

Les villes peuvent-elles devenir autonomes sur le plan alimentaire ?

Le cas de Paris

Par Emile BALEMBOIS, Louise SIRVEN et Nizar CHAFII

École polytechnique⁽¹⁾

La croissance des villes pose à la fois des problèmes environnementaux et alimentaires. Des recherches ont été menées pour explorer la possibilité de mettre en place l'agriculture en milieu urbain pour atteindre l'autonomie alimentaire. Dans cet article, nous présentons les expériences urbaines d'agriculture en cours et faisons le point sur les modèles d'autonomie existants. Nous posons la question de la mise en œuvre d'une autonomie alimentaire dans Paris à partir d'un modèle simple. À partir de la recension des espaces disponibles et de l'attribution de différents types d'agriculture à ces espaces, nous visons à nourrir la réflexion autour du développement de l'agriculture dans Paris. Nous projetons une autonomie en fruits et légumes de l'ordre de 10 % dans un modèle réaliste, et de plus de 40 % dans un scénario volontariste. L'obtention de ce résultat implique des coûts : il faut repenser la ville et ses usages pour pouvoir y produire. Ce résultat permet cependant d'introduire une nouvelle vision de la construction durable d'une ville aussi dense que Paris, bénéficiant de l'ensemble des externalités positives de ces scénarios en matière de contact avec la nature, d'éducation, d'emploi, de santé et d'environnement.

Introduction

La crise de la Covid-19 et les premiers confinements ont entraîné une grande tension sur les denrées alimentaires. Des pénuries sont apparues dans les magasins, non par manque de production des produits fondamentaux, mais par un défaut de la chaîne d'approvisionnement qui n'était pas assez élastique pour répondre à l'excès de demande (Pulighe et Lupia, 2020), et trop étendue : la distance moyenne d'approvisionnement des produits alimentaires à Paris est ainsi de 660 km (Données stratégiques de la mairie de Paris). De très nombreux consommateurs se sont donc tournés vers la consommation de produits locaux en circuits courts, dont les ventes ont explosé (Jumel et Morel, 2020).

L'augmentation de la demande de produits agricoles locaux pose la question de la mise en place de l'agriculture urbaine, qui apparaît comme une solution permettant aux villes d'augmenter leur potentiel d'autonomie alimentaire par un contrôle plus raisonné de leur chaîne d'approvisionnement. L'implantation d'une agriculture urbaine fournit, de plus, de nombreuses

externalités positives dans les villes (Eigenbrod *et al.*, 2015). Cette question est aujourd'hui un enjeu politique pour de nombreuses villes qui affichent des ambitions d'autonomie alimentaire.

Dans cet article, nous avons pour but de tester ces ambitions en proposant un modèle de calcul de l'autonomie alimentaire de Paris. L'objectif du modèle mis au point n'est pas de faire des prévisions mais de nourrir la réflexion autour de ce que pourrait être une agriculture urbaine dans Paris. N'est-elle vouée qu'à être anecdotique ou est-il envisageable de cultiver des fruits et légumes dans la capitale à une échelle suffisamment importante pour couvrir une partie substantielle de la consommation des Parisiens ?

Nous proposons d'étudier dans un premier temps les enjeux de la mise en place de l'agriculture urbaine du point de vue de l'autonomie alimentaire à travers les expériences en cours. Après un aperçu des études de chercheurs sur cet objectif d'autonomie alimentaire, nous analysons les méthodologies de différents modèles réalisés en Europe et Amérique du Nord depuis 2010. En nous appuyant sur ces méthodologies, nous proposons un modèle simple de calcul du potentiel d'autonomie alimentaire d'une ville, appliqué au cas de Paris, base d'une discussion quant aux perspectives de mise en œuvre de l'agriculture urbaine parisienne et d'une réflexion sur la notion d'autonomie alimentaire.

⁽¹⁾ Cet article est issu d'un projet étudiant réalisé par des élèves en troisième année à l'École polytechnique dans le cadre de l'Unité d'Approfondissement « Stratégie des organisations et développement durable » encadrée par Hervé Dumez et Camille Toussaint (parcours Sciences pour les Défis de l'Environnement). Nous remercions nos encadrants pour leurs conseils, leurs relectures et leur disponibilité tout au long du processus de rédaction de cet article.

Méthodologie

L'apport de notre article réside dans la construction d'un modèle simple d'estimation du potentiel d'autonomie alimentaire de Paris. Ce modèle ne prétend pas fournir un pourcentage exact d'autonomie, mais offre un ordre de grandeur de la capacité d'autonomie alimentaire de Paris et permet de hiérarchiser les contributions des différents types d'agriculture à cette autonomie.

Deux sortes de littérature ont été étudiées : l'une concerne les modèles d'autonomie urbaine et l'autre les techniques agricoles disponibles. Des sources variées ont permis de broser un état des lieux de l'établissement actuel de l'agriculture urbaine.

Concernant le cas de Paris, des entretiens ont été menés avec des acteurs en lien avec l'agriculture et l'aménagement dans cette ville (professeurs de l'INRAE et AgroParisTech, membres de l'Atelier parisien d'urbanisme ou Apur – agence d'analyse et de documentation des stratégies d'évolution de Paris –, chargé de projets dans le cadre du programme de la Ville de Paris « les Parisculteurs » – appels à projets agricoles dans Paris –, responsable de la division « Sites et paysages » à la Direction des espaces verts et de l'environnement, membre du projet « Les Barges de la Permaculture » – création d'une ferme sur barges sur la Seine). Des entretiens ont également été réalisés avec des acteurs d'autres villes françaises (Rennes et Albi) qui ont déjà mis au point des projets d'agriculture urbaine, ainsi qu'avec une responsable de l'AFAUP (Association française d'agriculture urbaine professionnelle). Nous aurions aimé connaître le point de vue des membres politiques de la mairie de Paris, mais nos demandes d'entretien sont restées sans suite.

Ces entretiens et l'analyse des études menées sur l'autonomie dans d'autres villes ont permis de construire le modèle. La principale difficulté a résidé dans la collecte des données qui l'alimentent (surfaces disponibles, rendements). Les données utilisées sont issues de la base de la ville de Paris (Open Data Paris), de l'Apur (bases de données Open Data Apur, ainsi que plusieurs études chiffrées faites par l'organisme), et d'études d'autres villes. Les bases de données nous ont permis de recenser les hectares disponibles pour chaque type de surface. Les fichiers mis à disposition sur ces bases de données ont servi, par un traitement Excel simple, à sélectionner et sommer les surfaces nécessaires à notre étude. Connaissant les rendements et les surfaces utilisées, nous en avons déduit une production en fruits et légumes que nous avons comparée avec la consommation théorique obtenue en connaissant le nombre de personnes accueillies par jour à Paris, ainsi que la consommation journalière en fruits et légumes d'un individu.

Nous avons communiqué, pour information, les résultats de notre étude à la mairie de Paris.

Enjeux de l'autonomie alimentaire dans les villes d'aujourd'hui

En 2019, 55 % de la population mondiale vivait en ville, quand la part des urbains représentait seulement 33 % de la population mondiale en 1960 (World Bank,

2013). L'idée d'autonomie alimentaire fait partie des solutions envisagées pour approvisionner ces villes, car elle leur permettrait de bénéficier des nombreuses externalités positives de l'agriculture urbaine. L'autonomie alimentaire par l'agriculture urbaine est déjà au cœur des préoccupations de certaines villes.

Les bénéfices de l'agriculture urbaine

Les bénéfices apportés par l'agriculture urbaine sont nombreux.

Sécurité alimentaire

Définir la sécurité alimentaire d'une ville repose sur trois points : la disponibilité de la nourriture, l'accès à la nourriture, et la qualité de celle-ci. Sur ces trois critères, l'agriculture urbaine peut être envisagée comme une solution permettant de consolider la sécurité alimentaire des grandes villes, notamment dans les pays en voie de développement dans lesquels les villes ne cessent de gagner du terrain sur les zones rurales (Eigenbrod *et al.*, 2015).

Les crises ont souvent été à l'origine d'une prise de conscience de la fragile sécurité alimentaire des villes. Ainsi, les deux guerres mondiales ont joué un rôle important dans la mise en place de l'agriculture urbaine dans les villes américaines : les "war gardens" créés à cette période ont perduré lors de la grande dépression (Mok *et al.*, 2014). À Cuba, la chute de l'allié soviétique a conduit l'île à considérer l'agriculture urbaine comme une solution pour regagner sa sécurité alimentaire, et le pays est aujourd'hui un des plus avancés en la matière. La Havane a pu ainsi produire près de 70 % de sa consommation en fruits et légumes (Maschio, 2017).

Plus récemment, la pandémie de Covid-19 a été un révélateur de la fragilité de la chaîne d'approvisionnement alimentaire des grands centres urbains (Pulighe et Lupia, 2020). Certains pays ont en effet décidé de limiter leurs exportations alimentaires. Dans le même temps, les contraintes en matière d'hygiène ont augmenté les délais de production, et sont à l'origine d'une hausse des pertes alimentaires des périssables et des coûts des importations.

Il semble alors nécessaire de repenser le « métabolisme urbain » (Pulighe et Lupia, 2020), en établissant de nouvelles techniques susceptibles de réduire les chaînes logistiques et d'améliorer la sécurité alimentaire des grandes villes.

Bien-être des habitants

Jusqu'à présent, dans la plupart des villes, l'agriculture a été mise en place à petite échelle, et s'accompagne souvent d'enjeux sociaux et éducatifs. La plupart des fermes urbaines parisiennes ont avant tout un rôle pédagogique et sont des lieux permettant aux urbains de renouer avec la nature (*Le Monde*, 19/04/18).

Un rapport du Conseil économique social et environnemental (CESE, 2019) souligne le rôle social de l'agriculture urbaine : lieux de partage et de convivialité, les jardins urbains permettent aux citoyens de forger un esprit de communauté et à certains de sortir de l'isolement. Le mouvement des « Incroyables Comestibles » (voir la sous-partie intitulée « Projets citoyens : l'exemple

des "Incroyables Comestibles" ») promeut ainsi l'agriculture participative en encourageant les particuliers à installer des plantations dans les villes et à partager les récoltes.

Le CESE (CESE, 2019) relève également des initiatives, à petite échelle, couplant agriculture urbaine et insertion professionnelle. Le développement de l'agriculture urbaine à plus large échelle serait ainsi source de création d'emplois locaux.

Agriculture urbaine et développement durable

La mise en place de l'agriculture urbaine fait partie intégrante du mouvement des villes durables (CESE, 2019). Si elle est pratiquée de façon raisonnée, l'agriculture urbaine permet de renforcer la biodiversité grâce à l'installation de corridors écologiques (Orsini *et al.*, 2014). Ce retour de la nature en ville serait également une solution pour limiter les îlots de chaleur, un enjeu croissant dû au changement climatique.

