



HAL
open science

Urban agriculture: characterization and assessment of two axes, production and biodiversity

Lucie Richer

► **To cite this version:**

Lucie Richer. Urban agriculture: characterization and assessment of two axes, production and biodiversity. Life Sciences [q-bio]. 2023. dumas-04253969

HAL Id: dumas-04253969

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04253969>

Submitted on 23 Oct 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'Institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers Site de Rennes

Année universitaire : 2022 -
2023

Spécialité :

Biologie Végétale

Spécialisation (et option
éventuelle) :

**Filières de l'Horticulture et
Innovations**

Mémoire de fin d'études

d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national
d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et
l'environnement)

de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national
d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et
l'environnement)

de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Agriculture urbaine : caractérisation et évaluation de deux axes, production et biodiversité

Par Lucie Richer



Soutenu à Angers le 11/09/2023

Devant le jury composé de :

Président : Béatrice Teulat

Enseignant référent : Laure Vidal-Beaudet

Maître de stage : Sonia Coutault

Représentant du parcours : Etienne Chantoiseau

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de
l'Institut Agro Rennes-Angers*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation «Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de
Modification 4.0 France» disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Remerciements

Je tiens à remercier tous les membres de l'équipe Proximité de la Chambre d'Agriculture pour leur accueil et bienveillance tout au long de mon stage.

Je remercie plus particulièrement Sonia Coutault, ma maître de stage, pour son aide, sa disponibilité et ses conseils dans la réalisation de ce stage et dans la rédaction de ce mémoire. Je remercie de même Marine Renaudon, co-encadrante de mon stage, pour sa disponibilité et ses conseils, ainsi que pour ses enseignements sur les techniques de maraichage et sur les enjeux de l'agriculture urbaine.

Je remercie également ma tutrice Laure Vidal-Beaudet pour sa disponibilité et son aide dans la réflexion de cette étude.

Merci à ma famille et mes amis proches pour leur soutien sans faille, ainsi que leur aide dans la relecture de ce mémoire.

Finalement, je souhaite remercier les équipes enseignantes de l'Institut Agro Rennes-Angers et de l'Université d'Angers pour leurs enseignements et accompagnement tout au long de mes études.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
1. ETAT DE L'ART : GÉNÉRALITÉS SUR L'AGRICULTURE URBAINE	3
1.1. L'agriculture urbaine : une définition complexe pour rendre compte de la multiplicité de ses formes et fonctions.....	3
1.2. L'agriculture urbaine : un atout face aux enjeux des villes durables	6
1.3. L'agriculture urbaine : les limites	8
2. MATERIEL ET METHODE	10
2.1. Le Démonstrateur d'Agriculture Urbaine (DemAU).....	10
Les modes de productions	10
Les cultures.....	11
Irrigations et apports nutritifs	12
Les débouchés de production	12
2.2. Rendements et qualités	12
Masse de fruits et légumes récoltés et rendement	13
Qualité commercialisable	13
Qualité gustative	13
2.3. Biodiversité	13
Ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs	14
Vie du sol	15
2.4. Comparaison à l'agriculture périurbaine	16
Outil de comparaison	16
3. RESULTATS	17
3.1. La production	17
Les salades.....	17
Les tomates	17
Les fraises.....	19
3.2. La biodiversité.....	20
Ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs	20
Vers de terre	21
Activité biologique du sol.....	21
4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES	22
4.1. Les suivis et données récoltées	22
4.2. Les résultats du DemAU	22
La production	22
La biodiversité.....	23
4.3. Comparaison à un exemple en agriculture péri-urbaine	24
CONCLUSION	24
BIBLIOGRAPHIE	26
SITOGRAFIE.....	28

Glossaire

Culture hors-sol : « Cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel : le sol » (Leduc, 2021)

Hydroponie : « les plantes, cultivées sur des milieux inertes et non plus des sols, sont nourries par l'apport de solutions nutritives » (Charvet et Laureau,, 2023)

Aéroponie : « les plantes étant en partie nourries par la vaporisation de brouillards de solutions nutritives » (Charvet et Laureau,, 2023)

Aquaponie : « l'aquaponie associe l'aquaculture et la culture de plantes grâce à la conversion aérobie de l'ammoniac en nitrates qui a lieu lorsque les bactéries issues du support de culture transforment l'ammoniac contenu dans les déjections des poissons en nutriments (nitrates notamment) directement assimilables par la végétation » (Ezvan, 2023)

Table des illustrations

Figure 1 : Schéma représentatif de la multifonctionnalité de l'agriculture urbaine (d'après Daniel et al. 2013)

Figure 2 : Schéma représentatif de la classification des formes d'agriculture urbaine (d'après Mayol et Gangneron, 2019)

Figure 3 : Plan du DemAU (A) et photographies des modes de production : tour hydroponique (B), bacs de culture (C), jardinière en toile (D) et bassin aquaponique (E) (Lucie Richer, 2023)

Figure 4 : Plan du DemAU et des productions cultivées (A) et photographies de différentes variétés de salades (B), fraises (C) et tomates (D) (Lucie Richer, 2023)

Figure 5 : Implantation des tomates fraises et salades dans les bacs hors-sol (Lucie Richer, 2023)

Figure 6 : Plan des blocs d'irrigation du DemAU (A) et photographie d'un bac de culture (B) et d'un goutteur (C) (Lucie Richer, 2023)

Figure 7 : Affiche décrivant le protocole test bêche vers de terre (Lucie Richer, 2023)

Figure 8 : Affiche décrivant la méthode des sachets de thé pour l'étude de l'activité biologique des sols (Lucie Richer, 2023)

Figure 9 : Rendements commercialisables des différentes variétés de salades en fonction des années (Lucie Richer, 2023)

Figure 10 : Masse des salades récoltées ± 65 jours après plantation sur le DemAU en fonction des variétés cultivées sur bac (A) et en fonction des modes de production pour la variété Sinisa (B) (Lucie Richer, 2023)

Figure 11 : Qualité commerciale des salades en fonction des modes de production (Lucie Richer, 2023)

Figure 12 : Rendements commercialisables des différentes variétés de tomates en fonction des modes de production (Lucie Richer, 2023)

Figure 13 : Qualité commerciale des tomates en fonction des variétés et modes de production (Lucie Richer, 2023)

Figure 14 : Taux de sucre (A) et masses (B) des tomates de variétés Blush sur les différents modes de productions du DemAU (Lucie Richer, 2023)

Figure 15 : Rendement commercialisable de fraise en kg/m^2 au 10 août, en fonction des années, des variétés et des modes de productions (Lucie Richer, 2023)

Figure 16 : Taux de sucre des différentes variétés de fraises produites sur le DemAU

Figure 17 : Dynamiques des populations des couples ravageurs/auxiliaires étudiés en fonction de la date et du lieu de production des tomates (Lucie Richer, 2023)

Figure 18 : Dynamiques des populations de pollinisateurs en fonction de la date et du lieu de production des fraises (A) et tomates (B) (Lucie Richer, 2023)

Figure 19 : Positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) selon la dissimilarité calculée par Bray-Curtis des données d'abondance des ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs en fonction du lieu de production (A) et de l'espèce végétale étudiée (B). (Intervalle de confiance des ellipses = 95%) (Lucie Richer, 2023)

Figure 20 : Nombre de vers de terre en fonction du lieu de production et du sol (B2, B4, B5, B6 = numéros des blocs du démonstrateur, PC = Plein-Champ, SA = Sous-Abri les données REF_maraichage et REF_potager sont des données de références (OPVT, 2020)) (Lucie Richer, 2023)

Figure 21 : Représentation graphique sous la forme de doubles boîtes à moustaches des résultats obtenus par méthode des sachets de thé. (B2, B4, B5, B6 = numéros des blocs du démonstrateur, PC et SA = Plein-Champ et Sous-Abri en agriculture périurbaine) (Lucie Richer, 2023)

Figure 22 : Graphiques en radar représentant les sept indicateurs de production et biodiversité étudiés (Lucie Richer, 2023)

Table des tableaux

Tableau 1 : Rendement et qualités des variétés étudiées sur les différents modes de production (Lucie Richer, 2023)

Listes des Annexes

Annexe I : Guide de reconnaissance des principaux auxiliaires et ravageurs sur fraise, tomate et salade (Lucie Richer, 2023)

Annexe II : Guide de reconnaissance des pollinisateurs (Lucie Richer, 2023)

Annexe III : Indicateurs de comparaison de l'agriculture urbaine et périurbaine et tableau de valeurs et notes des lieux étudiés (Lucie Richer, 2023)

Annexe IV : Graphiques représentant les masses des salades récoltées ± 65 jours après plantation en fonctions du mode de production et des variétés (A : Appia, B : Grenadine, C : Liboga, D : Matinale, E : Querido, F : Sinisa) (Lucie Richer, 2023)

Annexe V : Suivi des précipitations et températures minimales et maximales (moyennes et absolues) (données Météo France)

Annexe VI : Dynamiques des populations des couples ravageurs/auxiliaires étudiés en fonction de la date et du lieu de production des salades (A), fraises (B) et tomates (C) (Lucie Richer 2023)

Annexe VII : Positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) selon la dissimilarité calculée par Bray-Curtis des données d'abondance des ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs sur salade (A), fraise (B) et tomate (C) en fonction du lieu de production (Lucie Richer, 2023)

Annexe VIII : Positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) selon la dissimilarité calculée par Bray-Curtis des données d'abondance des différents groupes fonctionnels de vers de terre en fonction du lieu de production (A) et de la technique appliquée au sol (B) (Lucie Richer, 2023)

INTRODUCTION

Si aujourd'hui les termes "agriculture" et "ville" peuvent nous sembler contradictoires, ils sont pourtant intimement liés puisqu'ils sont apparus ensemble, il y a 10 000 ans, dans le Croissant Fertile, région du Proche-Orient. C'est en effet la découverte des céréales dans ce lieu si fertile qui a permis de produire des ressources alimentaires suffisantes pour nourrir les premiers villages sédentaires. Ainsi, jusqu'au développement des transports, de l'industrie alimentaire et jusqu'à la mondialisation des échanges, les villes et leurs tailles étaient régies par la géographie et l'agriculture autour d'elles. Puis, à partir du milieu du XIXe siècle, avec l'invention du train à vapeur notamment, les villes se sont affranchies de cette contrainte et une rupture c'est alors faite entre ville et agriculture (Steel, 2009).

Depuis, les villes sont en expansion. Aujourd'hui, 56% de la population mondiale vit en zone urbaine et il est estimé que le nombre de citoyens devrait doubler d'ici 2050 [1]. Pour nourrir ces villes, les denrées alimentaires sont acheminées à travers le monde, entraînant des conséquences écologiques désastreuses puisque le transport mondial compte pour près de 20% des émissions de dioxyde de carbone du système alimentaire (Li et al., 2022). Cependant une prise de conscience, accompagnée d'un changement dans les modes de consommation, est observable depuis quelques années. En effet, si le prix reste un facteur décisif à l'acte d'achat, les consommateurs sont de plus en plus attentifs à l'origine, le mode de production, les signes de qualité ou la composition nutritionnelle des denrées qu'ils achètent (Anses, 2017). Ainsi les consommateurs veulent manger des produits de qualité, locaux et durables.

Dans ce cadre, l'alimentation des villes se positionne comme un enjeu de durabilité de taille et c'est dans ce contexte, à la fois de demande de productivité mais également de durabilité, que se développe l'agriculture urbaine. Donner une définition à l'agriculture urbaine n'est pas chose simple mais nous proposons ici d'utiliser la définition formulée par Aubry (2013) décrivant l'agriculture urbaine comme "l'ensemble des formes d'agriculture, localisées en ville ou à périphérie des villes, dont les produits agricoles et les services annexes qu'elles fournissent sont en majeure partie à destination des villes, et qui utilisent des ressources (foncières, de main d'œuvre, d'eau, de capital etc.) qui peuvent faire l'objet de concurrences mais aussi de complémentarités avec des usages urbains". L'agriculture urbaine regroupe ainsi un certain nombre de concepts, acteurs et activités, si bien que certains préfèrent parler d'agricultures urbaines, au pluriel, afin de rendre compte des différents objectifs et conceptions regroupés sous le terme (Villatte, 2017).

