the distribution of wasteland flora in the Greater Paris area, France. *Ecosystems* 10:661–671. <https://doi.org/10.1007/s10021-007-9047-6>
- Nieto-Romero, M., Orteos-Rozas E., Gonzales J.A., Marin-Lopez B., 2014. Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: insights for future research. *Environmental*

- Science & Policy, 37: 121-133, URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901113001809>
- Oke TR (1982) The energetic basis of the urban heat island. *Q J R Meteorol Soc* 57:2–6
- Orsini F, Gasperi D, Marchetti L, et al (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 Secur* 781–792. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0389-6>
- Peh, K.S.H.; Balmford, A.; Bradbury, R.B.; Brown, C.; Butchart, S.H.M.; Hughes, F.M.R.; Stattersfield, A.; Thomas, D.H.L.; Walpole, M.; Bayliss, J.; et al. TESSA: A toolkit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance. *Ecosyst. Serv.* 2013, 5, 51–57. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041613000417>
- Petit-Boix A., Apul A., 2018, From Cascade to Bottom-Up Ecosystem Services Model: How Does Social Cohesion Emerge from Urban Agriculture?, *Sustainability*, 2018, 10, 998, URL : <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/998>
- Polombo N., Yengué JL., 2014, Services socio-économiques rendus par les espaces verts urbains. Comparaison de 2 parcs urbains en Région Centre, Communication orale au 5ème Congrès National Santé Environnement, 25-27 novembre 2014, Rennes.
- Pourias J (2013) Growing food for self-consumption inside cities: lessons learnt from urban allotment gardens in Paris and Montreal. 1681–1692
- Pourias J (2014) Production alimentaire et pratiques culturelles en agriculture urbaine. Analyse agronomique de la fonction alimentaire des jardins associatifs urbains à Paris et Montréal
- Pourias J, Duchemin E, Aubry C (2015) Products from urban collective gardens: food for thought or for consumption? *J Agric Food Syst Community Dev* 5:175–199. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2015.052.005>
- Richards PJ, Farrell C, Tom M, et al (2015) Vegetable raingardens can produce food and reduce stormwater runoff. *Urban For Urban Green* 14:646–654. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.007>
- Sanyé-Mengual E, Specht K, Krikser T, et al (2018) Social acceptance and perceived ecosystem services of urban agriculture in Southern Europe: The case of Bologna, Italy. *PLoS One* 13:1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200993>
- Sarrat C, Lemonsu A, Masson V, Guedalia D (2006) Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmos Environ* 40:1743–1758. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.037>
- Säumel I, Kotsyuk I, Hölscher M, et al (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. *Environ Pollut* 165:124–32. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Schwartz C (2009) QUE SAVONS-NOUS DE LA QUALITÉ DES SOLS DE JARDINS POTAGERS ? 1992–1994
- Séré G (2007) Fonctionnement et évolution pédogénétique de Technosols issus d'un procédé de construction de sol
- Specht K, Sanyé-Mengual E (2017) Risks in urban rooftop agriculture: Assessing stakeholders' perceptions to ensure efficient policymaking. *Environ Sci Policy* 69:13–21. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.12.001>
- Specht K, Siebert R, Hartmann I, et al (2013) Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agric Human Values* 31:33–51. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448->

4:

- Therond O. (coord.), Tichit M. (coord.), Tibi A. (coord.) et coauteurs, 2017, Volet "écosystèmes agricoles" de l'Évaluation Française des Ecosystèmes et des Services Écosystémiques. Rapport d'étude, Inra (France), Accessible en ligne : <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/EFESE-services-ecosystemiques-rendus-par-les-ecosystemes-agricoles>
- Torres AC., Prévot AC., Nadot S., 2018, Small but powerful: The importance of French community gardens for residents, Accessible en ligne : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618307382?via%3Dihub>
- Thomaier S, Specht K, Henckel D, et al (2014) Farming in and on urban buildings: Present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). *Renew Agric Food Syst* 1–12. <https://doi.org/10.1017/S1742170514000143>
- Van Oudenhoven APE, Petz K, Alkemade R, et al (2012) Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecol Indic* 21:110–122. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012>
- Van Wijnen HJ, Rutgers M, Schouten AJ, et al (2012) How to calculate the spatial distribution of ecosystem services - Natural attenuation as example from The Netherlands. *Sci Total Environ* 415:49–55. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.058>
- Vittori Antisari L, Orsini F, Marchetti L, et al (2015) Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0308-z>
- Wenger E., *Communities of Practice, Learning, Meaning, and Identity*, Cambridge University Press, 1998.
- Weidner T, Yang A, Hamm MW (2019) Consolidating the current knowledge on urban agriculture in productive urban food systems: Learnings, gaps and outlook. *J Clean Prod* 209:1637–1655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.004>
- Whittinghill LJ, Hsueh D, Culligan P, Plunz R (2016) Stormwater performance of a full scale rooftop farm: Runoff water quality. *Ecol Eng* 91:195–206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.047>
- Whittinghill LJ, Rowe DB, Andresen J a., Cregg BM (2015) Comparison of stormwater runoff from sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. *Urban Ecosyst* 13–29. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0386-8>
- Whittinghill LJ, Rowe DB, Cregg BM (2013) Evaluation of Vegetable Production on Extensive Green Roofs. *Agroecol Sustain Food Syst* 37:465–484. <https://doi.org/10.1080/21683565.2012.756847>
- Whittinghill LJ, Rowe DB, Schutzki R, Cregg BM (2014) Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landsc Urban Plan* 123:41–48. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.015>
- Yengué JL. (2017), « Introduction au dossier « Les espaces verts urbains : éclairages sur les services écosystémiques culturels » », *Environnement Urbain / Urban Environment* [En ligne], Volume 11 | 2017, mis en ligne le 27 juillet 2017, consulté le 18 mai 2020. URL : <http://journals.openedition.org/eue/1940>