À l'heure où beaucoup de villes encouragent les circuits courts, le développement de l'agriculture urbaine permet de réduire les coûts environnementaux liés au transport des aliments. D'autres coûts se trouvent réduits (emballage, stockage des déchets). Les périssables, produits au plus près des consommateurs, présentent ainsi une durée de consommation allongée, ce qui permettrait de réduire les pertes liées au gaspillage alimentaire (Eigenbrod *et al.*, 2015). Enfin, l'agriculture urbaine offre des opportunités quant au recyclage des déchets organiques (compostage, techniques en cours de développement), et apparaît comme un remède à la pollution des sols (CESE, 2019).

Il faut néanmoins tenir compte des techniques utilisées : certains types de productions hors-sol ou en sous-sol et sous lumière artificielle entraînent un coût énergétique et donc des émissions de CO₂ plus importantes que celles associées au transport (Benis et Ferrão, 2017).

Technologies innovantes

Cultiver dans les villes demande une adaptation à des conditions particulières qui nécessitent de changer les pratiques, en adaptant des techniques anciennes ou en inventant de nouvelles. Nous nous concentrons sur les techniques les plus en développement aujourd'hui : les cultures de pleine terre bio-intensives et hors-sol.

Cultures de pleine terre bio-intensives

La micro-agriculture bio-intensive est une technique de maraîchage apparue au XIX^e siècle chez les maraîchers parisiens et conceptualisée dans les années 1970. Elle maximise le rendement de production au mètre carré en optimisant les associations entre les espèces cultivées et en densifiant les cultures (Morel, 2018). Elle permet de construire des modèles maraîchers productifs sur de petites surfaces. Un maraîcher utilisant cette technique sur une surface de 1 000 m² pourrait se verser un salaire supérieur au SMIC (Guégan et Leger, 2015).

Une telle technique peut être associée à une philosophie plus large, la permaculture, qui cherche à intégrer une réflexion écosystémique, s'inspirant de la biosphère et s'éloignant progressivement de l'utilisation

de produits chimiques et de combustibles fossiles (Hervé-Gruyer, 2019). La grande compacité spatiale de la micro-agriculture bio-intensive et les avantages environnementaux et sociaux de la permaculture font de cette technique un modèle phare dans le cadre urbain. Elle est aujourd'hui en pleine expansion (Morel, 2018).

Cultures hors sols

Certaines techniques permettent de cultiver dans des substrats à la composition contrôlée (technosols constitués de compost, solution aqueuse, etc.). Elles favorisent une production maraîchère dans les villes en s'installant sur de nouveaux espaces (toits, routes, barges fluviales...).

La plupart de ces techniques sont issues de l'hydroponie, qui consiste à cultiver des plantes en baignant leurs racines dans des solutions nutritives aqueuses obtenues *via* l'apport d'intrants chimiques ou en utilisant des déjections animales. L'aquaponie (technique déjà utilisée par les Aztèques) combine hydroponie et aquaculture : les déjections des poissons sont transformées en nitrate qui est ensuite consommé par les plantes. Le seul intrant utilisé est la nourriture des poissons (Site aquaponie France). L'aéroponie n'utilise quant à elle aucun substrat : les racines poussent à l'air libre et reçoivent des nutriments par aspersion. Les différentes techniques d'hydroponie peuvent être utilisées sous lumière artificielle, permettant d'imaginer des tours maraîchères verticales dans des espaces sans lumière naturelle et dégagant des rendements au mètre carré extrêmement élevés (WillAgri, 18/11/19). D'autres méthodes utilisent des substrats organiques sous-produits de l'activité des villes comme le compost urbain, le marc de café et le mycélium (Grard *et al.*, 2020).

Ces techniques en sont à un stade expérimental et sont souvent mises en œuvre par des *start-up* dont la rentabilité financière n'est pas encore avérée, ou dans des travaux de recherche. Elles nécessitent une infrastructure importante et sont pour la plupart très consommatrices d'énergie (intrants chimiques et lumière artificielle).

État des lieux de l'autonomie actuelle

Comme le souligne un rapport réalisé en 2017 par le cabinet de conseil Utopies sur l'autonomie alimentaire des villes françaises (Laville *et al.*, 2017), les villes occidentales sont aujourd'hui très peu autonomes. L'autonomie alimentaire globale des aires urbaines françaises (en considérant un rayon de 60 à 100 km autour des villes) est comprise entre 0 et 8 % pour les villes les plus avancées. Pour les fruits et légumes, l'autonomie maximale est atteinte à Avignon (25 %), mais elle est le plus souvent inférieure à 5 % dans les grandes villes françaises. Malgré cette faible autonomie, de nombreuses villes placent la recherche de l'autonomie alimentaire au cœur de leur politique.

Projets citoyens : l'exemple des « Incroyables Comestibles »

À Todmorden, ville anglaise sinistrée et en déclin démographique, naît en 2008 le mouvement des "Incredible Edible Todmorden" (IET) (Purcell et Beck,

2020), qui vise à réintroduire l'agriculture au cœur de la ville pour fournir une alimentation saine et durable tout en introduisant une forte dimension sociale (entraide et partage des récoltes – Site des Incroyables Comestibles). L'engouement suscité par le mouvement a permis le soutien de la ville, ainsi que la mise en place de nombreux projets agricoles en libre-service (Duvivier *et al.*, 2012-2013).

Dix ans après sa création, le mouvement génère des bénéfices sociaux notables (Morley *et al.*, 2018). Il a essaimé dans le monde entier grâce à de nombreuses initiatives locales. En France, le mouvement les « Incroyables Comestibles » est présent dans plusieurs villes et a créé un label « Villes et Villages comestibles de France », qui valorise les initiatives de développement de l'agriculture en ville, dans une optique d'autonomie alimentaire. Si la recherche d'une telle autonomie s'affiche comme l'objectif ultime, ce mouvement vise surtout à encourager l'établissement d'une alimentation durable et locale, à sensibiliser les habitants et à recréer du lien social.

Ambitions municipales : le cas de Rennes et Albi

Ces deux villes ont suivi un itinéraire similaire, depuis des ambitions municipales d'autonomie à une politique plus mesurée de mise en œuvre de l'agriculture urbaine.

À la suite des recherches des étudiants d'Agrocampus Ouest site Rennes (2011) portant sur le potentiel d'autonomie alimentaire de la ville, le conseil municipal rennais a voté en 2016 un vœu en faveur de l'autonomie alimentaire. Les initiatives en matière d'agriculture urbaine sont nombreuses (jardins partagés, jardins familiaux, projets agricoles sur une zone de 450 hectares). Cependant, la production obtenue est loin des ordres de grandeur de l'autonomie alimentaire, et les conflits entre projets agricoles et de construction témoignent de l'écart existant entre affichage politique et réalité du terrain (France 3, 31/01/21).

La ville d'Albi visait l'autosuffisance alimentaire en 2020. À l'heure du bilan, un adjoint à l'agriculture urbaine de la ville explique (France Bleu, 01/05/19) que, plus que l'objectif d'autonomie alimentaire, l'important est la sensibilisation des habitants à l'alimentation durable et la remise en cause du modèle alimentaire actuel. Nombreuses sont les actions mises en place par la mairie afin de promouvoir une agriculture locale (marché de producteurs locaux, mini-jardins dans les écoles et les parcs, implication d'associations). Ici, comme à Rennes, le problème d'acquisition du foncier pour l'installation de projets est un enjeu majeur (France Bleu, 01/05/19).

Villes nouvelles autonomes

Si le manque de disponibilité en espace limite l'installation et le développement de l'agriculture urbaine dans les villes, des projets de villes nouvelles affichent un objectif d'autonomie alimentaire et sont conçus en fonction de cet objectif. C'est le cas des ReGen Villages, une *start-up* de la Silicon Valley qui s'associe à des cabinets d'architectes (Effekt, White Architect) pour construire des villages autosuffisants (*The Guardian*, 12/07/16). Il n'existe cependant pas de projets encore achevés pouvant être étudiés.

Le cas de Paris

Au cours du XIX^e siècle, Paris produisait une très grande quantité de fruits et légumes, et les techniques de maraîchage bio-intensives locales de cette époque sont encore source d'inspiration aujourd'hui (Morel, 2018). Développer davantage l'agriculture urbaine est une ambition politique qui se traduit par les appels à projet Parisculteurs, qui ont permis depuis 2014 la mise en culture de 31 hectares dans Paris. Le nombre d'hectares est cependant faible en comparaison de ceux nécessaires pour fournir en fruits et légumes la population parisienne (100 à 1 000 fois plus, voir la partie « Modèle sur Paris » et Vauléon (2017)).

Des échanges avec les responsables des Parisculteurs, il ressort que ces projets sont vus comme la première étape d'un projet ambitieux visant à relocaliser les approvisionnements parisiens en Île-de-France pour renforcer l'autonomie alimentaire. Cette tendance est visible dans la version en cours de cet appel à projet qui propose à l'agriculture urbaine des terrains en banlieue parisienne (Mairie de Paris, 2021).

La position exacte de la mairie sur le développement de l'agriculture urbaine est difficile à évaluer. Lors de nos entretiens, les responsables des Parisculteurs, comme les membres de l'Apur, se sont montrés intéressés par notre projet et enclins à partager leurs connaissances. Il nous a semblé que ces techniciens étaient convaincus des bienfaits de la mise en place de l'agriculture urbaine et satisfaits du soutien politique reçu, tout en étant conscients des freins à l'installation inhérents au milieu urbain.

Nourriture	Légumes, fruits, champignons, houblon
Terrains	61 % terrains publics, 39 % terrains privés
Surfaces	47 % toits, 40 % sols, 9 % souterrains, 4 % murs
Agriculture	Bio-intensive, hydroponie et jardinage

Tableau 1 : Résultats des appels à projet Parisculteurs (2014-2020).

On remarque (Tableau 1) que les projets sont principalement placés sur les toits – ce qui traduit la grande densité de la ville et le peu de sols disponibles – et sur des terrains publics – ce qui montre la difficulté pour la mairie de toucher les acteurs privés (voir la partie « Modèle sur Paris » et Vauléon (2017)).

Il faut noter que ces projets n'avaient initialement pas vocation d'autonomie et étaient plutôt centrés sur les bénéfices d'une nouvelle agriculture urbaine. Ils sont cependant de plus en plus tournés vers une perspective productrice, bien visible dans la dernière saison de ces appels à projet (Mairie de Paris, 2021), ouvrant des perspectives quant à l'établissement de l'agriculture à Paris et renforçant l'intérêt d'une étude du potentiel de production alimentaire.

Étude des modèles établis

Plusieurs modèles scientifiques ont été établis depuis 2010 pour étudier le potentiel de l'agriculture urbaine. Certains s'intéressent aux villes de l'hémisphère Sud (World Bank, 2013), mais la plupart concernent les villes développées des pays occidentaux.