Depuis quelques années, des projets d'agriculture urbaine fleurissent dans de nombreuses villes et sous de nombreuses formes : des formes à vocation marchande, cultivant principalement fruits, légumes, champignons ou encore micro-pousses à destination des consommateurs urbains, mais également des formes à vocation non marchande sous la forme de jardins partagés, collectifs ou familiaux... Cependant, malgré l'intérêt croissant pour ces modes de production et leur développement, peu de références technico-économiques sont disponibles. En effet si de nombreuses études sont effectuées sur les formes d'agriculture urbaine à vocation non marchande pour lesquelles les enjeux, motivations, rendements, etc. sont ainsi bien décrits, peu d'études sont réalisées sur les formes de l'agriculture urbaine à vocation marchande (Scheromm et al., 2014). Il y a ainsi une forte demande pour de telles références.

C'est dans ce contexte que le Réseau Mixte Technologique (RMT) « Agricultures Urbaines » a été labellisé par le ministère en charge de l'agriculture afin de rassembler des partenaires au niveau national pour faire face aux enjeux des agricultures urbaines tels que la nécessité de références techniques, statuts juridiques et économiques mais aussi d'accompagnement en termes de compétences afin d'assurer la réussite et la pérennité des projets.

En tant que membre de ce réseau et afin d'accompagner et former les porteurs de projet en agriculture urbaine, la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire a mis en place en 2021 un démonstrateur d'agriculture urbaine en toiture de ses locaux à Angers.

La Chambre d'agriculture des Pays de la Loire fait partie d'un réseau de 115 Chambres d'agriculture au niveau national. C'est un organisme consulaire dont l'activité s'articule autour de trois missions : une mission de service public (déléguée par l'Etat et au bénéfice de tous les agriculteurs), une mission consulaire de représentation de la profession agricole auprès des pouvoirs publics et collectivités locales et une mission d'intervention auprès des agriculteurs et collectivités sur de nombreux domaines en lien avec l'agriculture.

Dans ce contexte, le démonstrateur a pour objectifs la mise en lumière et l'expérimentation des techniques d'agriculture urbaine, en partenariat avec les acteurs économiques, ainsi que la récolte de données afin de produire des références technico-économiques. C'est également une plateforme de formation en agriculture urbaine. Sur cette plateforme de démonstration, sont ainsi cultivées une quarantaine de variétés végétales sur 80m² de surface agricole utile et sur différents modes de production (bacs hors-sol, tours hydroponiques, bassin aquaponique)

pour rendre compte de la diversité des productions cultivables, modes de productions et techniques applicables en agriculture urbaine.

Le but de cette étude est donc pleinement associé à l'ensemble de ces objectifs puisqu'il s'agit d'évaluer deux composantes du système de production maraichère hors-sol sur toiture urbaine : la production et la biodiversité, en utilisant un système de production maraichère périurbain en pleine terre comme référence.

Seront ainsi étudiés des indicateurs de rendement en fruits et légumes et une attention particulière, à travers différents protocoles, sera portée sur la biodiversité présente puisque les écosystèmes agricoles sont partie intégrante de la biodiversité mais également fortement dépendants de cette dernière.

Dans un premier temps, nous verrons quelques généralités sur l'agriculture urbaine, sa définition, son rôle dans la durabilité des villes mais également ses limites, démontrant ainsi le besoin de références technico-économiques, notamment pour les formes à vocation marchande de l'agriculture urbaine. Seront ensuite présentés les différents protocoles mis en place pour étudier les rendements et la biodiversité ainsi que les résultats obtenus. Enfin une discussion des résultats sera faite en comparant les résultats obtenus sur le démonstrateur d'agriculture urbaine avec ceux d'une exploitation maraichère périurbaine grâce à un outil d'évaluation multicritères.

1. ETAT DE L'ART : GÉNÉRALITÉS SUR L'AGRICULTURE URBAINE

1.1. L'agriculture urbaine : une définition complexe pour rendre compte de la multiplicité de ses formes et fonctions

La définition de l'agriculture urbaine a longtemps été sujet à débat. En 1999, l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (Food and Agriculture Organisation, FAO) définit l'agriculture urbaine et l'agriculture péri-urbaine comme se référant aux pratiques agricoles dans les villes et autour des villes, qui utilisent des ressources pouvant avoir d'autres usages pour satisfaire les besoins de la population urbaine. La définition précise également que : « l'agriculture urbaine se réfère à des petites surfaces utilisées en ville pour cultiver quelques plantes et élever de petits animaux et des vaches à lait en vue de la consommation du ménage ou des ventes à proximité » (Nahmías et Le Caro, 2012). Cependant, cette définition n'est que très limitée et a depuis été complexifiée pour prendre en compte la multifonctionnalité de l'agriculture urbaine, en lien avec les enjeux du territoire.

En effet, l'agriculture urbaine peut prendre de nombreuses formes dans le but de répondre à divers enjeux et il est important de prendre en compte cette diversité dans la définition que l'on en fait. D'après Nahmías et Le Caro (2012), la définition de l'agriculture urbaine doit rendre compte de plusieurs critères, dont sa localisation, mais également sa fonctionnalité.

En effet, la localisation reste une part importante de la définition de l'agriculture urbaine mais le périmètre de définition ne peut se restreindre aux limites de la ville, périmètre qui serait trop arbitraire. Aubry (2013), propose de définir l'agriculture urbaine comme les formes variées que peut prendre l'agriculture en ville ou à sa périphérie, dont les produits agricoles et services fournis sont majoritairement à destination de la ville. Ainsi, c'est moins la localisation précise que les liens réciproques entre la ville et l'agriculture qui permet de qualifier cette dernière d'« urbaine ».

Si la localisation est ce qui peut paraître prioritaire dans la définition de l'agriculture urbaine, il est important que cette dernière rende compte de la multiplicité des fonctions, et donc des acteurs impliqués. Duchemin et *al.* (2008) citent plusieurs fonctions de l'agriculture urbaine :

- ♣ Une fonction alimentaire, en lien avec la sécurité alimentaire des villes,
- ♣ Une fonction économique, puisque l'agriculture urbaine participe à l'économie locale,
- ♣ Une fonction environnementale, puisqu'elle constitue un levier pour la re-végétalisation des espaces urbains et le développement des services écosystémiques qui peuvent y être associés.
- ♣ Et des fonctions sociales, récréatives et pédagogiques.

Ces fonctions permettent de mettre en avant les acteurs de l'agriculture urbaine que sont les agriculteurs, les habitants, les collectivités territoriales, urbanistes et paysagistes, associations...

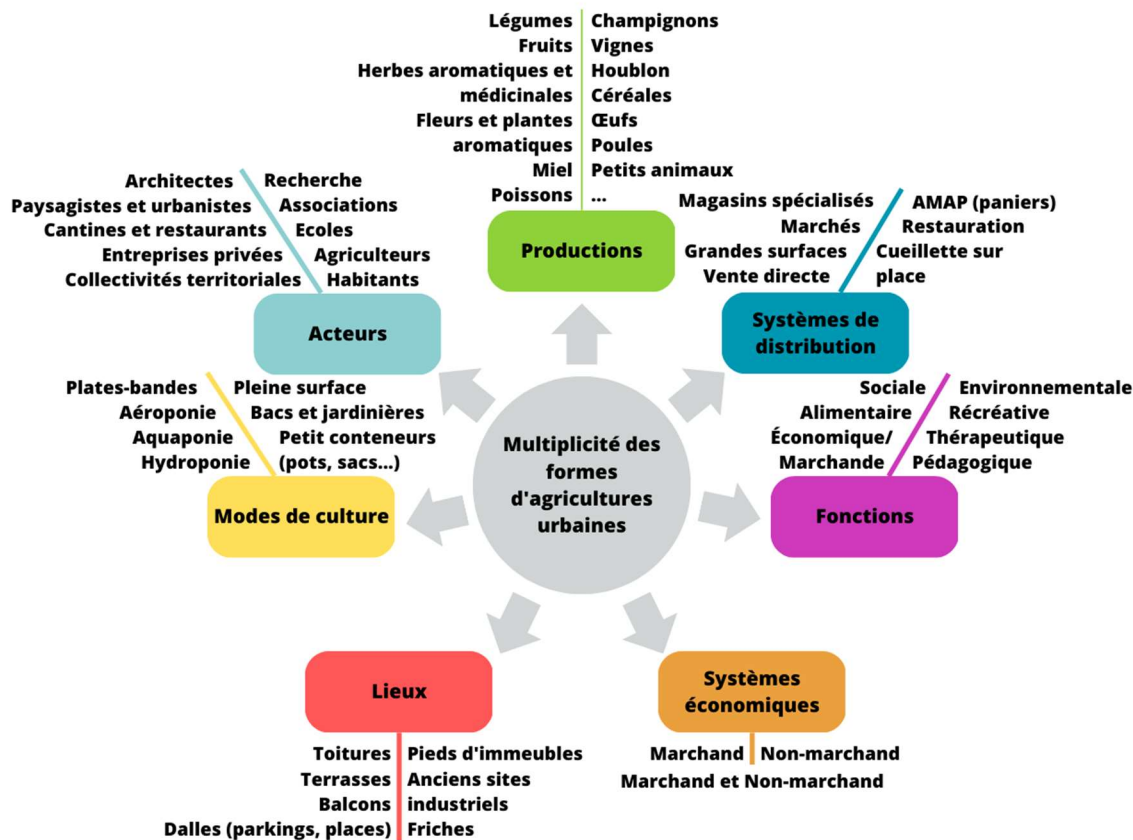


Figure 1 : Schéma représentatif de la multifonctionnalité de l'agriculture urbaine (d'après Daniel et al. 2013)



Figure 2 : Schéma représentatif de la classification des formes d'agriculture urbaine (d'après Mayol et Gangneron, 2019)

Ainsi, la notion d'agriculture urbaine peut être représentée par un schéma mettant en avant la multiplicité des formes qui lui sont associées (figure 1) et résumée par la définition de Mougeot (2000) : « L'agriculture urbaine est une activité localisée à l'intérieur (agriculture intra-urbaine) ou sur les bords (agriculture périurbaine) d'une ville, cité ou métropole. Elle produit ou élève, transporte ou distribue une diversité de produits (aliments ou non-aliments), et fait un large appel aux ressources humaines et matérielles (parfois les réutilise), produits et services trouvés dans et autour de la ville. A son tour elle offre des ressources humaines et matérielles, des produits et services, principalement à l'espace urbain ».

Plusieurs types de projets d'agriculture urbaine répondent ainsi à cette définition. Nous nous proposons ici de reprendre en l'adaptant la classification de Mayol et Gangneron (2019) répartissant les formes d'agriculture urbaine en trois groupes : les formes à vocation marchande, celles à vocation non marchande et l'agriculture urbaine à vocation mixte (figure 2).

Les formes à vocation marchande sont caractérisées par leur finalité productive et commerciale puisque leur volonté est de vendre les fruits et légumes produits assurant alors une rentabilité économique de la structure. Parmi ces structures on retrouve les fermes en pleine terre pouvant être situées au cœur des villes ou en périphéries. On retrouve également des formes, plus spécifiques à leur localisation urbaine, produisant fruits et légumes en hors-sol. Ces modes de production reposent alors sur l'usage de substrats autres que la terre pour la culture des productions. Des technosols (substrats de culture constitués d'un mélange de matériaux d'origine végétale, minérale naturelle et de matériaux issus de l'activité humaine tels que la brique concassée, le béton cellulaire...) peuvent être utilisés mais d'autres systèmes tels que l'hydroponie, aéroponie et aquaponie sont de plus en plus développés. L'hydroponie consiste à faire pousser les plantes avec ou sans substrats mais en contact direct avec l'eau qui apporte les nutriments nécessaires à la plante pour sa croissance. En aéroponie, les racines sont le plus souvent à l'air libre, l'apport des nutriments se fait alors par des gouttes ou gouttelettes d'eau, en fonction du système. L'aquaponie, quant-à-elle, se base sur la création d'un cercle vertueux entre plantes et poissons. Les déjections des poissons fertilisent l'eau et les populations microbiennes dégradent ces déjections pour rendre les nutriments disponibles pour les plantes. Les plantes reçoivent ainsi un apport de nutriments, qu'elles absorbent, nettoyant l'eau pouvant alors être retournée aux poissons (Ayassamy, 2017). Tous ces modes de production peuvent être mis en place dans les interstices et espaces au sein de la ville. On peut les retrouver au sol, sur les murs, les toits qui peuvent aussi accueillir des serres, et également en milieu fermé, dans les fermes verticales

où l'environnement (lumière, atmosphère, température) est complètement contrôlé. On peut également classer dans cette catégorie les formes d'agriculture urbaine servicielle, dont les projets utilisent des techniques agricoles pour rendre des services à la ville tels que l'aménagement et la gestion de l'espace public (éco-pâturage par exemple), le recyclage des déchets (mise en place de poulaillers urbains par exemple), la création de liens sociaux... (Mayol et Gangneron, 2019)

Les formes à vocation non marchande comme leur dénomination l'indique ne vendent pas leur production, elle est autoconsommée par les producteurs ou peut être donnée à des œuvres caritatives. Bien que souvent associé au jardinage, les formes d'agriculture urbaine à vocation non marchande peuvent être aussi productives, professionnalisés et structurées que celles à vocation marchande. Les mêmes modes de productions qu'en agriculture urbaine à vocation marchande peuvent être retrouvés, cependant, les cultures en pleine terre ou en bacs hors-sol restent encore les plus largement utilisées. On retrouve ainsi dans ces formes les jardins familiaux (terrain divisé en parcelles où chaque producteur exploite sa parcelle) et les jardins partagés (terrain géré collectivement par l'ensemble des utilisateurs), mais également tous les espaces de productions mis en place en ville : jardins en pied d'immeuble, bacs et jardinières en toits et balcons... On peut également classer dans cette catégorie les jardins scolaires et les jardins thérapeutiques de plus en plus présents en hôpitaux, établissements pour personnes âgées, personnes handicapées... (Mayol et Gangneron, 2019)

Les formes d'agriculture à vocation mixte forment une catégorie nécessaire pour prendre en compte l'entière réalité des projets d'agriculture urbaine. Ces projets sont alors à mi-chemin entre vocation marchande et non marchande. C'est par exemple le cas des jardins d'insertion, des fermes participatives...

Cette étude se concentrera sur les formes à vocation marchande de l'agriculture urbaine bien que les autres formes d'agriculture urbaine soient également abordées dans la suite de cet état de l'art.

1.2. L'agriculture urbaine : un atout face aux enjeux des villes durables

L'agriculture urbaine est souvent considérée comme un levier pour rendre les villes plus durables puisqu'elle permet de répondre à différents enjeux comme les enjeux alimentaires, sociaux, environnementaux...

Si l'agriculture urbaine à elle seule ne peut satisfaire l'entièreté des besoins alimentaires des villes, elle reste un vecteur important de leur sécurité alimentaire de façon directe, et indirecte (Mayol et Gangneron, 2019). En effet, l'agriculture urbaine permet de produire des fruits et légumes frais, de qualité et en quantité, notamment

dans le cadre des agricultures urbaines à but marchand mais également dans les formes non marchandes puisque des rendements allant de 0.50 kg/m² à 3.50kg/m², avec une moyenne de 1.70 kg/m² sont recensés par M. Marie (2017). Mais l'agriculture urbaine permet également d'améliorer la sécurité alimentaire des villes de façon indirecte puisqu'elle permet de créer et/ou fortifier les liens entre la ville et les activités agricoles péri-urbaines et rurales. En effet, les formes marchandes d'agriculture urbaine reposent souvent sur les circuits courts et peuvent être amenées à créer des partenariats avec des maraichers péri-urbains afin de compléter leur offre. De plus, les formes non marchandes d'agriculture urbaine telles que les potagers, jardins partagés etc... permettent une forme d'entraînement des jardiniers à consommer des fruits et légumes frais (Aubry, 2018). Ainsi, l'agriculture urbaine offre des opportunités d'apprentissage et d'éducation sur les modes de production alimentaire, la saisonnalité, la biodiversité, la durabilité et l'importance de l'agriculture. Elle sensibilise les résidents urbains à l'origine de leur nourriture et les encourage à adopter des choix alimentaires plus sains et durables.

De nombreuses formes de l'agriculture urbaine mettent le social au cœur de leur activité. En effet, l'agriculture urbaine favorise l'engagement communautaire et renforce les liens sociaux. Les jardins communautaires, en particulier, rassemblent les résidents d'un quartier autour d'un projet commun, favorisant la coopération, l'échange de connaissances et la solidarité. De nombreuses formes marchandes de l'agriculture urbaine développent également leur business model sur cet aspect (Saint-Ges, 2021). Ces projets d'agriculture urbaine servent ainsi de plateformes d'éducation et de sensibilisation à l'alimentation saine, à l'agriculture durable et à la protection de l'environnement.

L'agriculture urbaine peut également fournir des services environnementaux. Parmi ces services, certains citent la réduction des îlots de chaleurs. Les îlots de chaleurs sont caractérisés par des températures plus élevées dans le centre des villes que dans ces environs. Cette différence significative de température s'explique par différents facteurs que sont le brassage réduit de l'air, les émissions de chaleur des transports, chauffages et climatisations ainsi que la réflexion et l'accumulation des rayons solaires sur les surfaces des immeubles et des routes goudronnées. L'agriculture urbaine limiterait cet effet en apportant de l'ombrage, en refroidissant l'air grâce à l'évapotranspiration et en servant d'isolant, permettant une réduction de la consommation d'énergie (Mayol et Gangneron, 2019). Cependant, ces services sont extrapolés de ceux rendus par les toits et façades végétalisés non-productifs sans réelles références comparatives (Aubry, 2013). D'autres services peuvent tout de même être cités. Il a été démontré que les formes d'agriculture urbaine marchandes et non marchandes contribuent à la biodiversité globale du fait de la

L'agriculture urbaine permet également la réutilisation et le recyclage des déchets urbains en engrais ou en substrat de culture (Mayol et Gangneron, 2019).

Enfin, une fonction de santé publique peut être inférée à l'agriculture urbaine. En effet, la disponibilité d'aliments frais locaux grâce à l'agriculture urbaine contribue à améliorer la santé et le bien-être des citoyens. Les aliments frais sont plus nutritifs que les aliments transformés ou importés, ce qui peut aider à réduire les problèmes de santé liés à l'alimentation. De plus, participer à des activités d'agriculture urbaine est bénéfique pour la santé physique et mentale, encourageant l'activité physique, réduisant le stress et favorisant le contact avec la nature (Mayol et Gangneron, 2019).

1.3. L'agriculture urbaine : les limites

L'un des principaux défis de l'agriculture urbaine est la raréfaction d'espaces adaptés dans les zones urbaines denses. Les terrains vacants sont souvent rares et peuvent être sujets à des problèmes de pollution des sols, de réglementations restrictives ou de propriété. Cela rend difficile la mise en place de projets d'agriculture urbaine à grande échelle. Cependant, la priorité de la ville étant l'aménagement urbain, l'agriculture urbaine peut jouer un rôle dans les politiques d'aménagement, notamment pour respecter l'objectif Zéro Artificialisation Nette.

En effet nombreux sont les sols urbains dont la présence de polluants chimiques, provenant généralement d'une activité humaine, peut les rendre impropres à leur exploitation en agriculture (Barbillon et *al.*, 2019).

Les projets hors-sol, tels que les jardins verticaux, les toits verts et les serres peuvent aider à maximiser l'utilisation de l'espace disponible, mais ces projets ne sont pas non plus sans défis. Les réglementations urbaines peuvent constituer un obstacle à l'agriculture urbaine. Les lois et les politiques locales doivent souvent être adaptées pour permettre et soutenir les pratiques agricoles en milieu urbain. Cela peut impliquer des modifications du zonage, des permis spéciaux ou des réglementations sanitaires spécifiques.

De plus, la diversité des statuts juridiques des bâtiments peuvent avoir de fortes répercussions sur les contrats permettant leur exploitation. Différents types de droits peuvent alors être accordés, plus ou moins limités dans le temps, en fonction du type de bâtiment (privé ou public, cas spécifique des copropriétés...) (Grimonprez, 2019). L'agriculture urbaine nécessite donc souvent une sensibilisation auprès des communautés locales. Il est important de promouvoir les avantages de l'agriculture urbaine en termes de sécurité alimentaire, de durabilité environnementale et de bien-être communautaire. Dans l'objectif de contribuer au développement de l'AU, il est essentiel de former les différents acteurs (agriculteurs urbains, des résidents locaux et des décideurs politiques) aux pratiques agricoles urbaines, aux techniques de

culture innovantes et aux initiatives de soutien, afin de favoriser l'expansion de l'agriculture urbaine.

Finalement, des doutes peuvent être émis sur la rentabilité économique des projets d'agriculture urbaine. Les coûts associés à la location ou à l'acquisition de terres urbaines, à l'installation de structures de culture, à l'approvisionnement en eau, à l'énergie et aux intrants agricoles peuvent être élevés. Il peut également être difficile de trouver un équilibre entre la production alimentaire et la viabilité économique, car les prix de vente des produits agricoles peuvent être plus élevés dans les zones urbaines en raison des coûts de production plus élevés. Les initiatives de soutien financier, les partenariats public-privé et les modèles commerciaux novateurs sont souvent nécessaires pour rendre l'agriculture urbaine économiquement viable. Ils font d'ailleurs partie des clés de succès mis en avant par Saint-Ges (2021) dans son analyse des *business models* des organisations marchandes et productives de l'agriculture urbaine. L'article met l'accent sur l'importance du choix des partenaires que sont les collectivités, les financeurs, la recherche et les associations citoyennes ainsi que sur la nécessité de posséder les compétences et connaissances techniques mais également commerciales. Il est à noter que la plupart des formes à vocation marchande ne sont pas rentable par la simple vente de leur production mais qu'un complément d'activité tel que la vente de services (ateliers, prestations...) ou d'agroéquipements est nécessaire pour garantir la rentabilité de la structure.

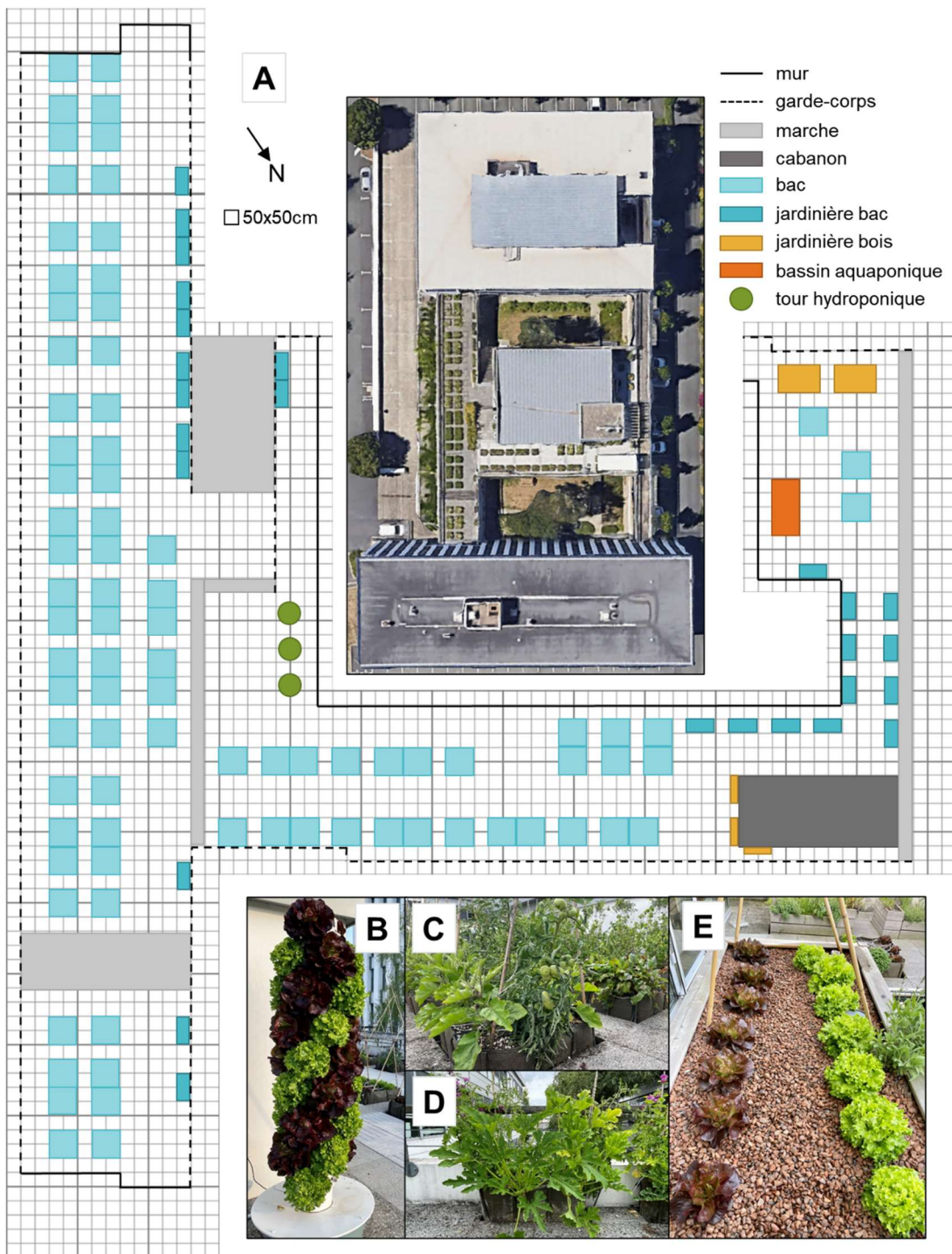


Figure 3 : Plan du DemAU (A) et photographies des modes de production : tour hydroponique (B), bacs de culture (C), jardinière en toile (D) et bassin aquaponique (E) (Lucie Richer, 2023)

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Le Démonstrateur d'Agriculture Urbaine (DemAU)

Les modes de productions

Le DemAU est un site de production hors-sol, en toiture, où différents modes de production, couramment utilisés en agriculture urbaine, sont expérimentés : bacs et jardinières hors-sol, tours aéro-hydroponiques et bassin aquaponique (figure 3).