Les modèles qui nous intéressent sont ceux qui portent sur des villes comparables à Paris. Nous nous focalisons ainsi sur les modèles listés en 2020 par l'étude de Gardiner (2020), établis sur des villes nord-américaines et européennes, ainsi que sur des études sur les villes de Paris (Vauléon, 2017 ; Thome, 2019) et Rennes (AgroCampus Ouest, 2011). Si la plupart de ces villes sont comparables sur le plan économique et climatique, leur constitution peut être très différente (densité, disponibilité d'espaces de pleine terre, pollution).

Ces modèles conduisent à des résultats très variables. Certains estiment atteignable une autonomie alimentaire en fruits et légumes – Montréal (Haberman *et al.*, 2014) – ; d'autres sont plus pessimistes avec une autonomie en fruits et légumes de seulement 10 % – Toronto (McRae *et al.*, 2010). Cette grande variabilité est aussi visible au sein même des modèles en fonction des paramètres choisis : autonomie variant de 22 % à 100 % dans le modèle pour Cleveland (Grewal et Grewal, 2012).

Tout dépend des hypothèses retenues. Nous les avons divisées en cinq catégories : le type de nourriture produite, les surfaces utilisables, les rendements des techniques agricoles, les consommations, et les pertes alimentaires.

Types de denrées agricoles

Chaque type de nourriture présente des problématiques différentes quant à son intégration à la ville. La plupart des études partent du postulat selon lequel la production de céréales est inenvisageable au sein d'une ville, par manque de surfaces (Grewal et Grewal, 2012). Cette production est d'ailleurs historiquement réservée aux campagnes (Vidal, 2010). L'élevage paraît lui aussi complexe : les animaux représentent un afflux de nouvelles bouches à nourrir qui va à l'encontre de modèles d'autonomie des villes vis-à-vis des chaînes d'approvisionnement. Grewal et Grewal (2012) ont tout de même proposé d'intégrer l'élevage de poules dans leur modèle, car c'est l'élevage qui présente le meilleur rendement au m². D'autres modèles considèrent l'élevage dans les campagnes avoisinantes comme la région rennaise (AgroCampus Ouest, 2011) pour Rennes ou le bassin Seine-Normandie pour Paris (Thome, 2019). La production de miel, uniquement étudiée par Grewal et Grewal (2012), est intéressante, car les ruches nécessitent peu d'espace et peuvent être installées sur les toits des immeubles. Avec ce type de production, les ruches sont aussi à l'abri des pesticides (*Le Parisien*, 05/12/16). Cependant, il existe peu de littérature sur la productivité des ruches en ville, et il est compliqué d'estimer le nombre de ruches pouvant être installées avant qu'elles n'entrent en compétition (*BBC News*, 12/10/12). Une autre production peu évoquée dans les études est la production d'aliments poussant sans lumière (champignons, endives) (Vauléon, 2017) qui peuvent être cultivés dans des espaces souterrains.

Finalement, la principale et généralement unique production étudiée par l'ensemble des modèles cités est la production de fruits et légumes. En effet, leur culture est modulable, ne nécessite pas un espace

trop important et peut être très productive au m². Les fruits et légumes, bien que présentant des différences, sont le plus souvent regroupés dans la même catégorie d'étude.

Chaque type de nourriture présente des problématiques de production qui lui sont propres. Comme Paris est une ville très contrainte en espaces disponibles, nous nous concentrons dans la suite sur une autonomie en fruits et légumes, ce qui limite bien évidemment la notion d'autonomie (autonomie sectorielle), mais semble l'option la plus réaliste.

Surfaces utilisables

Le plus grand défi de l'agriculture dans les villes consiste à trouver de l'espace exploitable. Les principaux espaces envisageables, du plus accessible ou moins accessible, sont :

- Espaces vacants : ensemble des terres inutilisées dans la ville (friches industrielles).
- Terrains publics : parcs, murs et cours appartenant aux municipalités.
- Espaces souterrains inutilisés : anciens parkings souterrains et tunnels désaffectés.
- Toits plats : espaces majoritairement inutilisés (publics ou privés).
- Points d'eau : généralement espaces fluviaux sur lesquels on peut installer des barges.
- Espaces résidentiels non bâtis : jardins et cours privés.
- Espaces de la voie publique : îlots de voirie, voies et places peu fréquentées, et places de stationnement inutilisées.

Rendements

Le calcul des rendements dépend des techniques agricoles utilisées. Nous nous concentrons, comme la majorité des modèles, sur des rendements au m² pour la production de fruits et légumes. Nous avons listé dans le Tableau 2 de la page 26 les cinq pratiques agricoles principales pour la culture de fruits et légumes, identifiées dans des modèles d'autonomie et leurs rendements mesurés dans la littérature agronomique.

Notre étude se concentre sur l'agriculture hors sol bio-intensive. Ce type de culture utilise des bacs remplis d'un substrat composé en majorité de compost urbain et pourrait remplacer la culture hydroponique traditionnellement utilisée dans les modèles pour cultiver sur les sols minéraux, tout en proposant une culture moins coûteuse en énergie et en infrastructures, et plus écologiquement vertueuse.

Consommation alimentaire

Il existe deux méthodes pour déterminer la consommation alimentaire d'une ville. Une première méthode "*top-down*" consiste à mesurer les flux de nourriture entrant dans la ville. Cette méthode permet une capture globale de la consommation réelle d'une ville sur une période donnée et la prise en compte du régime des habitants, de la demande en nourriture en dehors des habitants de la ville (touristes et travailleurs habitant

Type d'agriculture	Jardinage	Pleine terre conventionnelle	Pleine terre bio-intensive	Hors sol intensive	Hors sol bio-intensive
Modèle l'utilisant	(CoDyre <i>et al.</i> , 2015), (Edmondson <i>et al.</i> , 2020)	(McRae <i>et al.</i> , 2010), (Mohareb <i>et al.</i> , 2018)	(Colasanti <i>et al.</i> , 2010), (Grewal et Grewal, 2012), (McClintock <i>et al.</i> , 2013), (Haberman <i>et al.</i> , 2014)	(Grewal et Grewal, 2012), (Haberman <i>et al.</i> , 2014), (Orsini <i>et al.</i> , 2014), (Saha et Eckelman, 2017)	Utilisée dans notre modèle
Rendements	Très variables, faibles en moyenne (inférieurs à 3 kg/m ² /an), car les jardiniers n'ont pas le suivi agronomique d'un maraîcher. Études faites en France : (Pourias <i>et al.</i> , 2015), (Marie, 2019)	Faibles, pratiques conçues pour des terrains où l'espace n'est pas un facteur limitant.	Variables, entre 6 et 7 kg/m ² /an obtenus en Californie (Dervaes, 2020) et en France (Guégan et Leger, 2015)	En utilisant une lumière naturelle, les rendements varient de 15,2 kg/m ² /an obtenus à Bologne (Orsini <i>et al.</i> , 2014) jusqu'à 25 kg/m ² /an obtenus à Barcelone (Sanyé <i>et al.</i> , 2015). En utilisant une lumière artificielle, les rendements sont en général annoncés par des entreprises privées ou analysés pour un fruit ou légume en particulier. Cela semble augmenter les rendements en maîtrisant la lumière reçue par les plantes et en permettant de cultiver en vertical (Touliatos <i>et al.</i> , 2016)	11,5 kg/m ² /an obtenus à Paris (Grard <i>et al.</i> , 2020)
Analyse	Permet de prendre en compte les productions des particuliers. Les rendements sont complexes à obtenir, car ils dépendent du soin et des compétences de chaque jardinier.	Peu adaptée aux espaces restreints des villes, car elle nécessite un espace minimal pour l'installation d'une ferme.	Connue sous le nom de permaculture. Écologiquement vertueuse, elle nécessite cependant une surface minimale de pleine terre de quelques centaines de m ² .	Recouvre une grande variété de pratiques encore expérimentales. Nécessite l'usage d'intrants chimiques et, en fonction des techniques, d'une serre chauffée. Coût énergétique et en main d'œuvre très élevé : (Eigenbrod <i>et al.</i> , 2015)	Cette technique est coûteuse en main d'œuvre. Elle est écologiquement vertueuse et bien intégrée au milieu urbain en utilisant en majorité du compost urbain dans ses substrats.

Tableau 2 : Rendements et modèles d'autonomie associés aux techniques agricoles urbaines.

en périphérie), et du gâchis alimentaire. Cependant, elle nécessite de posséder un grand nombre de données sur la ville et n'a été utilisée que dans une étude – Detroit (Colasanti *et al.*, 2010).

Une méthode "*bottom-up*", plus simple, consiste à définir un régime alimentaire pour les habitants et à multiplier la consommation correspondante par la population. Ce modèle permet de poser des hypothèses sur le régime des populations qui évolue au gré de sensibilisations sanitaires – consommation de cinq fruits et légumes par jour recommandé par l'OMS (Edmondson *et al.* 2020) –, écologiques ou éthiques. L'étude d'AgroCampus Ouest (2011) a fondé son calcul sur un sondage auprès de la population rennaise demandant aux habitants s'ils étaient prêts à changer de régime pour passer à un régime flexitarien (réduction de la consommation de viande). Les différences de régime sont importantes, car elles changent radicalement la consommation.

Pertes alimentaires

Il faut enfin considérer les pertes alimentaires qui interviennent le long de la chaîne d'approvisionnement, depuis la ferme jusqu'à l'assiette. Ces pertes pour les fruits et légumes sont plus importantes dans la

littérature étasunienne – plus de 25 % dans les modèles (Colasanti *et al.*, 2010 ; McClintock *et al.*, 2013) – que dans la littérature française – 12 % dans l'étude de l'INRAE (Jeannequin *et al.*, 2015).

La définition d'un modèle d'autonomie alimentaire pour une ville est donc complexe et très dépendante du contexte. Le type d'espace disponible, le type d'agriculture choisie, le climat, le régime alimentaire et le comportement des populations sont autant de facteurs déterminants, ainsi que les techniques utilisées. La plupart des modèles se concentrent sur le calcul d'une autonomie sectorielle en fruits et légumes.

Modèle sur Paris

Nous présentons maintenant notre modèle permettant d'évaluer un ordre de grandeur du potentiel d'autonomie en fruits et légumes de Paris. Après avoir détaillé le calcul de la consommation globale de la ville, nous justifions les surfaces mobilisées pour l'agriculture urbaine, ainsi que le type d'agriculture utilisé suivant deux scénarios, l'un « réaliste » et l'autre « idéal », et détaillons le résultat de ces scénarios.

Consommation

Afin de définir la consommation alimentaire globale parisienne, nous procédons à une analyse *bottom-up*. Nous prenons en compte trois types de consommateurs :

- Les résidents : habitants de Paris, corrigés du nombre de personnes qui travaillent ou se déplacent hors de Paris et mangent hors de la ville.
- Les non-résidents : personnes qui ne sont pas domiciliées à Paris et s'y déplacent de manière régulière, occasionnelle ou exceptionnelle (travailleurs, étudiants, touristes à la journée...).
- Les touristes : personnes non résidentes qui logent à Paris le temps d'une nuit au moins.

Nous considérons que les non-résidents consomment la moitié de leurs besoins alimentaires à Paris et que leur nombre diminue de moitié le week-end par rapport aux jours de la semaine.