Les tours aéro-hydroponiques permettent de produire des fruits et légumes en grande densité puisqu'elles occupent moins d'1m². Les tours du démonstrateur sont constituées d'une colonne pouvant accueillir 36 plantes. Les semis sont faits dans des petits pots en fibres de bois. Une fois les plantules prêtes, les pots sont déposés dans des petits paniers sur la colonne. En grandissant, les racines transpercent le pot et continuent leur croissance à l'air libre, à l'intérieur de la colonne. A la base de la colonne, un réservoir stocke 50L d'eau, dans lequel est ajouté un engrais liquide. Une pompe permet de faire remonter l'eau fertilisée au sommet, elle passe alors sur une grille permettant de répartir l'eau dans la colonne afin d'atteindre toutes les racines. La pompe se met en route 12 minutes par heure : elle est allumée 3 minutes puis éteinte 12 minutes et ainsi de suite, 24 heures sur 24.

Le bassin aquaponique présent sur le démonstrateur est composé d'une partie cultivable de 2m² et d'un bassin de 380L. Du schiste expansé est utilisé comme support de culture et le bassin est peuplé d'un groupe de 30 poissons rouges.

Sur le démonstrateur, différents types de bacs et jardinières sont utilisés. La majorité sont des bacs et jardinières en géotextile : la toile perméable est doublée à l'intérieur d'un feutre hydrophile permettant ainsi de garder une certaine humidité. Les bacs ont des dimensions de 90x90x40cm et les jardinières font 30x60x40cm. Le démonstrateur accueille également quelques bacs et jardinières en bois, doublé d'un géotextile à l'intérieur.

Le substrat utilisé dans les bacs et jardinières, un mélange de tourbe, d'écorce de bois compostée, de pouzzolane, de billes d'argile expansée et de béton cellulaire, a été choisi pour plusieurs raisons :

- ♣ Sa durabilité : 10 ans. Étant donnée la difficulté d'accès et d'approvisionnement de la toiture, un substrat durable dans le temps devait être choisi.

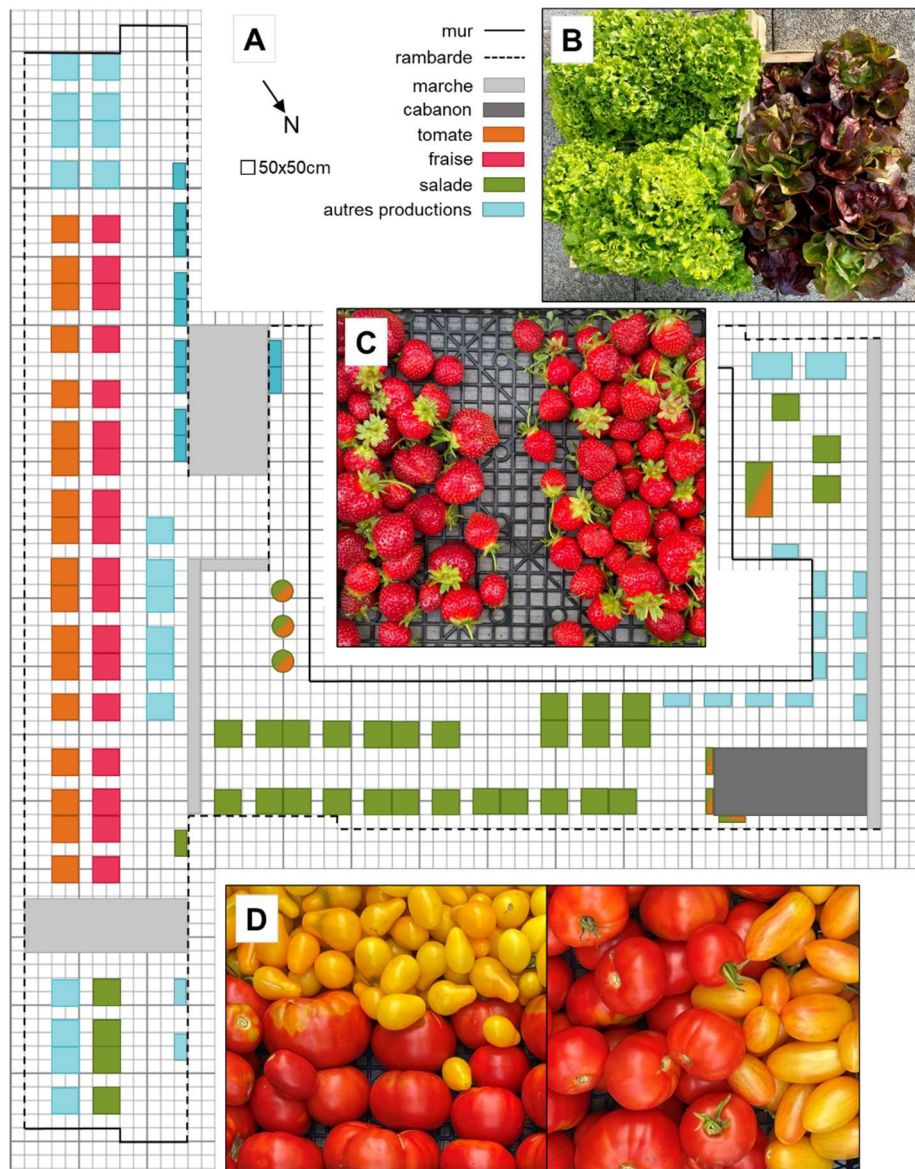


Figure 4 : Plan du DemAU et des productions cultivées (A) et photographies de différentes variétés de salades (B), fraises (C) et tomates (D) (Lucie Richer, 2023)

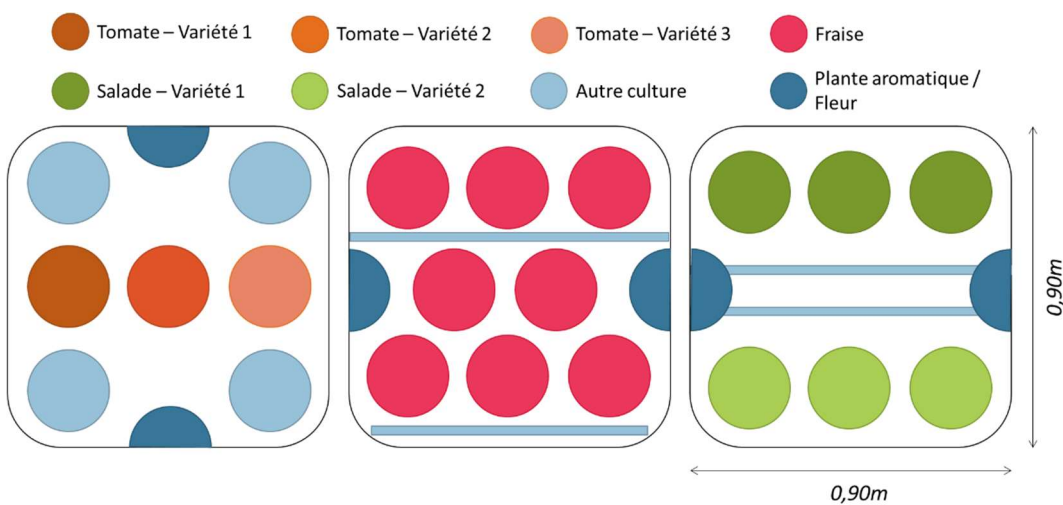


Figure 5 : Implantation des tomates fraîches et salades dans les bacs hors-sol (Lucie Richer, 2023)

- ♣ Son poids : léger. La toiture n'étant initialement pas prévue pour accueillir une exploitation, sa faible portance a ainsi été une des contraintes majeures à prendre en compte dans la mise en place du démonstrateur. L'ajout de béton cellulaire, déchet de BTP, a par exemple permis de réduire le poids du substrat grâce à sa grande porosité.
- ♣ Sa capacité à retenir l'eau : juste ce qui est nécessaire. Le substrat choisi retient l'eau suffisamment pour que les cultures ne soient pas en déficit entre deux arrosages mais assez peu pour ne pas dépasser le poids maximal applicable au toit.

Les cultures

Une quarantaine de variétés de fruits, légumes aromates et fleurs est produite annuellement sur le DemAU mais cette étude se concentrera sur la production de salades, fraises et tomates (figure 4).

En 2023, deux variétés de salades (*Lactuca sativa*) ont été produites : Sinisa, une laitue beurre pommée rouge et Liboga, une batavia blonde, à la fois sur les bacs et jardinières mais également en aéro-hydroponie et en aquaponie.

La fraise (*Fragaria sp.*), espèce phare du démonstrateur, est produite sur bac et trois variétés sont cultivées : Cijosée, Mara des bois et Madame Moutot.

Enfin, cinq variétés de tomates (*Solanum lycopersicum*) sont présentes sur le démonstrateur : Marmande (variété à côtes, de calibre moyen), Poire Jaune (variété de tomate cerise), Hawaiian Pineapple (variété ancienne, orangée), Ace 55 (variété à port déterminé, fruits ronds de calibre moyen) et Blush (variété de tomate cocktail allongée, jaune orangée). Ces cinq variétés de tomates ne sont pas toutes produites sur tous les modes de production. Seules les variétés Ace 55 et Blush sont cultivées sur tous les modes de productions, les variétés Marmande, Yellow Pearshaped et Hawaiian Pineapple étant produites sur bacs uniquement.

Sur tous les modes de production mais d'autant plus sur les bacs et jardinières, les cultures sont implantées le plus densément possible (les limites étant fixées par ce que les plantes peuvent supporter et par le poids du bac, toujours en lien avec la portance du toit).

Toutes les cultures sont produites en association, au moins deux espèces sont présentes sur chaque bac et des plantes aromatiques ou fleurs sont souvent implantées en bord de bac (figure 5). Ces associations permettent de produire le plus possible sur des surfaces faibles tout en fournissant aussi des services tels que la lutte contre les ravageurs (en les repoussant ou en attirant des auxiliaires).