D'autre part, la consommation moyenne en France de fruits et de légumes est de **350 grammes** par jour (Site de l'arboriculture). On obtient alors un ordre de grandeur de **360 000 tonnes** de fruits et de légumes consommées annuellement à Paris (Tableau 3). Ce résultat présente une grande incertitude notamment sur le régime alimentaire réel de la population considérée (voir la sous partie « Consommation alimentaire »), et sur les flux des non-résidents et touristes.

Rendements agricoles

Nous avons défini dans le Tableau 4 ci-après les rendements correspondant à chacune des techniques agricoles que nous utilisons dans ce modèle. Il est difficile d'obtenir des données des rendements

correspondant au climat de la ville considérée. Notre étude a la chance de pouvoir s'appuyer sur plusieurs études réalisées à proximité de Paris (Pourias *et al.*, 2015 ; Guégan et Leger, 2015 ; Grard *et al.*, 2020).

L'agriculture de pleine terre conventionnelle nécessite trop d'espaces et est trop peu productive au m² pour être retenue. Notre modèle se limite à quatre techniques agricoles :

- Le jardinage (privé ou jardins partagés) : notre hypothèse forte est tirée du modèle de CoDyre *et al.* (2015) selon lequel le niveau d'expertise en jardinage des Parisiens augmente (à l'aide d'initiatives facilitant le partage de connaissances telles que les jardins partagés). Nous avons ainsi pris le rendement des jardins les plus productifs (Pourias *et al.*, 2015). Prendre un rendement plus élevé pour le jardinage nous permet de prendre en compte le moindre gâchis alimentaire sur les produits de jardin.
- L'agriculture de pleine terre bio-intensive : choisie pour son adaptation aux parcelles réduites du paysage périurbain. Cependant à Paris, très peu d'espaces de pleine terre sont disponibles et suffisamment grands pour accueillir des fermes.
- L'agriculture hors sol bio-intensive : exploitations sur toits et autres sols minéraux. Cette technique n'est pas la plus productive, mais nous l'avons sélectionnée dans la perspective du développement d'une ville durable, car elle est écologiquement vertueuse. Elle est de plus soutenue politiquement – le projet T4P pour Projet des Toits Parisiens Productifs d'AgroParisTech (Grard *et al.*, 2020) est financé par la région Île-de-France.
- L'agriculture hors sol intensive : utile dans notre cas pour une culture dans des espaces sans lumière naturelle.

	Nombre de consommateurs (Molinier, 2020)	Consommation journalière (kg)	Consommation annuelle (kg)
Résidents	2 188 000	765 800	279 517 000
Non-Résidents	1 233 000	215 775	67 506 750
Touristes	79 000	27 650	10 092 250
Total	3 500 000	1 009 225	357 116 000

Tableau 3 : Consommation parisienne en fruits et légumes.

Technique	Rendement (kg/m ² /an)	Référence
Jardins particuliers	3	(Pourias <i>et al.</i> , 2015)
Pleine terre biologique	6,7	(Guégan et Leger 2015)
Hors-sol bio-intensif	11,5	(Grard <i>et al.</i> , 2020)
Hors-sol intensif	20	(Bay Localize, 2007), (Orsini <i>et al.</i> , 2014), (Sanyé <i>et al.</i> , 2015), (Touliatos <i>et al.</i> , 2016)

Tableau 4 : Rendements.

Surfaces

Le Tableau 5 page 30 détaille les surfaces qui présentent un potentiel d'exploitation agricole en y précisant le type d'exploitation associé. Nous avons réalisé cette étude selon deux scénarios :

- Un scénario réaliste : en nous basant sur nos discussions avec la mairie de Paris et les rapports précédents (Vauléon, 2017), nous calculons un ordre de grandeur de l'autonomie qui pourrait être obtenue (à un horizon de temps non étudié) par une municipalité aux fortes ambitions en matière d'agriculture urbaine, comme c'est le cas à Paris aujourd'hui.
- Un scénario idéal : ce scénario a pour objectif d'estimer le potentiel de Paris dans un monde où l'ensemble des acteurs (citoyens, domaine public et privé) s'accorde pour permettre l'installation d'agriculture sur tous les espaces disponibles.

Nous détaillons dans la suite de cette partie les choix qui nous ont permis de définir les surfaces agricoles et les techniques utilisées pour chaque entrée du Tableau 5.

Espaces publics

L'utilisation des espaces publics est soumise à l'utilisation qui en est faite par les citoyens, et donc au contexte politique de la ville.

Souterrains : On compte plus de 770 hectares de carrières souterraines de calcaire désaffectées à Paris (Vauléon, 2017). D'autres types de souterrains seraient disponibles – parkings, anciennes stations de métro, tunnels – selon l'Apur, mais nous ne les avons pas inclus dans notre modèle par manque de données. Dans les années 1800, certaines carrières étaient utilisées comme champignonnières et offrent aujourd'hui un immense potentiel pour l'agriculture urbaine. Deux types d'agriculture peuvent être envisagés : la culture de champignons et de plantes ne nécessitant pas de lumière pour pousser, ou la culture sous lumière artificielle – LED généralement. Le premier est déjà pratiqué dans des parkings désaffectés de la capitale (Site de la Caverne) – culture de champignons, endives et micro-pousses –, mais n'est pas suffisamment documenté pour en calculer les rendements. Le second est notamment utilisé à Paris par la *start-up* Agricool, qui cultive des fraises sous lumière artificielle dans un conteneur installé dans un parc parisien. Nous allouons 10 % de la surface des carrières dans notre modèle réaliste et 50 % dans le modèle idéal à de l'hydroponie sous lumière artificielle – culture hors sol intensive.

Parcs et jardins : La surface horticole des parcs et jardins parisiens est de 286 hectares (Open Data Paris). Il semble difficile de consacrer une trop grande part de cette surface à l'agriculture. Ces espaces ont en effet de nombreuses fonctions et usages, et il nous semblait difficile, dans un scénario réaliste, de convertir toutes les pelouses en potagers. Nous avons donc choisi de consacrer 10 % de la surface horticole à de l'agriculture de type jardins partagés, en convertissant, par exemple, les massifs aujourd'hui non comestibles en fruits et légumes, sans toucher aux pelouses. Selon les chiffres de l'Apur, les jardins partagés représentent aujourd'hui une surface de 5,5 hectares environ (Vauléon, 2017).

Ils sont, pour la plupart, implantés dans des parcs, mais on en trouve également certains sur les toits. Allouer 10 % des parcs à de l'agriculture reviendrait à tripler la surface actuelle de jardins partagés. Dans un scénario idéal, nous allouons 50 % de la surface horticole des parcs à la culture de comestibles, au risque de sacrifier certaines pelouses. Les surfaces dégagées dans le modèle idéal nous permettent d'envisager l'installation d'agriculture professionnelle de pleine terre bio-intensive. Indépendamment de la mise en place de jardins partagés, il nous semble que la mairie pourrait envisager une politique de plantation d'arbres comestibles en remplacement d'arbres morts ou lors de la plantation de nouveaux arbres dans les parcs – cet aspect n'a pas été pris en compte dans notre modèle.

Bois de Boulogne et Vincennes : Ces deux bois, d'une superficie de 845 hectares et 995 hectares respectivement, sont de véritables poumons verts aux portes de Paris. Le parc de Vincennes abrite déjà une ferme à vocation pédagogique de 5 hectares. Malgré le fort potentiel qu'ils représentent, plus de 80 % de ces espaces forestiers sont des espaces boisés classés. Nous avons donc décidé de considérer dans notre étude les terrains restants non protégés de la même manière que les parcs et jardins : nous consacrons ainsi 10 % des espaces non classés à de l'agriculture de type jardins partagés dans un scénario réaliste. Dans un scénario idéal, nous consacrons 50 % de la surface à une agriculture productive (la grande surface non classée de ces bois permet, de même que dans les parcs, d'envisager l'installation d'exploitations bio-intensives de pleine terre).

Installations sur voies : L'étude de l'Apur (Vauléon et Coppolino, 2020) détaille le nombre de kilomètres de voies parisiennes et leur taux de végétalisation (89 % des voies de plus de 19 mètres sont plantées). La volonté marquée de la ville de Paris de diminuer le trafic de véhicules dans ses rues – fin des véhicules à essence et Paris 100 % cyclable en 2030 (Mairie de Paris, 2018) – libère de nouveaux espaces.

Dans le modèle réaliste, une voie pour voiture (soit une bande de 1 mètre de large réellement productive) serait consacrée à l'agriculture sur l'ensemble des voies non végétalisées de plus de 11 mètres, tandis que les voies déjà végétalisées pourraient voir une mise en culture des pieds des 105 000 arbres d'alignement que compte Paris (Open Data Paris). La mairie encourage déjà ce type de pratiques en octroyant des « permis de végétaliser » aux citoyens désireux de fleurir les pieds d'arbres. Nous comptons 1,5 m² disponible pour la culture au pied des arbres. Les rendements de ce type de cultures seraient évidemment moindres – fourchette basse de Pourias *et al.*, (2015) –, tandis que les nouvelles cultures sur les voies seraient en bacs bio-intensifs. Nous avons aussi proposé d'occuper à l'aide de bacs une part faible des îlots de voiries de plus de 50 m² (Vauléon, 2017). Ces espaces semblent complexes à exploiter pour la mairie de Paris.