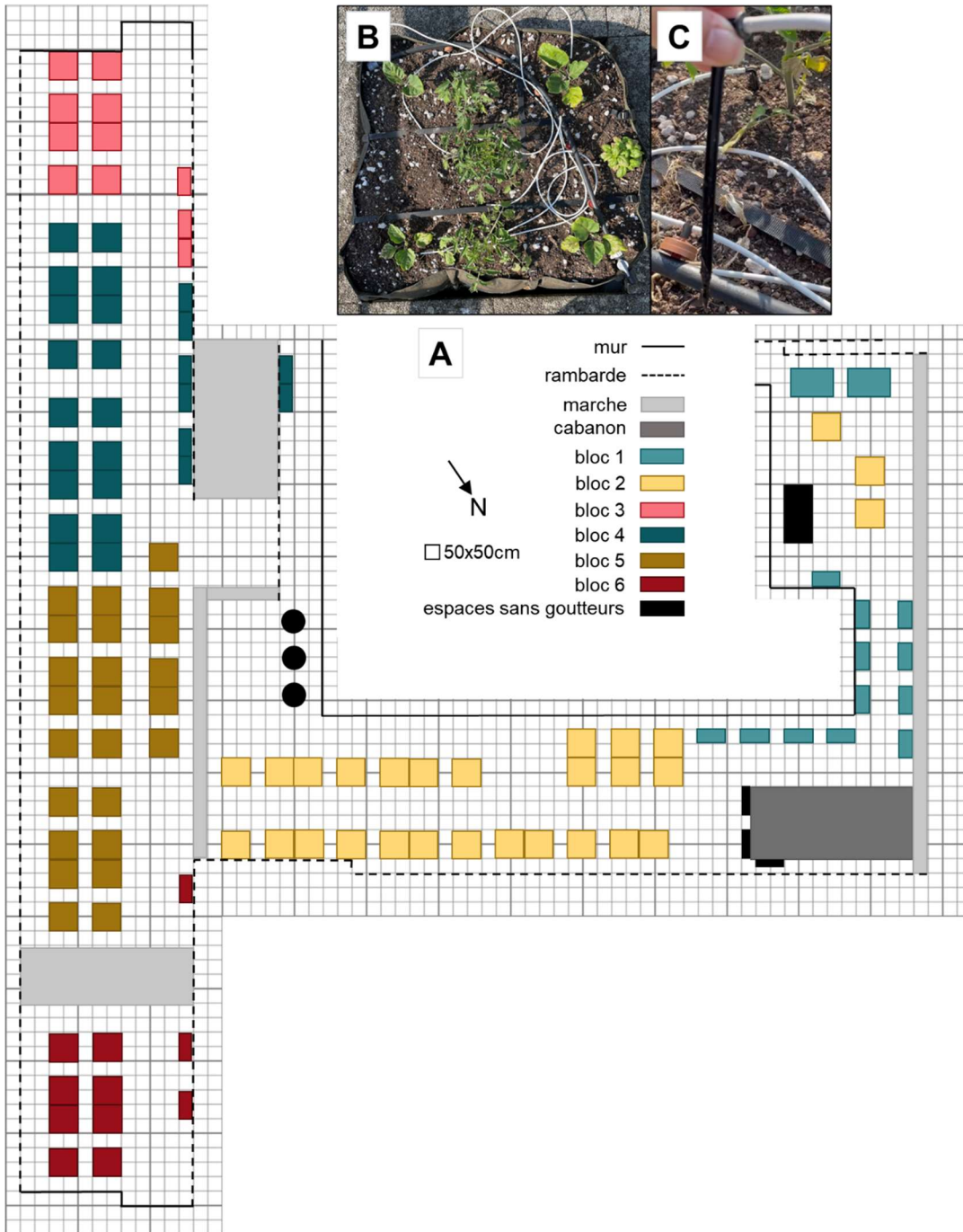


Figure 6 : Plan des blocs d'irrigation du DemAU (A) et photographie d'un bac de culture (B) et d'un goutteur (C) (Lucie Richer, 2023)

Irrigations et apports nutritifs

L'arrosage des bacs et jardinières se fait par un système de goutteurs. Chaque bac accueille dix goutteurs et chaque jardinière en accueille cinq. Ce système, économique en eau, permet d'apporter la quantité nécessaire au développement des plantes, au plus près de ces dernières. Afin de pouvoir moduler l'arrosage en fonction des cultures, différentes durées sont programmables sur les différents blocs d'irrigations (figure 6). Les différentes cultures peuvent ainsi être regroupées sur les différents blocs en fonction de leurs besoins en eau.

Sur les bacs et jardinières, un apport d'engrais est fait sous la forme de granulés, un mélange de compost végétal et de fumier de bovins, équidés et volailles ayant un ratio N-P-K de 9:1:10 ainsi que sous la forme d'un engrais foliaire.

Bien que le DemAU ne soit pas labélisé Agriculture Biologique, car la production est hors-sol, tous les intrants (semences, plants, engrais...) utilisés dans les bacs suivent le cahier des charges du label.

La fertilisation du bassin aquaponique est faite par les déjections des poissons du bassin mais un engrais spécifique (Terra Aquatica® Aquaponic Mix) est ajouté régulièrement afin de garantir des concentrations en potassium.

La fertilisation des tours est faite par ajout d'engrais minéral (de marque Terra Aquatica®)

Les débouchés de production

En 2021 et 2022, les fruits et légumes produits sur le DemAU étaient donnés à des associations caritatives alimentaires, via l'association SOLAAL.

A partir de juin 2023, la production est entièrement vendue au restaurant L'entrecôte d'Agapè, un restaurant d'école de production grâce à un partenariat mis en place entre les deux structures. Ce partenariat ultra-local permet de valoriser la production du DemAU mais également de soulever les problématiques rencontrées par les formes marchandes d'agriculture urbaine : organisation des récoltes, partenariats, stockage...

2.2. Rendements et qualités

Afin de comparer les différentes variétés et les différents modes de productions présents sur le démonstrateur, plusieurs caractéristiques sont observées à chaque récolte, servant ainsi d'indicateurs de rendements et qualités. La période de stage s'arrêtant mi-août les données seront récoltées jusqu'au 10 août 2023 et comparées avec les données des années précédentes jusqu'à cette date.

Masse de fruits et légumes récoltés et rendement

A chaque récolte, les fruits et légumes considérés comme commercialisables sont pesés en fonction de leur mode de production et de leur variété.

Ces masses sont ensuite ramenées aux surfaces cultivées (par variétés et modes de production) afin d'obtenir un rendement en kg/m².

Qualité commercialisable

A chaque récolte, sont mis de côté et pesés les fruits et légumes ayant un défaut les rendant non-commercialisables. Le calcul suivant peut alors être fait :

$$\frac{\text{Masse commercialisable (kg)}}{\text{Masse commercialisable + non commercialisable (kg)}} \times 100$$
, soit le pourcentage que représente la part commercialisable sur la production.

La production étant distribué en circuit court, les critères de qualités sont moins stricts que ceux de la grande distribution par exemple. Sur le DemAU, seront considérés comme commercialisables les fruits et légumes ayant un calibre considéré comme suffisant et étant consommables malgré la possible présence de défauts.

Qualité gustative

Une étude de la qualité gustative est réalisée sur les fruits (fraises et tomates) produits sur le DemAU. La qualité gustative est dépendante de nombreux facteurs, y compris de l'appréciation de chacun. Dans cette étude, elle sera approchée par la mesure du taux de sucre (à l'aide d'un refractomètre) des fruits récoltés, toujours en fonction de leur variété et du mode de production.

2.3. Biodiversité

Le terme biodiversité décrit le plus souvent la richesse en espèces d'un écosystème. Cependant, dans le cadre agricole, plusieurs biodiversités peuvent être décrites :

- ♣ la biodiversité planifiée, c'est-à-dire la diversité des espèces et variétés végétales cultivées.
- ♣ la biodiversité associée, c'est-à-dire la diversité des espèces sauvages. La biodiversité associée peut être répartie en deux sous-catégories :
 - la biodiversité para-agricole, qui produit des services ou des disservices pour l'agriculture (auxiliaires et ravageurs, adventices...),
 - la biodiversité extra-agricole, qui est hébergée dans les écosystèmes agricole mais sans impact sur la production (Bockstaller et *al.*, 2019).

Dans le cadre de cette étude, nous nous concentrerons sur la biodiversité para-agricole puisque, regroupant les ravageurs et les auxiliaires, c'est elle qui présente le plus d'enjeux pour les agriculteurs. En effet, les ravageurs sont la cause de lourdes pertes de rendement (Jeannequin et al., 2015). La multiplication des ravageurs et le développement de maladies peuvent être d'autant plus difficiles à maîtriser avec l'écologisation des pratiques agricoles depuis quelques années (Navarrete et al., 2012). Dans ce contexte, les auxiliaires sont clés pour restreindre le développement de certains ravageurs et leur présence doit donc être surveillée et encouragée.

Dans le cadre de cette étude, sera étudiée la biodiversité para-agricole faunistique, tels que les ravageurs et auxiliaires, les pollinisateurs ainsi que la vie du sol.

Ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs

La biodiversité faunistique regroupe différents groupes dont les mammifères et oiseaux, les insectes et arachnides ainsi que les gastéropodes (limaces et escargots). Elle regroupe ainsi une grande partie des ravageurs, organismes entraînant des dégâts sur les plantes cultivées, et des auxiliaires, organismes agents de lutte contre les ravageurs (Ephytia INRAE, 2015). L'étude se concentrera sur l'études des invertébrés.

Afin d'étudier la diversité et l'abondance des auxiliaires et ravageurs, un suivi hebdomadaire est mis en place, s'appuyant sur les protocoles de Surveillance Biologique du Territoire (SBT). Chaque semaine, pour chaque espèce étudiée et chaque mode de production vingt plantes (quand cela est possible) sont sélectionnées au hasard et observées. La présence des ravageurs est notée par un pourcentage de plante atteinte et le nombre d'auxiliaire de chaque groupe est compté (**annexe I**).

Afin de compléter les observations précédentes, un relevé photographique inspiré du protocole de science participative Spipoll, est réalisé de façon hebdomadaire. Bien que le protocole Spipoll soit initialement réalisé pour observer les pollinisateurs, sont également relevés ici les auxiliaires présents, pendant 15 minutes de déambulation dans les rangs de la production étudiée.


Les pollinisateurs sont identifiés, comptés et classés dans les ordres auxquels ils appartiennent (**annexe II**).

PROTOCOLE DU TEST BÊCHE VERS DE TERRE



Le test bêche est un protocole simple à mettre en place pour étudier les vers de terre. Il est particulièrement adapté pour les observer sur de petites surfaces comme dans un jardin potager, un parterre de fleur...

MATERIEL NECESSAIRE

-  Une bêche plate
-  Un seau ou un bac en plastique
-  Une boîte à bord haut
- Un mètre ou une règle 
- Une clé d'identification des vers de terre 

ETAPE 1

EXTRACTION DU BLOC DE SOL

- Extraire à l'aide de la bêche un bloc de terre de 20x20x25 cm
 - Déposer le bloc dans un bac ou un seau
- L'extraction doit être la plus rapide possible pour éviter la fuite des vers de terre*



ETAPE 2

RECUPERATION DES VERS DE TERRE

- Effriter les mottes pour récupérer les vers
- Déposer les vers de terre dans une boîte remplie d'eau



ETAPE 3

IDENTIFICATION DES VERS DE TERRE

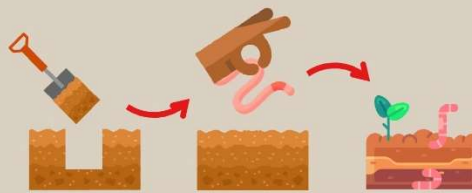
- Laver délicatement les vers de terre et les poser sur une surface unie, claire
- Les identifier à l'aide de la clé d'identification
- Compter les vers de terre en fonction de leurs groupes



ETAPE 4

FIN DU PROTOCOLE

- Reboucher le trou avec la terre
- Déposer les vers de terre à la surface



ETAPE 5

Le protocole test-bêche est à réaliser sur 6 blocs. Répétez donc ce protocole sur 5 autres blocs; sur le même sol pour réaliser des réplicats et affiner vos résultats ou sur différents sols pour rendre compte de l'hétérogénéité des sols de votre jardin par exemple.

D'après OPVT, 2015 - Clé d'identification de lombriciens en 4 groupes fonctionnels. Université de Rennes 1/CNRS - OSUR - UMR Ecobio

Figure 7 : Affiche décrivant le protocole test bêche vers de terre (Lucie Richer, 2023)

Afin de comparer les lieux, une analyse par positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS, Non-metric MultiDimensional Scaling) est réalisée. Le but de cette méthode est de représenter les positions de communautés (abondances de différences espèces, la représentation originelle est donc faite dans un repère multidimensionnel difficilement visualisable) dans un nombre réduit de dimension. Contrairement à une Analyse en Composante Principale (ACP), la NMDS est basé sur des distances non-métriques, elle utilise le rang et non les distances absolues. Elle est donc plus flexible qu'une ACP puisque tous types de données et mesures de distances peuvent être utilisées.