Dans un Paris sans voitures, les places de stationnement seraient remplacées par une agriculture en bacs bio-intensifs (Vauléon, 2017), ce qui reviendrait à occuper un grand nombre de rues. Nous proposons

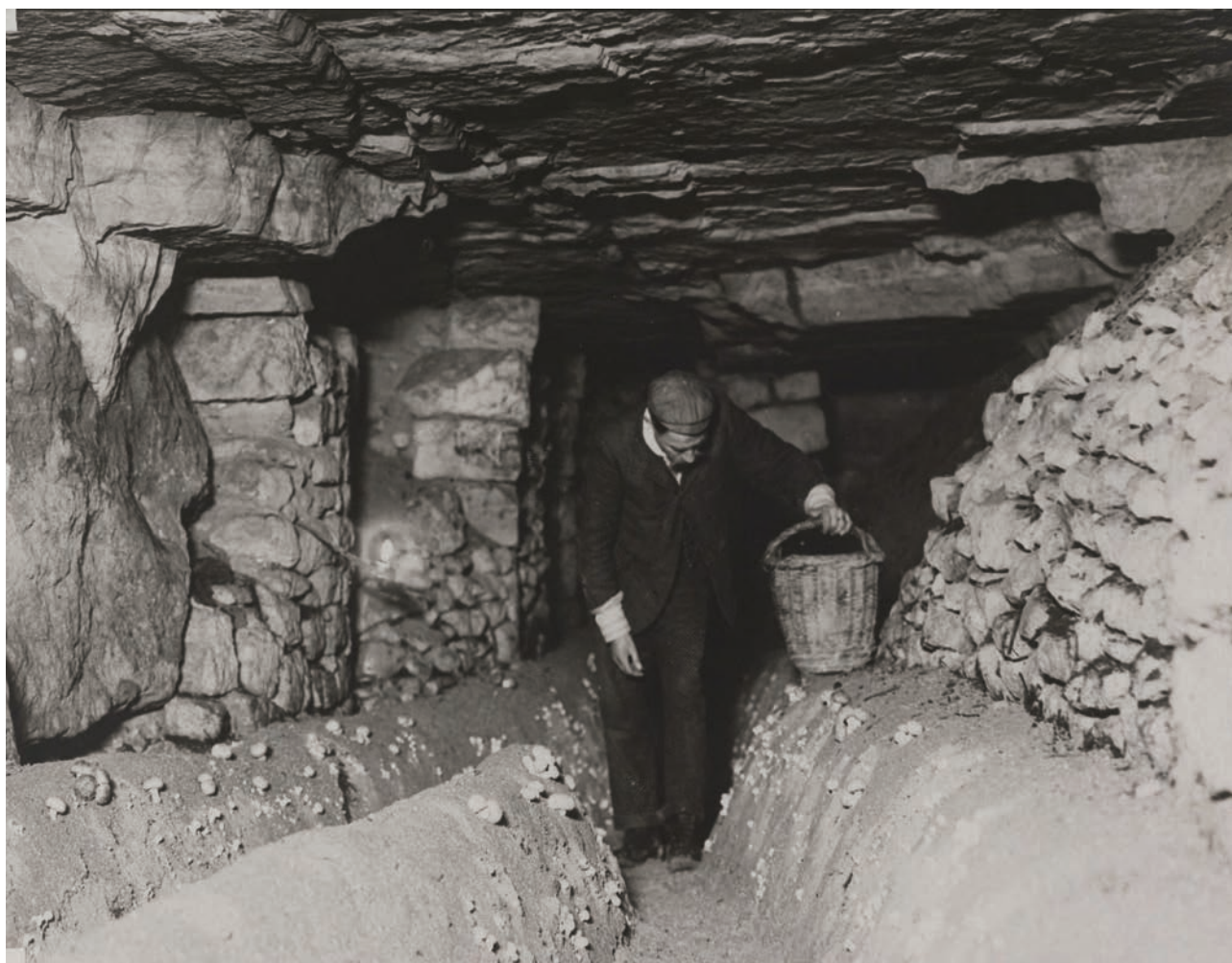


Photo © Paris Musées / Musée Carnavalet

Charles Joseph Antoine Lansiaux, *Champignonnière, ancienne carrière de calcaire grossier, 14ème arrondissement, Paris*, photographie, entre 1916 et 1922. Paris, Musée Carnavalet, Histoire de Paris.

« Dans les années 1800, certaines carrières étaient utilisées comme champignonnières et offrent aujourd'hui un immense potentiel pour l'agriculture urbaine. »

une occupation plus grande des îlots de voirie de plus de 50 m², plus accessibles au centre d'espaces piétons ou cyclables que lorsqu'ils étaient au centre des voies de circulation des voitures.

Cours d'école : Dans le cadre de la lutte contre les îlots de chaleur, la mairie a lancé le « projet Oasis » (Site de la mairie de Paris) visant, d'ici 2020, à rénover 10 cours d'école afin de transformer ces cours, aujourd'hui très peu végétalisés, en espaces rafraîchissants. L'implantation de jardins pédagogiques est prévue dans le cadre de ce projet. Nous avons choisi d'allouer 5 % de la surface des cours d'école à des plantations (10 % dans le scénario idéal) ; nous imaginons le développement d'agriculture dans des bacs, comme cela a déjà été mis en place dans certains établissements scolaires. Ce pourcentage mériterait d'être affiné suivant les établissements scolaires, mais il semble cependant difficile d'allouer à ces cultures une place plus importante, attendu que la cour doit garantir aux enfants une aire de jeux suffisante.

Espaces mixtes

Toitures : C'est sur ces espaces que se sont majoritairement installés les projets des Parisculteurs (voir Tableau 1 page 24). L'agriculture qui y prévaut est

celle en bacs bio-intensifs, aujourd'hui bien documentée par le projet T4P (Grard *et al.*, 2020). Dans un modèle réaliste, l'Apur a identifié 80 hectares de toits rapidement utilisables pour l'agriculture (Meziani et Vauléon, 2013). Dans un modèle idéal, cette même étude a dénombré 460 hectares de toits plats potentiels. Ces surfaces pourraient aussi être augmentées grâce à des projets de rénovation des bâtiments, tels que Eco-rénovons Paris, qui intègrent aussi des projets de végétalisation dont nous ne connaissons pas les effets (Mairie de Paris, 12/05/15). Le taux d'utilisation de ces surfaces pour les cultures a été calculé en analysant le taux d'occupation par les cultures du toit expérimental du projet T4P sur le bâtiment d'AgroParisTech (Grard *et al.*, 2017).

Espaces fluviaux : La Seine et les canaux parisiens présentent un potentiel d'exploitation par l'utilisation de barges supportant des bacs bio-intensifs. Les barges maraîchères constituent une technique étudiée à Paris au travers du projet « Les barges de permaculture » réalisé dans le cadre d'un programme de l'organisation C40 Cities Climate Leadership Group (Site de W4C). Un problème associé à cette idée est la compétition pour l'usage du fleuve. En effet, parmi les possibilités

envisagées pour baisser son bilan carbone, la mairie de Paris souhaite tripler le fret fluvial (Mairie de Paris, 2018), rendant les quais parisiens plus convoités. Cependant, le projet « Les barges de la permaculture » a demandé au port de Paris d'installer une ferme de 2 640 m². Nous proposons, dans un modèle réaliste, l'installation de quatre de ces fermes sur 1 hectare. Dans un modèle idéal, la Seine ayant un parcours de 13 kilomètres au sein de la ville, en imaginant occuper l'ensemble des berges de part et d'autre du fleuve avec des péniches de 5 mètres de large, nous pouvons atteindre 13 hectares de culture.

Espaces privés

À l'inverse de nombreuses études, notre modèle ne prend pas en compte les espaces vacants (typiquement les friches industrielles), dont le nombre est très faible dans Paris du fait d'une forte pression immobilière.

Les espaces privés non bâtis (majoritairement sols, allées privées et cours) représentent la plus grande surface de sols disponibles dans l'espace parisien – 3 300 hectares (Vauléon, 2017). Cependant, les données sur ces espaces sont incomplètes (Open Data Paris). Une analyse des images satellites montre que 600 hectares sont déjà végétalisés (Vauléon et Coppolino, 2020). Une démarche non employée dans cet article aurait été d'utiliser cette méthode (grâce à Google Maps par exemple) pour obtenir des données plus précises sur ces terrains. Les informations sur leur surface et nature permettraient de sélectionner les terrains de plusieurs centaines de m² où placer des fermes urbaines bio-intensives – modèle de la

ferme (Dervaes, 2020) –, et de modéliser une culture en bacs dans les espaces de cours et d'allées non bâties. Cependant, faute de données et en raison de la difficulté de recourir aux espaces privés (voir la sous-partie « Le cas de Paris »), nous nous sommes cantonnés à proposer l'usage en jardinage de la moitié des 600 hectares déjà végétalisés dans un cas réaliste et de l'ensemble dans un cas idéal.

Résultats

Les sections précédentes nous permettent de calculer pour nos deux scénarios une production agricole en fruits et en légumes pour Paris. Le score d'autonomie de notre modèle est obtenu en réduisant cette production des pertes alimentaires moyennes de fruits et légumes en France – 12 % (Jeannequin *et al.*, 2015) – et en la confrontant à la consommation de la population parisienne.

L'autonomie potentielle en fruits et légumes permise par chaque type de surface est donnée dans le Tableau 5 ci-après. Nous obtenons une autonomie de 10 % dans un modèle réaliste et de 44 % dans un modèle idéal.

Retour sur la littérature

Notre modèle projette à Paris une autonomie en fruits et légumes plus faible que la moyenne des modèles existants (Gardiner, 2020) qui prennent en compte l'agriculture hors sol et atteignent largement 50 % d'autonomie – 48 % au minimum à Cleveland

Espace	Espace disponible (ha)	Modèle réaliste			Modèle idéal		
		Surface utile (ha)	Type de production	Autonomie	Surface utile (ha)	Type de production	Autonomie
Espace public							
Souterrains	720	77	Hors-sol intensif	3,8 %	360	Hors-sol intensif	17,7 %
Bois	334	33	Jardinage	0,2 %	167	Pleine terre bio-intensif	2,8 %
Parcs et jardins	286	29	Jardinage	0,2 %	143	Pleine terre bio-intensif	2,4 %
Installations sur voies	200	67	Hors-sol bio-intensif	1,9 %	200	Hors-sol bio-intensif	5,7 %
Îlots de voirie	190	9	Hors-sol bio-intensif	0,3 %	57	Hors-sol bio-intensif	1,6 %
Cours d'école	55	3	Jardinage	0,03 %	5	Jardinage	0,04 %
Arbres d'alignement	16	16	Jardinage	0,06 %	16	Jardinage	0,06 %
Espace mixte							
Toiture	460	51	Hors-sol bio-intensif	1,5 %	297	Hors-sol bio-intensif	8,3 %
Espaces fluviaux	13	1	Hors-sol bio-intensif	0,03 %	13	Hors-sol bio-intensif	0,4 %
Espace privé							
Privé non bâti	3300	330	Jardinage	2,4 %	660	Jardinage	4,9 %
TOTAL				10,4 %			43,9 %

Tableau 5 : Espaces disponibles et types de production.

(Grewal et Grewal, 2012), 77 % à Bologne (Orsini *et al.*, 2014), 200 % à Boston (Saha et Eckelman, 2017). Cette différence est d'autant plus marquante que nous avons effectué une recherche plus poussée en terrains vacants. L'hypothèse de la réduction du trafic automobile pour installer une culture en bacs sur la voie publique, l'utilisation des espaces souterrains et des espaces fluviaux sont ainsi des propositions nouvelles relativement à ces modèles.

Deux raisons expliquent cette différence de potentiel d'autonomie. Nous avons choisi d'occuper les espaces minéraux par une agriculture hors sol bio-intensive, qui présente des rendements plus faibles que l'agriculture hors sol intensive. Paris, avec 20 755 habitants par km², est plus de deux fois plus dense que chacune des villes étudiées dans la littérature. Cette densité implique un besoin de production au m² plus élevé pour obtenir l'autonomie, mais aussi une très forte tension sur les espaces à disposition. Avec un étalement urbain beaucoup plus restreint, Paris a une morphologie très différente des villes nord-américaines sur lesquelles sont réalisés la plupart des modèles. Ce résultat est enfin obtenu en se limitant à Paris *intra-muros* : nous avons choisi cette limite géographique devant le nombre restreint de données disponibles sur la petite couronne. Comme la mairie encourage aussi les approvisionnements en provenance de la production francilienne (Mairie de Paris, 2021), cette étude pourrait être un bon modèle pour d'autres études sur une aire urbaine plus étendue.