Vie du sol

La biodiversité du sol exerce une forte influence sur la production puisqu'elle impacte les paramètres du sol : dégradation de la matière organique, aération... Seront ici étudiés les vers de terre présents et la population microbienne du sol.

Bien que le DemAU soit un lieu de production hors-sol, et que les bacs de production n'aient pas été ensemencés des vers de terre sont observables. De nombreuses hypothèses peuvent expliquer leur présence (œufs dans les mottes des plants, apportés par les oiseaux...) mais nous ne chercherons pas ici à l'expliquer. Afin de vérifier la présence des vers de terre et de les identifier, un test bêche est donc réalisé. Il consiste à compter et identifier les vers de terre présents dans des blocs de terre extraits des bacs de culture et est ainsi particulièrement adapté à des observations sur des petites surfaces (figure 7).

La population microbienne du sol permet la dégradation finale de la matière organique, rendant ainsi disponibles pour les plantes le carbone et les éléments nutritifs (Chantigny et Angers, 2005). Cependant, l'étude de la diversité microbienne peut être complexe et coûteuse à mettre en place. Dans ce cadre, l'activité biologique, c'est-à-dire la vitesse de décomposition de la matière organique par les microorganismes, peut constituer un indicateur intéressant. Ainsi, afin d'étudier cette activité, le protocole du Tea Bag Index (TBI, Indice du Sachet de Thé) est mis en place (TeaTime4Sciences, 2016) (figure 8).

PROTOCOLE POUR DETERMINER L'ACTIVITE BIOLOGIQUE DU SOL



L'activité Biologique du sol correspond à la capacité qu'ont les microorganismes pour dégrader la matière organique dans le sol. La méthode des sachets de thé, à faible coût et simple à mettre en place, permet le calcul de deux paramètres : S, représentant la part de matière organique stabilisée et k, sa vitesse de décomposition.

MATERIEL NECESSAIRE



Sachets de thé vert

Balance de précision (0,01g)

Sachets de thé Rooibos

Piquets

Idéalement : thé verts Sencha (LIPTON) et thé Rooibos infusion (LIPTON)

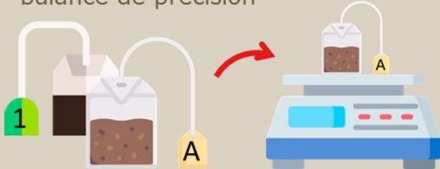
Etuve



ETAPE 1

PREPARATION

- Identifier les sachets de thé de façon individuelle
- Peser chaque sachet à l'aide d'une balance de précision



ETAPE 2

ENTERER LES SACHETS DE THE

- Enterrer 1 sachet de chaque thé (espacés de 15cm) à 8cm de profondeur
 - Laisser dépasser les étiquettes et marquer les emplacements à l'aide de piquets
- Réaliser 3 répliqués en les espaçant d'1 m.*



ETAPE 3

DETERRE LES SACHETS DE THE

- Environ 3 mois après avoir enterré les sachets de thé, les déterrer délicatement en faisant attention de ne pas les déchirer
 - Nettoyer les sachets en retirant le plus de terre et de racines possible
- Attention : nettoyer les sachets sans eau pour éviter les pertes de matière.*

ETAPE 4

SECHAGE ET PESEE DES SACHETS DE THE

- Faire sécher les sachets dans une étuve (entre 60 et 70 °C pendant 48h)
- Peser chaque sachet de thé



ETAPE 5

Rentrer toutes les données (environnements, dates, masses des sachets de thé avant et après...) dans le fichier excel fourni (téléchargeable sur le site www.teatime4science.org) afin de calculer les paramètres S et k.

D'après Keuskamp, J.A., Dingemans, B.J.J., Lehtinen, T., Sarneel, J.M. and Hefting, M.M. (2013), Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods Ecol Evol*, 4: 1070-1075. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12097>

Figure 8 : Affiche décrivant la méthode des sachets de thé pour l'étude de l'activité biologique des sols (Lucie Richer, 2023)

Ce protocole permet le calcul de deux paramètres : k et S correspondant respectivement à la vitesse de décomposition se basant sur le modèle de décomposition représenté par une asymptote et au facteur de stabilisation. Cependant, il a été démontré que la méthode ne permet pas une approximation parfaite de ces deux paramètres (Mori, 2022). De plus, les thés utilisés dans cette étude n'étant pas ceux référencés par la méthode, certains paramètres de calculs ne sont pas adaptés rendant des résultats biaisés. Seront ainsi calculés dans cette étude deux paramètres, la vitesse moyenne de dégradation du thé Rooibos (mg/jour) et le taux de décomposition du thé vert (%). Le thé Rooibos étant plus difficile à dégrader, il permet de calculer la vitesse de dégradation simplement (la vitesse étant le coefficient directeur de la courbe de dégradation ici approché à un modèle linéaire).

2.4. Comparaison à l'agriculture périurbaine

Afin de fournir des références, certains des protocoles présentés précédemment sont mis en place dans une exploitation maraichère biologique d'une dizaine d'hectares en périphérie d'Angers. Comme sur le démonstrateur, les ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs sont observés sur toutes les cultures, une fois par semaine. De même, des comptages de vers de terre sont réalisés et la méthode des sachets de thé est mise en place.

Les rendements moyens en tomates, fraises et salades de l'exploitation seront également étudiés.

Il est important de préciser que cette exploitation nous servira d'exemple pour l'agriculture périurbaine et non pas de représentant de cette dernière.

Outil de comparaison

Afin de comparer les résultats obtenus sur le démonstrateur avec ceux de l'agriculture périurbaine, des indicateurs de production et de biodiversité, associés à des échelles de notation, sont créés, basés sur les protocoles de cette étude : rendements en fraises, salades et tomates, équilibre ravageurs/auxiliaires, présence des pollinisateurs, activité biologique du sol et présence des vers de terre (**annexe III**).

(les données ici représentées sont celles collectées jusqu'au 10 août de chaque année)

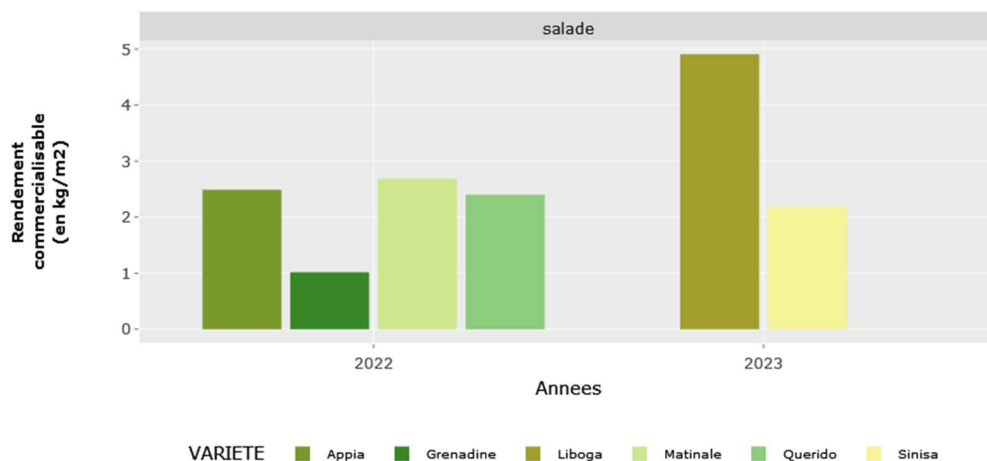


Figure 9 : Rendements commercialisables des différentes variétés de salades en fonction des années (Lucie Richer, 2023)

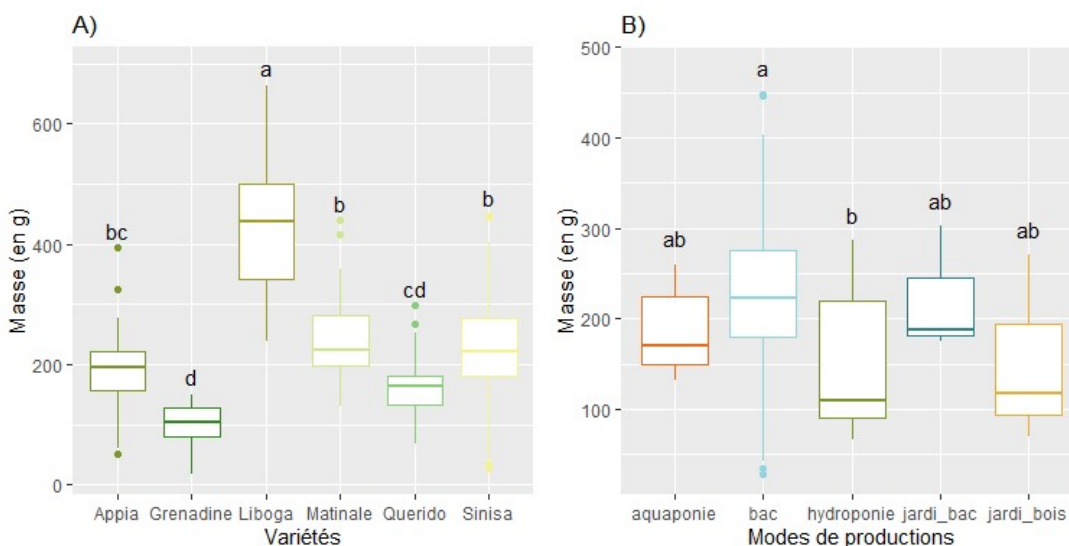


Figure 10 : Masse des salades récoltées ± 65 jours après plantation sur le DemAU en fonction des variétés cultivées sur bac (A) et en fonction des modes de production pour la variété Sinisa (B) (Lucie Richer, 2023)

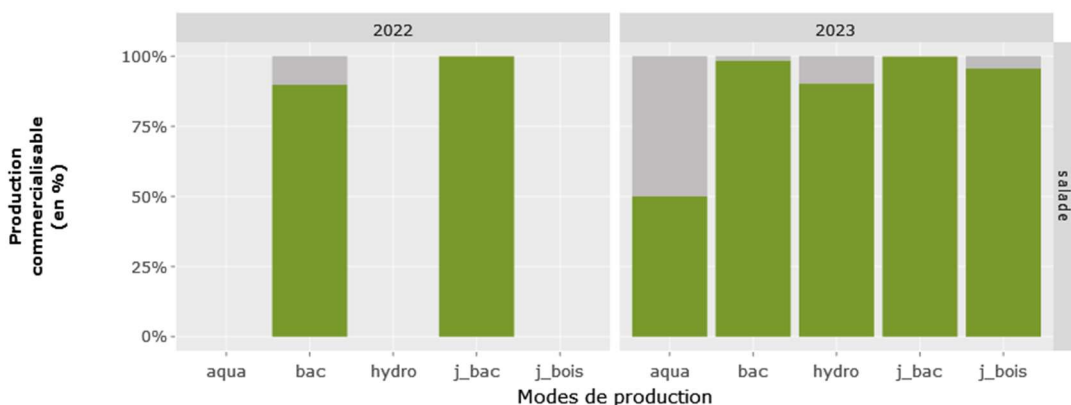


Figure 11 : Qualité commerciale des salades en fonction des modes de production (Lucie Richer, 2023)

3. RESULTATS

3.1. La production

Les salades

Les salades étant pesées individuellement en 2022 et 2023, des analyses statistiques ont pu être réalisées.

Les années

Afin de comparer les rendements en fonction des années, on compare les variétés similaires : Liboga et Matinale (laitues Batavia) et Sinisa et Querido (laitues rouges). Dans les deux cas, des rendements plus élevés sont observés en 2023 (4,909 kg/m² pour Liboga et 2,181kg/m² pour Sinisa) par rapport à 2022 (2,686 kg/m² pour Matinale et 1,017kg/m² pour Grenadine) (figure 9).

Les variétés

L'interaction entre les modes de production et les variétés n'étant pas négligeable, on compare les différentes variétés pour chaque mode de production.

Parmi les différentes variétés produites sur bac, Liboga se démarque particulièrement, formant des salades très pommées au poids important (429g en moyenne). Au contraire, les salades de variété Grenadine ont la masse moyenne la plus faible : 101g. Les autres variétés ont toute une masse moyenne similaire, aux alentours de 204g (figure 10).