Limites du modèle

Les premières limites sont dues à des manques de données.

D'autres types de culture auraient pu être envisagés comme la culture le long et sur les murs. Cette pratique, à l'agenda du projet Parisculteurs (voir Tableau 1), n'est pas suffisamment documentée scientifiquement pour être proposée dans ce modèle. De même, l'absence de données sur les rendements obtenus par les acteurs parisiens pratiquant la culture souterraine (Site de la Caverne) nous a empêchés d'isoler les cultures ne nécessitant pas de lumière (champignons, endives). Nous avons ainsi utilisé pour les espaces souterrains une culture en hors sol intensif. Le rendement choisi est très élevé, basé sur des comparaisons avec la littérature en lumière naturelle, et non documenté pour les cultures en lumière artificielle.

Dans les souterrains, nous n'avons pas exploré l'utilisation de l'aquaponie par manque de connaissance sur les rendements. Une dernière limite concerne les terrains considérés : nous nous sommes contraints à l'espace des cavernes parisiennes alors qu'il existe d'autres espaces souterrains que nous n'avons pas recensés (catacombes, tunnels désaffectés, parkings) par manque de données.

Enfin, limite déjà discutée : le manque de connaissances sur la nature des espaces privés non bâtis. Nous pourrions avoir sous-estimé la quantité de nourriture produite s'il existe dans ces espaces des terrains de pleine terre suffisamment grands pour y installer des

fermes urbaines bio-intensives selon le modèle de la ferme Dervaes en Californie par exemple (Dervaes, 2020).

D'autres limites portent sur la construction du modèle lui-même. Nous avons ainsi étudié la culture conjointe des fruits et des légumes. En réalité, la culture de fruits représente un défi dans son installation dans les villes, car les fruits tombés au sol peuvent entraîner des dangers dans les parcs ou sur la voie publique. Considérer ces deux cultures séparément pourrait mener à des résultats d'autonomie supérieurs à ceux obtenus pour les légumes et inférieurs pour les fruits.

Il faut aussi souligner la place importante dans ce modèle de l'agriculture hors sol sous lumière artificielle. Cette agriculture est très productive et est dans notre modèle d'autonomie le poste le plus important : en utilisant uniquement les espaces de carrières parisiennes, la culture hors sol permettrait à elle seule d'atteindre 3,8 % d'autonomie dans un modèle réaliste et 17,7 % dans un modèle idéal. Notre modèle est donc très sensible à ces espaces : trouver de nouveaux espaces souterrains peut fortement changer le score d'autonomie.

Par ailleurs, nous n'avons pas étudié l'impact de la pollution. La pollution des sols est à négliger ici, car nos modèles se concentrent majoritairement sur une agriculture hors sol. La pollution atmosphérique a été étudiée par le projet T4P d'AgroParisTech, (Rahmanian *et al.*, 2016) : il existe des traces de métaux dans les aliments cultivés en ville, mais cela dépend des végétaux cultivés, et de bonnes pratiques permettent de les limiter.

Enfin, ce modèle présente les fragilités communes à la plupart des modèles d'autonomie. Il est basé sur des types d'agricultures (hors sol bio-intensive et intensive) dont la rentabilité économique n'est pas avérée et dont le coût environnemental est parfois contestable. Il est de plus émaillé de nombreuses hypothèses critiquables quant à l'utilisation des sols parisiens. La culture en bacs bio-intensifs sur la voie publique semble ainsi très complexe à mettre en œuvre. Notre objectif avec cette étude, loin de toute recherche d'exactitude, était d'offrir matière à réflexion sur le potentiel d'autonomie alimentaire de Paris en essayant d'être inventifs sur les espaces pouvant être dédiés à l'agriculture.

Discussion : au-delà des pourcentages obtenus, quelles perspectives ?

Notre objectif premier dans cet article était une réflexion autour du terme d'autonomie alimentaire, que nous avons réduit à une autonomie sectorielle en fruits et légumes. Loin de l'objectif initial d'autonomie alimentaire, les pourcentages obtenus apparaissent assez dérisoires. Néanmoins, n'ouvrent-ils pas de nouvelles perspectives en matière de gestion des espaces urbains ? Nous nous proposons ici de dégager les principaux coûts et bénéfices de chacun des deux

scénarios, afin d'esquisser, au-delà des chiffres obtenus et des rêves d'autonomie alimentaire, quelques perspectives quant à l'avenir de l'agriculture urbaine à Paris.

Analyse coûts-bénéfices

En écho à la première partie de cet article, il apparaît que, même sans atteindre l'autonomie alimentaire, le développement de l'agriculture urbaine est source de nombreuses externalités positives. Les résultats de nos deux modèles permettraient aux projets déjà existants de prendre de l'ampleur, mais également de mettre en place de nouvelles installations. Nous énonçons ici quelques-uns des bénéfices qu'apporterait chacun des deux scénarios considérés, puis envisageons les coûts associés.

De nombreux bénéfices

Approvisionnement : Point de départ de notre étude, la production de fruits et légumes sur le territoire parisien permettrait bien de réduire les flux de transports liés à l'approvisionnement de la ville et d'augmenter ainsi son indépendance d'approvisionnement. Cette dernière est cependant partielle, puisque la consommation en fruits et légumes représente une part restreinte de notre alimentation (Vidal, 2011).

Environnement : Les bénéfices les plus visibles seront sans doute environnementaux, parmi lesquels :

- Augmentation des espaces de biodiversité dans la ville : le développement de l'agriculture urbaine est une action du Plan Biodiversité de Paris pour la période 2018-2024. La végétalisation des îlots de voiries et des arbres d'alignement favoriserait la mise en place de corridors écologiques, outils de renforcement de la biodiversité en ville (Vauléon et Coppolino, 2020).
- Réduction des approvisionnements et donc des émissions de CO₂ associées. Un calcul d'ordre de grandeur connaissant la population parisienne (Tableau 3) et l'empreinte carbone moyenne du transport de l'alimentation française (Barbier *et al.*, 2018) comparée à celle de Paris (Mairie de Paris, 2020) montre que l'approvisionnement en fruits et légumes représente environ 1 % du bilan carbone de la ville.
- Offre aux Parisiens d'une nourriture à haute valeur environnementale.
- Transformation des modes de vie des citoyens vers des modes de vie plus durables grâce à l'expérience des jardins partagés si ceux-ci sont gérés d'une façon inclusive (Tharrey et Darmon, 2021).

Justice sociale : La qualité des produits cultivés en culture biologique présente un coût financier que de nombreux ménages ne peuvent se permettre. La mise en place de notre scénario dans la capitale se voit ainsi doublée d'un aspect de justice sociale en proposant aux Parisiens de cultiver leur propre nourriture grâce à un accès important à des jardins partagés. Une partie des fruits et légumes produits de façon professionnelle pourrait être distribuée sous forme de paniers solidaires comme cela est déjà le cas dans certaines villes telles que Rennes (ferme du Blossnes). Dans le scénario idéal, les surfaces dégagées pour de l'agriculture

orientée vers la production permettraient d'alimenter les cantines scolaires, offrant ainsi aux écoliers des fruits et légumes locaux de qualité.

Santé publique : Le déploiement de ces scénarios serait un instrument pour la réduction des îlots de chaleur (Eigenbrod *et al.*, 2015) – projet des cours Oasis dans les écoles (Site de la Mairie de Paris). De plus, nos scénarios permettent de fournir une alimentation de meilleure qualité aux populations, et la pratique du jardinage à travers les jardins partagés a des effets positifs sur la santé (Gamet-Payrastré, 2020 ; Alaimo *et al.*, 2016).

Bien-être social : Du point de vue des habitants, le développement de jardins partagés pourrait créer de nouveaux liens de solidarité au sein des quartiers de la capitale, tout en offrant aux habitants de renouer avec la nature (Alaimo *et al.*, 2016). Dans le scénario réaliste, nous triplons la surface des jardins partagés, ce qui permettrait à davantage de Parisiens d'avoir accès à de telles structures. Les plus grandes surfaces dégagées dans le scénario idéal donneraient lieu de mettre en place des jardins familiaux, dans lesquels une famille se voit attribuer une parcelle de terre. Ce type de jardins existe déjà en Île-de-France ; l'implanter dans la capitale permettrait à des Parisiens de posséder leur propre potager. Ces jardins, hier connus sous le nom de jardins ouvriers, sont l'objet aujourd'hui d'une très forte demande dans les villes où ils existent.

Formation : L'agriculture urbaine souffre actuellement d'un déficit en matière de formation, ainsi que le relève l'AFAUP (Association française d'agriculture urbaine professionnelle). Les agriculteurs se lançant dans l'agriculture urbaine sont pour beaucoup des urbains en reconversion qui n'ont pas toujours eu l'expérience de la terre. L'agriculture urbaine apparaît souvent comme une étape de transition avant de se lancer en milieu rural. En Espagne, à Madrid notamment, se montent des fermes expérimentales en périphérie des villes, qui proposent à des exploitants de tester leur projet avant de se lancer. Les surfaces dégagées par nos deux modèles permettraient sans doute de mettre en place des projets de ce type et d'amplifier les formations en agriculture urbaine que propose l'École du Breuil à Paris. Les projets lancés pourraient être également couplés à des objectifs de réinsertion sociale, comme cela existe dans d'autres villes telle Albi, offrant ainsi aux personnes employées de renouer avec le monde professionnel.

Éducation : À l'heure de la grande distribution et de la déconnexion toujours plus grande entre producteurs et consommateurs, la mise en œuvre de l'agriculture urbaine ferait redécouvrir aux jeunes générations la provenance de ce qu'elles consomment. À Paris, la ferme pédagogique de Vincennes est déjà une référence pour les écoles parisiennes ; de nombreuses autres pourraient être créées. Dans un modèle réaliste, les projets implantés dans les cours d'écoles ou les jardins permettraient aux enfants, même avec de petites surfaces, de renouer avec la nature et de prendre conscience du travail nécessaire à la production de fruits et légumes.

Quels coûts ?

Installation : Le déploiement de projets agricoles dans la ville suppose des coûts d'installation importants en matière d'infrastructures (connexion au réseau d'eau, outils, clôtures, etc). Ces coûts sont d'autant plus importants dans des espaces contraints comme les toits ou les espaces souterrains, qui nécessitent souvent des réhabilitations. En pleine terre, des coûts de dépollution des sols sont probables. En agriculture hors sol, un investissement infrastructurel important est nécessaire lors de la création des nouveaux sols, de même que l'installation des bacs pour les accueillir et la mise en place d'irrigations spécifiques. L'agriculture hors sol intensive suppose également un investissement énergétique important. Le choix dans cet article d'utiliser l'agriculture hors sol bio-intensive présente l'intérêt de consommer peu d'énergie et de construire son substrat à partir de compost urbain (Grard *et al.*, 2020). Cette agriculture ne nécessite pas d'intrants de l'extérieur de la ville. Cependant, l'installation à grande échelle de ce modèle nécessite une production massive de compost urbain – comme à San Francisco (Mugica *et al.*, 2017). Par ailleurs, la sélection des projets, l'hébergement, l'accueil et la formation des nouveaux agriculteurs urbains, et l'installation de nouveaux circuits de distribution supposent un investissement fort de la ville. Cependant, les coûts matériels de ces installations ne semblent pas être une limite pour une mairie telle que Paris, comme le montre l'installation déjà réussie de plusieurs hectares d'agriculture sur des espaces complexes à aménager (voir Tableau 1).