Pour les salades, la qualité commercialisable, notamment en vente directe, est conditionnée par une masse d'au moins 100g et peu de dégâts de ravageurs. Dans ces conditions toutes les variétés cultivées, sauf Grenadine (75,52%), atteignent un pourcentage commercialisable d'au moins 90%.

Les modes de production

Pour les salades de variétés Sinisa et Liboga, aucune différence significative n'est observée entre les salades produites sur tours hydroponiques et celles produites en aquaponie (figure 10 et **annexe IV**). Pour les quatre variétés cultivées en 2022 (Appia, Matinale, Querido, Grenadine), les salades ont un poids significativement plus important quand cultivées en jardinières en toile par rapport à celles cultivées en bacs (**annexe IV**).

La qualité commercialisable dépend de la variété mais peut également dépendre du mode de production : des qualités plus faibles en hydroponie et en aquaponie sont observés (90,19% et 50,01% respectivement) (figure 11).

Les tomates

Dans un but d'efficacité et de rapidité des récoltes, les tomates sont pesées en fonction de leurs modes de production et de leurs variétés, mais sans réplicats

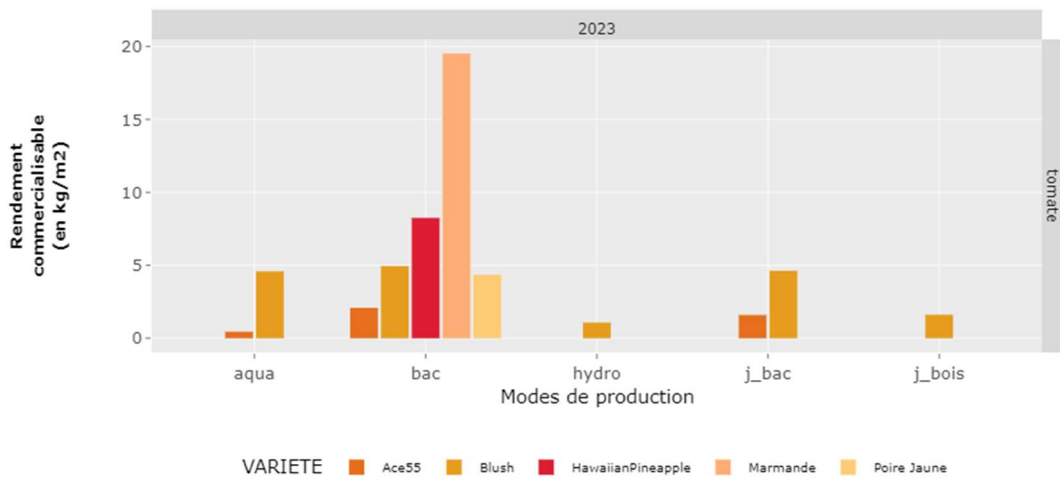


Figure 12 : Rendements commercialisables des différentes variétés de tomates en fonction des modes de production (Lucie Richer, 2023)

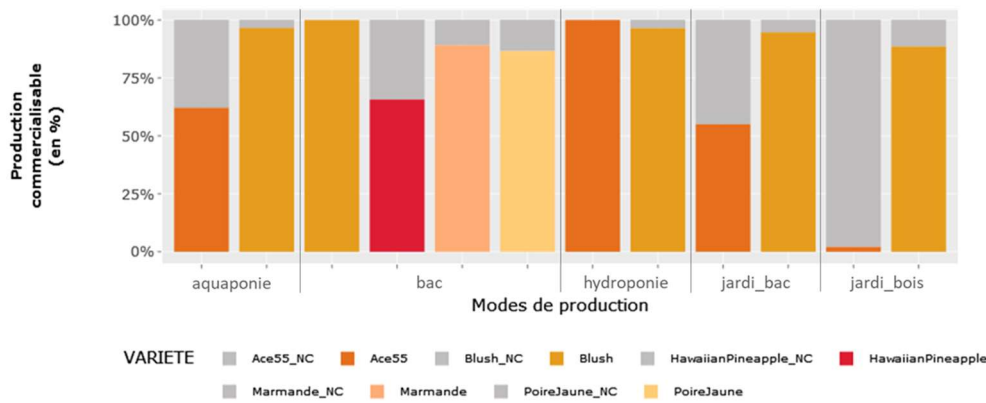


Figure 13 : Qualité commerciale des tomates en fonction des variétés et modes de production (Lucie Richer, 2023)

(masses par bac de culture ou par pied). Ainsi seules des observations peuvent être faites sur les résultats, sans test significatif.

Les années

Un rendement de 9.263 kg/m² de tomates est observé au 10 août 2023. Pour comparaison, le rendement sur bac à la même date en 2022 était de 5.556 kg/m² et de 1.194 kg/m² en 2021. Cette différence s'explique par un démarrage plus précoce des récoltes et notamment des récoltes de tomates de moyen à gros calibre que sont les Marmande et les Hawaiian Pineapple. En effet, 29.547 kg de tomates sont récoltées en semaine 31 (2023) alors que seulement 5.314 kg sont récoltés cette même semaine 31 en 2022 et 3.101 kg en 2021. Ce démarrage plus précoce peut s'expliquer par plusieurs facteurs dont les conditions météorologiques de 2023 : des températures moyennes moins extrêmes qu'en 2022 (température moyenne maximale en juin et juillet de 29,4 et 29,5 en 2022 et de 27,5 et 25,7 en 2023) mais légèrement plus chaudes qu'en 2021 (température moyenne maximale en juin et juillet de 24,2 et 24,5 en 2021) et des précipitations plus constantes, avec moins de périodes de sécheresse (**annexe V**).

Les variétés

Toutes les variétés de tomates présentes sur le DemAU ne sont pas comparables puisque produisant des types de tomates différents (calibres différents). On peut cependant noter que parmi les variétés à gros et moyen calibre (Hawaiian Pineapple, Marmande et Ace 55), la variété Marmande fournit le meilleur rendement : 19,514 kg/m² (figure 12).

Les principaux défauts rendant une tomate non commercialisable sont la présence de dégâts de ravageurs (oiseaux, escargots, chenilles...) ou de dégâts physiologiques (fendillement, pourriture apicale...). Ces dégâts expliquent le faible pourcentage commercialisable de tomates Hawaiian Pineapple (65,65%), particulièrement appréciée des escargots et des tomates de variétés Ace 55 (77, 62%) plus touchées par la pourriture apicale (figure 13).

Les modes de productions

Les tomates de variétés Blush étant produites sur tous les modes de productions du DemAU, elles sont idéales pour les comparer.

Pour ce qui est du rendement, les meilleurs sont obtenus sur bacs et jardinières ainsi que sur aquaponie (4,942 kg/m², 4,625 kg/m² et 4,583 kg/m² respectivement). Un rendement plus faible est obtenu sur les tours hydroponiques (1.072). Ce rendement plus faible est certainement expliqué, non pas par la productivité des plants, mais par le ratio entre la masse récoltée et la surface occupée par les tours. En effet, 10 pieds de tomates Blush sont plantés sur les trois tours occupant alors environ 3m² au sol.

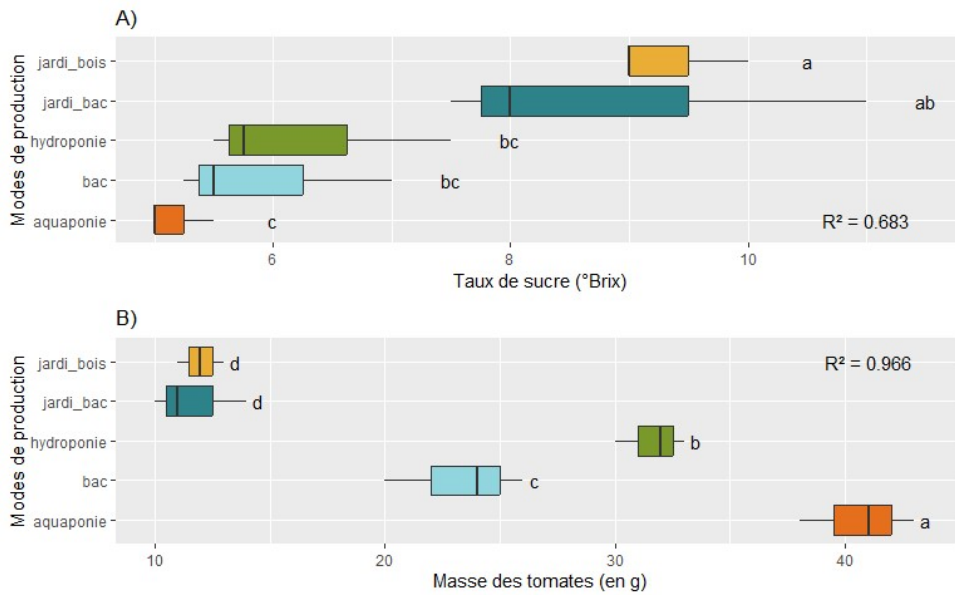


Figure 14 : Taux de sucre (A) et masses (B) des tomates de variétés Blush sur les différents modes de productions du DemAU (Lucie Richer, 2023)

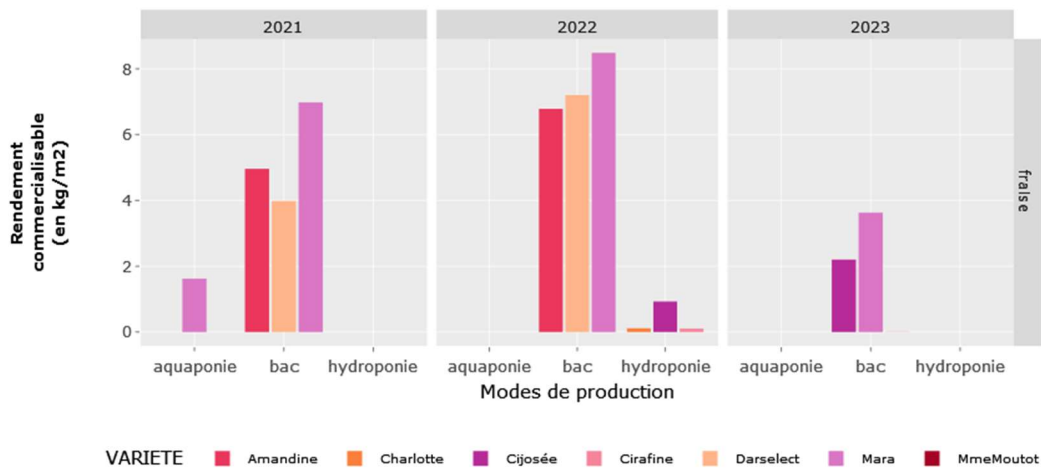


Figure 15 : Rendement commercialisable de fraise en kg/m² au 10 août, en fonction des années, des variétés et des modes de productions (Lucie Richer, 2023)

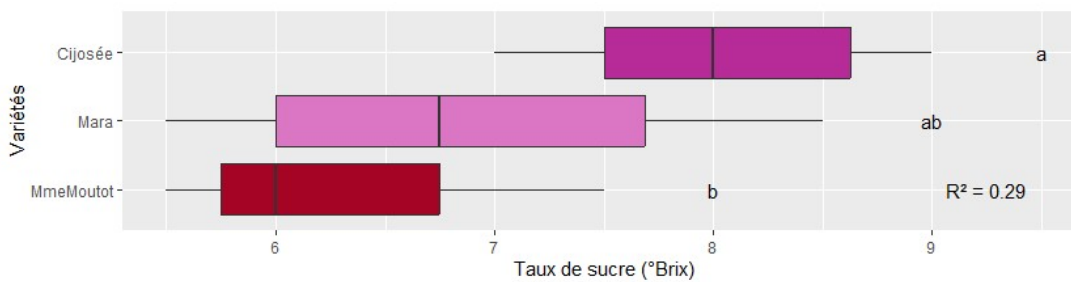


Figure 16 : Taux de sucre des différentes variétés de fraises produites sur le DemAU

Pour ce qui est de la qualité commercialisable, les pourcentages de production commercialisable sont similaires sur tous les modes de production, toujours supérieurs à 90%, sauf sur jardinières en bois où un arrosage plus irrégulier fait baisser le pourcentage commercialisable à 88% (figure 13).