Exploitation : L'installation de fermes urbaines présente des coûts d'exploitation importants dont nous présentons ici un bref aperçu. Leur localisation, au cœur de Paris, risque d'entraîner un coût de la main-d'œuvre élevé. De plus, l'installation interstitielle des fermes urbaines (grand nombre de fermes sur de petits espaces, notamment les toits) compromet la mise en place d'économies d'échelle et d'infrastructures communes, entraînant ainsi des coûts de gestion incompressibles (matériel répliqué dans chaque ferme, transport des employés...). Les différents intrants nécessaires à la culture (fertilisants, plants) devront être acheminés au cœur de la ville, dans des fermes souvent peu accessibles et avec des restrictions de circulation importantes dans notre scénario idéal. Enfin, le contexte urbain augmente le risque de vols et d'incivilités sur les lieux de culture, impliquant des coûts supplémentaires en réparations, assurances et protections.

Acceptation sociale : Au-delà de problématiques matérielles, l'installation de nos modèles, et surtout le modèle idéal, implique un sacrifice d'espaces disponibles pour d'autres usages comme le loisir pour les parcs ou la mobilité pour les voies publiques. Ces installations nécessiteront un arbitrage entre l'agriculture urbaine et les autres enjeux de la ville. Il arrive que riverains et municipalité se livrent à des batailles juridiques au sujet d'installations agricoles que les habitants refusent (*Le Parisien*, 05/02/21). D'autres villes, à l'image de Rennes, font face à des problèmes similaires, ce qui montre l'importance d'associer les habitants aux projets d'agriculture. Se pose

également le problème de la gouvernance de tels projets qui invitent à repenser la gestion des communs (tels les jardins partagés).

Le cas du hors-sol intensif. Une grande partie des pourcentages obtenus s'appuie sur l'agriculture hors sol. La mise en place d'une telle agriculture entre en conflit avec les objectifs de pédagogie dégagés dans la partie précédente : une agriculture hors sol sous lumière artificielle peut donner lieu à un imaginaire faussé de la production maraîchère et du fonctionnement de la nature, tout en remettant en cause l'idée de protéger les terres agricoles si une agriculture hors sol permet de s'affranchir de la pleine terre. Ce point est cependant à nuancer, puisque nous privilégions une agriculture hors sol bio-intensive respectant les saisonnalités, basée sur des procédés naturels (compostage) et n'utilisant pas d'intrants chimiques. L'utilisation de l'agriculture hors sol intensive limitée aux souterrains dans notre modèle devrait, selon nous, être restreinte aux seules denrées pouvant être cultivées sans lumière, ce qui circonscrirait les pourcentages obtenus. Nous n'avons pu traiter cette question sous cet angle par manque de données. Le résultat d'autonomie obtenu reste cependant non négligeable si l'on s'affranchit de la pratique hors sol intensive : en se limitant aux pratiques environnementalement vertueuses, nous conservons une autonomie de 7 % (26 % dans le scénario idéal).

Privilégier le scénario réaliste ?

Plus facilement réalisable à court terme, le scénario réaliste nous semblerait pertinent à mettre en place dans l'immédiat. Ce modèle prévoit notamment de développer la culture sur toits qui présente un potentiel d'autonomie important (1,5 % d'autonomie) et existe déjà aujourd'hui dans Paris (voir Tableau 1). Cette culture semble ainsi la plus facile à généraliser dans un futur proche grâce à des projets de rénovation et aux nouvelles constructions : dans le Plan Local d'Urbanisme de Paris, il est exigé que les nouveaux bâtiments prévoient des espaces d'agriculture sur leurs toits (Mairie de Paris, 2016). Ces enjeux sont pris en compte par le secteur du bâtiment qui multiplie les initiatives en ce sens.

Par ailleurs, la mise en place du scénario réaliste pourrait être une vitrine pour la mairie de Paris et un tremplin pour relocaliser de façon plus générale la consommation parisienne. En effet, il ressort de ces deux scénarios que l'autonomie alimentaire de Paris relève de l'utopie, aussi volontaristes que soient les politiques instaurées. Comme étudié par Thome (2019), l'autonomie parisienne est sans doute pertinente à une échelle plus large, à l'échelle de l'Île-de-France pour les seuls fruits et légumes, et à l'échelle du bassin de la Normandie pour l'ensemble des besoins alimentaires. Cela irait dans le sens de travaux de nombreux chercheurs, comme Roland Vidal (2011), qui préfèrent éviter le terme d'autonomie alimentaire en considérant que nos modes de consommation actuels sont basés en grande majorité sur la production, inenvisageable en ville, de céréales (fournissant les populations et l'élevage).

Les projets aujourd'hui mis en place dans Paris *intra-muros* sont à considérer comme le premier maillon d'une politique volontariste en matière d'agriculture au-delà des frontières de la ville, en concertation avec les acteurs pertinents à cette nouvelle échelle. Cela semble déjà pris en compte par la mairie qui, dans le nouvel appel à projet des Parisculteurs, propose des terrains en Île-de-France pour mettre en place un maraîchage productif dirigé vers la consommation parisienne (Mairie de Paris, 2021).

Au-delà de l'autonomie alimentaire

Nous avons étudié l'autonomie alimentaire de Paris pour la portée symbolique de ce concept et son caractère normatif (Fixari, 1977). Le Paris autonome de 1850 est aujourd'hui source d'inspiration et peut former un idéal régulateur pour la population parisienne et ses dirigeants. Si Paris parvient demain à produire une part substantielle de sa consommation en fruits et légumes, ce sera avant tout grâce à l'investissement de ses citoyens : des espaces publics devront être transformés, et de grandes quantités de compost urbain devront être produites pour alimenter les nombreux technosols nécessaires à la culture bio-intensive hors sol (Grard *et al.*, 2020). La prise de conscience par les citoyens de l'impact écologique de leur consommation est au cœur de la transformation de Paris en ville durable.

Les bénéfices de ces investissements sont nombreux : prise de conscience des problématiques d'occupation des terres, de la difficile réhabilitation des sols urbanisés ou encore de l'emprise des surfaces requises pour alimenter la capitale, aujourd'hui dispersées aux quatre coins du globe. Couplée à des plans de relocalisation en Île-de-France des denrées consommées par les Parisiens, cette politique de production agricole est un outil de taille pour transformer Paris, de la vitrine consumériste actuelle où l'on oublie l'impact de ce que l'on consomme à une consommation en conscience grâce à une agriculture plus visible dans la ville.

Conclusion

L'augmentation de l'autonomie alimentaire est un enjeu majeur dans l'établissement de villes durables. Dans cet article, nous avons souligné l'essor de l'agriculture urbaine, notamment en France. Celui-ci se traduit par de nombreux modèles d'autonomie appliqués à des villes d'Europe et d'Amérique du Nord. En nous inspirant de la méthodologie de ces études, nous avons construit un modèle d'autonomie sectorielle en fruits et légumes à Paris. Ce modèle est proposé dans l'esprit de la construction d'une ville durable en utilisant des pratiques écologiquement vertueuses. Il prédit une autonomie de 10 % dans un scénario réaliste et de 44 % dans un scénario idéal. Une analyse de ce modèle souligne les difficultés de mise en place de ces scénarios et les coûts engendrés, mais aussi les nombreux bénéfices d'une telle politique pour la ville. Il nous semble que le terme d'autonomie n'est pas adapté pour refléter la réalité du terrain. Il est cependant porteur d'une nouvelle vision de la ville,

plus durable, remodelée par une production agricole traduisant l'investissement de chacun dans un monde plus responsable et conscient des impacts de l'homme sur son environnement.

Références

- ALAIMO K., BEAVERS A. W., CRAWFORD C., SNYDER E. H. & LITT J. S. (2016), "Amplifying health through community gardens: A framework for advancing multicomponent, behaviorally based neighborhood interventions", *Current environmental health reports*, 3(3), pp. 302-312.
- BECK D. & PURCELL R. (2020), *Community Development for Social Change*, Routledge.
- BENIS K. & FERRÃO P. (2017), "Potential mitigation of the environmental impacts of food systems through urban and peri-urban agriculture (UPA) – a life cycle assessment approach", *Journal of Cleaner Production*, 140, pp.784-795.
- CODYRE M., FRASER E. D. G. & LANDMAN K. (2015), "How does your garden grow? An empirical evaluation of the costs and potential of urban gardening", *Urban Forestry Urban Greening*, 14(1), pp.72-79.
- COLASANTI K. J. & HAMM M. W. (2010), "Assessing the local food supply capacity of Detroit, Michigan", *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 1(2), pp.41-58.
- DEVERRE C. & TRAVERSAC J. B. (2011), "Manger local, une utopie concrète", *Métropolitiques*, 26 octobre.
- EDMONDSON J. L., CHILDS D. Z., DOBSON M. C., GASTON K. J., WARREN P. H. & LEAKE J. R. (2020), "Feeding a city – Leicester as a case study of the importance of allotments for horticultural production in the UK", *Science of The Total Environment*, 705, 135930.
- EIGENBROD C. & GRUDA N. (2015), "Urban vegetable for food security in cities. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), pp.483-498.
- FIXARI D. (1977), "Le calcul économique, ou de l'utilisation des modèles irréalistes", *Annales des Mines*, 183(4), pp. 21-36.
- GAMET-PAYRASTRE L. (2020), « Exposition aux "cocktails" de pesticides : quels impacts sur la santé ? », *Environnement, Risques & Santé*, 19(2), pp. 93-100.
- GRARD B., 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), p. 2.
- GRARD B., MANOUCHEHRI N., AUBRY C., FRASCARIA-LACOSTE N. & CHENU C. (2020), "Potential of technosols created with urban by-products for rooftop edible production", *Int J Environ Res Public Health*, 17(9).
- GREWAL S. S. & GREWAL P. S. (2012), "Can cities become self-reliant in food?", *Cities*, 29(1), pp. 1-11.
- HABERMAN D., GILLIES L., CANTER A., RINNER V., PANCAZZI L. & MARTELLOZZO F. (2014), "The potential of urban agriculture in Montreal: A quantitative assessment", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(3), pp. 1101-1117.
- HERVÉ-GRUYER C. (2019), "Permaculture and bio-intensive micro-agriculture: The Bec Hellouin farm model", *Field Actions Science Reports*, Special Issue 20, pp. 74-77.
- JEANNEQUIN B., PLÉNÉ D., CARLIN F., CHAUVIN J.-E. & DOSBA F. (2015), « Pertes alimentaires dans les filières fruits, légumes et pomme de terre », *Innovations Agronomiques*, 48, pp. 59-77.
- JUMEL H. & MOREL K. (2020), *Impact de la Covid-19 sur les exploitations de production de légumes. Synthèse d'un travail exploratoire*, thèse de doctorat, INRAE.
- MARIE M., (2019), « Estimation de la contribution de la production potagère domestique au système alimentaire local », *VertigO*, 19(2).

McCLINTOCK N., COOPER J. & KHANDESHI S. (2013), "Assessing the potential contribution of vacant land to urban vegetable production and consumption in Oakland, California", *Landscape and Urban Planning*, 11(1), pp. 46-58.

MACRAE R., GALLANT E., PATEL S., MICHALAK M., BUNCH M. & SCHAFFNER S. (2010), "Could Toronto provide 10% of its fresh vegetable requirements from within its own boundaries? Matching consumption requirements with growing spaces", *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 1(2), pp. 105-127.

MASCHIO B. M. (2017), *Urban agriculture to develop food sovereignty: Lessons from and to Havana*, thèse de master.

MOHAREB E. A., HELLER M.C. & GUTHRIE P. M. (2018), "Cities' role in mitigating United States food system greenhouse gas emissions", *Environmental Science and Technology*, 52(10), pp. 5545-5554.

MOK H. F., WILLIAMSON V. G., GROVE J. R., BURRY K., BARKER S. F. & HAMILTON A. J. (2014), "Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), pp. 21-43.

MOREL K. (2018), « Viabilité des microfermes maraîchères biologiques. Diffusion des principaux résultats de thèse », rapport pratique à partir d'une thèse de doctorat réalisée à UMR SADAPT, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay.

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*, 6(6), pp. 781-792.

POURIAS J., DUCHEMIN E. & AUBRY C. (2015), "Products from urban collective gardens: Food for thought or for consumption? Insights from Paris and Montreal", *Journal Agric. Food Syst. Community Dev.*, 5(2), pp. 1-25.

PULIGHE G. & LUPIA F. (2020), "Food first: COVID-19 outbreak and cities lockdown a booster for a wider vision on urban agriculture", *Sustainability*, 12(12), p. 5012.

RAHMANIAN M., DANIEL A., GRARD B., JUVIN A., BOSCH A., AUBRY C. & MANOUCHEHRI N. (2016), "Edible production on rooftop gardens in Paris? Assessment of heavy metal contamination in vegetables growing on recycled organic wastes substrates in 5 experimental roofgardens", *Proceedings of the IRES 26th International Conference*, Paris, France, pp. 2-6.

SAHA M. & ECKELMAN M. J. (2017), "Growing fresh fruits and vegetables in an urban landscape: A geospatial assessment of ground level and rooftop urban agriculture potential in Boston, USA", *Landscape and Urban Planning*, 165, pp. 130-141.

SANYÉ-MENGUAL E., OLIVER-SOLÀ J., MONTERO J. I., RIERADEVALL J. (2015), "An environmental and economic life cycle assessment of rooftop greenhouse (RTG), implementation in Barcelona, Spain", *Int J Life Cycle Assess.*, 20(3), pp. 350-366.

SHARMA N., ACHARYA S., KUMAR K., SINGH N. & CHAURASIA O. P. (2018), "Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview", *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), pp. 364-371.

THARREY M. (2020), *Impact de la participation à un jardin partagé en ville sur l'adoption de styles de vie plus durables*, thèse de doctorat, Montpellier SupAgro.

TOULIATOS D., DODD I.C. & McAINSH M. (2016), "Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics", *Food and energy security*, 5(3), pp. 184-191.

VIDAL R. & FLEURY A. (2010), « L'autosuffisance agricole des villes, une vaine utopie ? », *La vie des idées* [revue électronique], dossier « Les apories de la ville durable ».

VIDAL R. (2011), « Entre ville et agriculture, une proximité à reconstruire », *Métropolitiques*, 18 avril.

Études et rapports :

ARCUSA V., BESSON C., BIGOT C., BOSSU V., GREWER U., JOANICOT M., MAZODIER M., MENSAH E., MWANZA J., SCHINDLER J., PERNIS M., RAULT C., SANTOS A., TUMWESIGYE S., VASSY A. & ZANELLA M. (2011), « Rennes Métropole, Ville vivrière ? ».

BARBIER C., COUTURIER C., POUROUCHOTTAMIN P., CAYLA J. M., SILVESTRE M. & PHARABOD I. (2019), « L'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France. Club Ingénierie Prospective Énergie et Environnement, Paris », IDDRI, 24 p.

BAY LOCALIZE, HOLMES CULLEY, DCE (2007), "Tapping the potential of urban rooftops: Rooftop resources neighborhood assessment".

MAYOL P. & GANGNERON E. [au nom de la section de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation] (2019), « L'agriculture urbaine : un outil déterminant pour des villes durables ».

GARDINER H. (2020), "Summary of studies analysing the potential for urban agriculture to meet food consumption requirements".

GUÉGAN S. & LEGER F. (2015), « Maraîchage biologique permaculturel et performance économique », rapport de recherche, INRA.

DUVIVIER N., LARDINOIS M., PARMENTIER V. (2012-2013), « Séminaire d'analyse de projets urbains, une ville en transition : Incredible Edible Todmorden », Université de Liège.

LAVILLE E., FLORENTIN A., CHABANEL B., DENOITS A., MAIRE A., CHEMLA P., VIARD P. (2017), « Autonomie alimentaire des villes : états des lieux des enjeux pour la filière agro-alimentaire française », note de position n°12 du cabinet Utopies.

MAIRIE D'ALBI (2018), « Projet alimentaire territorial de l'Albigeois. Dossier de présentation. Démarche pour une agriculture et une alimentation de proximité ».

MAIRIE DE PARIS (2016), « Plan local d'urbanisme », articles UG.10, UG.11 et article 13.

MAIRIE DE PARIS (2017), « Plan biodiversité de Paris 2018-2024 ».

MAIRIE DE PARIS (2018), « Plan climat de Paris : vers une ville neutre en carbone et 100 % énergies renouvelables ».

MAIRIE DE PARIS (2020), « Bilan des émissions de gaz à effets de serre de Paris 2018 ».

MAIRIE DE PARIS (2021), « Appels à projets Parisculteurs Saison 4 », règlement de l'appel à projet.

MEZIANI M., VAULÉON Y. F. & BESSE M. T. (2013), « Étude sur le potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris », étude de l'Atelier parisien d'urbanisme (Aur).

MOLINIER M., DELAHAYE C. & SERVAIS A. (2020), « Dynamiques démographiques et sociales à Paris », étude de l'Atelier parisien d'urbanisme (Aur).

MORLEY A., FARRIER A. & DOORIS M. (2019), "Propagating success? The incredible edible model", final report.

MUGICA Y., SPACHT A. & HENLY A. (2017), "San Francisco composting: From fork to farm and back", étude du Natural Resources Defense Council (NRDC).

THOMÉ P. (2019), « Paris en autosuffisance alimentaire, est-ce possible ? », exposé introductif d'un atelier organisé par l'Université du Bien Commun, Paris, 23 novembre.

VAULÉON Y. F. & SERVAIS A. (2017), « Une agriculture urbaine à Paris », note n°113 de l'Atelier parisien d'urbanisme (Aur).

VAULÉON Y. F. & COPPOLINO L. (2020), « Espaces publics à végétaliser à Paris », étude de l'Atelier parisien d'urbanisme (Aur).

WORLD BANK (2013), "Urban agriculture: Findings from four city case studies".

Articles de presse :

BBC NEWS (2021), "London bee numbers 'could be too high'", 12 octobre.

THE COUNTER (2019), "Urban agriculture's growth has meant a surge in urban livestock. But when is enough, enough?", 13 mai.

THE GUARDIAN (2016), "Fancy life in an eco-village? Welcome to the hi-tech off-grid communities", 12 juillet.

FRANCE BLEU (2019), « Albi fait la fête à l'agriculture urbaine même si ce n'est pas si simple », 1^{er} mai.

FRANCE 3 (2021), « Rennes : des arbres pour dire non à l'aménagement des terrains de la Prévalaye », 31 janvier.

MAIRIE DE PARIS (2015), « Dossier de presse, lancement du programme Éco-Rénovons Paris », 12 mai.

LE MONDE (2018), « Interview de Christine Aubry, spécialiste de l'agriculture urbaine », 19 mars.

LE PARISIEN (2016), « Il fait le meilleur miel du Grand Paris », 5 décembre.

LE PARISIEN 5 février (2021), « Paris : la justice valide le projet de pisciculture au réservoir de Grenelle », 5 février.

WILLAGRI (2019), « Multiplication des tours maraîchères en zones urbaines », 18 novembre.

Sites Internet :

AQUAPONIE FRANCE, site de conseil pour des installations d'aquaponie consulté le 17 novembre 2020 : <https://www.aquaponie.fr/>

Site Internet de l'arboriculture fruitière et culture légumière : <http://www.arboriculture-fruitiere.com/articles/commercialisation/7-chiffres-connaître-sur-la-consommation-de-fl-en-france>

Site Internet de la caverne, consulté le 06 novembre 2020 : <https://lacaverne.co/>

Site Internet du C40 Food Systems Network, consulté le 03 avril 2021 : https://www.c40.org/networks/food_systems_

Site Internet de la ferme Dervaes (The Urban Homestead, ferme urbaine à Pasadena), consulté le 19 novembre 2020 : <https://urbanhomestead.org/>

Site Internet des Incroyables Comestibles, consulté le 08 novembre 2020 : <http://lesincroyablescomestibles.fr/>

Site de la Mairie de Paris, page sur les cours Oasis consultée le 20 novembre 2020 : <https://www.paris.fr/pages/les-cours-oasis-7389>

Site Internet de la métropole de Rennes, consulté le 08 novembre 2020 : <https://metropole.rennes.fr/rennes-ville-nourriciere>

Site Internet des appels à projets Parisculteurs, consulté le 15 novembre 2020 : <https://www.parisculteurs.paris/>

Site Internet du projet Women4Climate du C40, consulté le 08 novembre 2020 : <https://w4c.org/index.php/profile/paris-dorothee-machils/>

Site Internet de l'Association des jardins familiaux de Rennes, consulté le 02 mars 2021 : <http://www.association-jardins-familiaux-rennes.fr/>

Données :

Atelier parisien d'urbanisme, site consulté en novembre 2020 : <https://opendata.Apur.org>

World Bank, site consulté le 2 novembre 2020 : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur>

Données stratégiques de la mairie de Paris, site consulté le 4 novembre 2020 : <https://www.paris.fr/pages/la-strategie-de-paris-pour-une-alimentation-durable-5234>

Données publiques de la mairie de Paris, site consulté en novembre 2020 : <https://opendata.paris.fr/pages/home/>