Les tomates les plus sucrées sont obtenues sur les jardinières en bois et les moins sucrées sont celles produites sur aquaponie (figure 14). Il est à noter que le taux de sucre est directement corrélé ($r=-0.83$) aux poids des fruits, les tomates produites en aquaponie ayant un calibre bien supérieur à celles produites en jardinières. Cependant, malgré un taux de sucre plus faibles sur certains modes de production, il est à noter que les tomates Blush du DemAU, ont un degré Brix moyen de 7.1 (tous modes de productions confondus) supérieur à la référence de 6.7 °Brix mesurée par Mazollier, 2022 (culture biologique greffée sous-abris).

Les fraises

De même que pour les tomates, les résultats présentés pour les fraises sont des observations, la réalisation de tests significatifs n'étant pas possible.

Les années

Malgré ses conditions climatiques favorables qu'en 2022, l'année 2023 a été peu productive pour les fraises du démonstrateur. Ayant subi de fortes attaques de larves de tenthrede, la surface foliaire de certains plans a été largement réduite, entraînant une baisse de rendement important par rapport aux années précédentes (figure 15). Au 10 août 2023, un rendement de 3,628 kg/m² en Mara des bois est obtenu alors qu'à la même date en 2022, le rendement en Mara des Bois était de 8,485 kg/m² et de 6,980 kg/m² en 2021.

Les variétés

Pour ce qui est du rendement, les fraises Mara des bois ont un rendement supérieur au rendement des fraises de variété Cijosée (3,628 kg/m² et 2,201 kg/m² respectivement) (figure 15).

Chez les fraises, la qualité des fruits est conditionnée par l'absence de dégâts de ravageurs, de dégâts physiologiques ou dus aux conditions climatologiques. Dans ces conditions, les variétés Cijosée et Mara des bois ont un pourcentage commercialisable similaire d'environ 87%. La variété Mme Moutot, une variété ancienne, a été particulièrement décevante, avec des fraises de très petits calibres non caractéristiques de la variété, n'atteignant presque jamais le degré de maturité nécessaire à leur récolte.

Les fraises de la variété Mme Moutot sont les moins sucrées des trois avec un taux de sucre moyen de 6.33 °Brix. Les fraises de la variété Mara des bois ont un taux de sucre moyen de 6.90 °Brix et celles de variété Cijosée un taux de 8.06 °Brix (figure 16). Les fraises du DemAU, et particulièrement celles de variété Mme Moutot et

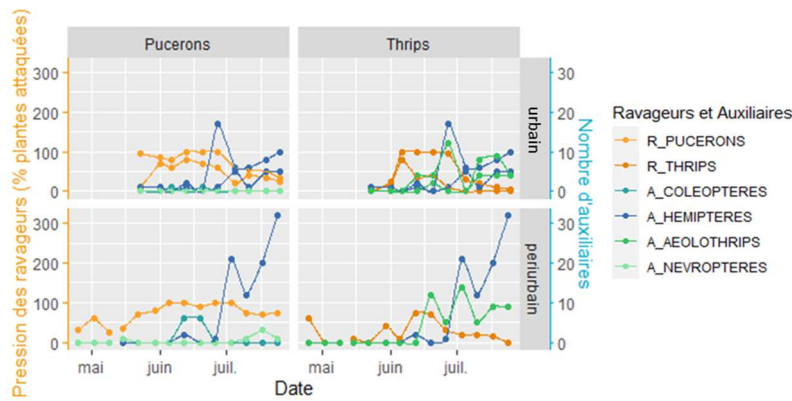


Figure 17 : Dynamiques des populations des couples ravageurs/auxiliaires étudiés en fonction de la date et du lieu de production des tomates (Lucie Richer, 2023)

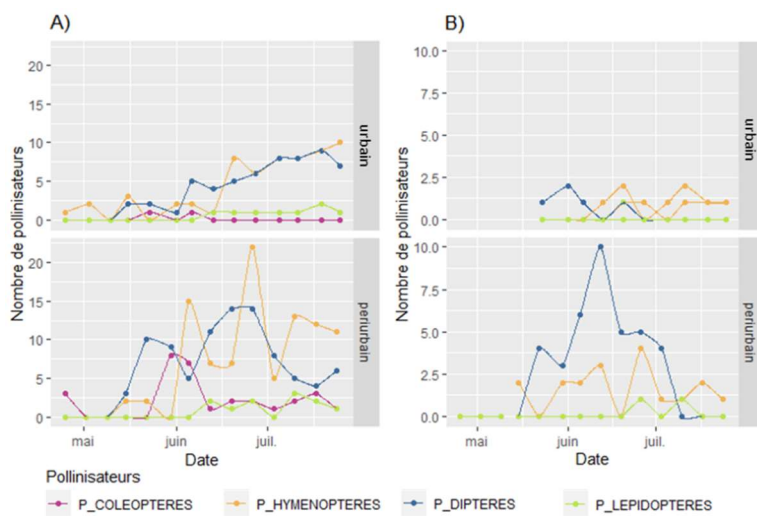


Figure 18 : Dynamiques des populations de pollinisateurs en fonction de la date et du lieu de production des fraises (A) et tomates (B) (Lucie Richer, 2023)

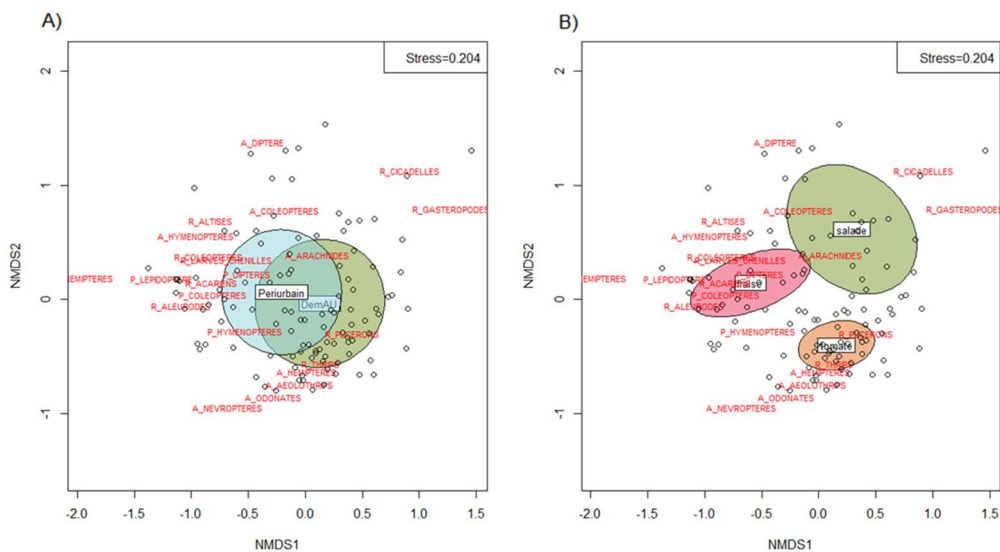


Figure 19 : Positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) selon la dissimilarité calculée par Bray-Curtis des données d'abondance des ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs en fonction du lieu de production (A) et de l'espèce végétale étudiée (B). (Intervalle de confiance des ellipses = 95%) (Lucie Richer, 2023)

Mara des bois, sont peu sucrées, le taux de sucre des fraises étant le plus souvent d'au moins 7 °Brix (Raynal Lacroix et Carmentran, 2001). Cependant, malgré leur taux de sucre plus faible, les Mara des bois sont préférées aux Cijosée, notamment pour leur goût se rapprochant de celui de la fraise des bois.

3.2. La biodiversité

Ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs

Le nombre de ravageurs et auxiliaires différents observé étant élevé et dans un souci de lisibilité des résultats ici présentés, nous nous intéresseront dans cette partie aux ravageurs que sont les pucerons et les thrips, en couple avec leurs auxiliaires régulateurs. Les coccinelles, punaises auxiliaires, chrysopes et syrphes (sous leur forme larvaire) sont les prédateurs principaux des pucerons et les aeolothrips et punaises auxiliaires sont ici considérés comme régulateurs des populations de thrips (**annexe I**)

Que ce soit sur salade, fraise ou tomate, les mêmes ravageurs et auxiliaires sont présents et leurs abondances semblent fluctuer de façon similaire au cours du temps (**annexe VI**). Sur tomate par exemple, on observe une pression des pucerons plutôt constante jusqu'à juillet où le pourcentage de plantes attaquées diminue. De même les auxiliaires régulateurs de thrips apparaissent sensiblement au même moment (début juillet) (figure 17).

Pour ce qui est de la présence des pollinisateurs, il semble qu'ils soient en moyenne moins présents sur le DemAU qu'en agriculture périurbaine (figure 18).

Afin de comparer la présence et abondance de chaque groupe de ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs étudiés dans chaque lieu, un positionnement multidimensionnel non-métrique est réalisé (figure 19). Chaque point représente un relevé. Ces derniers sont regroupés en fonction du lieu auquel ils ont été réalisés ou de l'espèce végétale étudiée dans des ellipses représentant un intervalle de confiance de 95%. En comparant tous les relevés, on peut voir que les populations de ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs ne sont pas différentes entre le DemAU et l'exploitation périurbaine mais le sont d'une espèce végétale à l'autre (figure 19).

Les mêmes analyses sont donc réalisées sur les observations, séparées par espèce végétale étudiée. Elles permettent de conclure que sur les salades et tomates les populations et abondances de ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs ne sont pas significativement différentes d'un lieu à l'autre. Au contraire, sur fraise, il y a une différence significative, notamment en ce qui concerne les ravageurs.

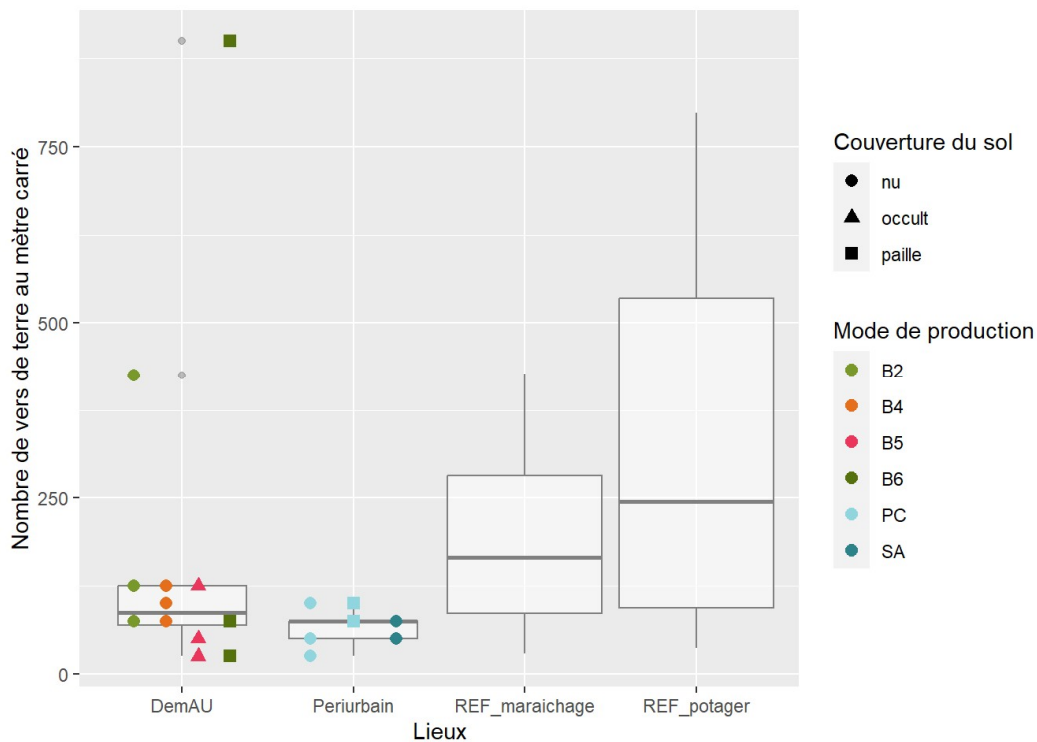


Figure 20 : Nombre de vers de terre en fonction du lieu de production et du sol (B2, B4, B5, B6 = numéros des blocs du démonstrateur, PC = Plein-Champ, SA = Sous-Abri les données REF_maraichage et REF_potager sont des données de références (OPVT, 2020)) (Lucie Richer, 2023)

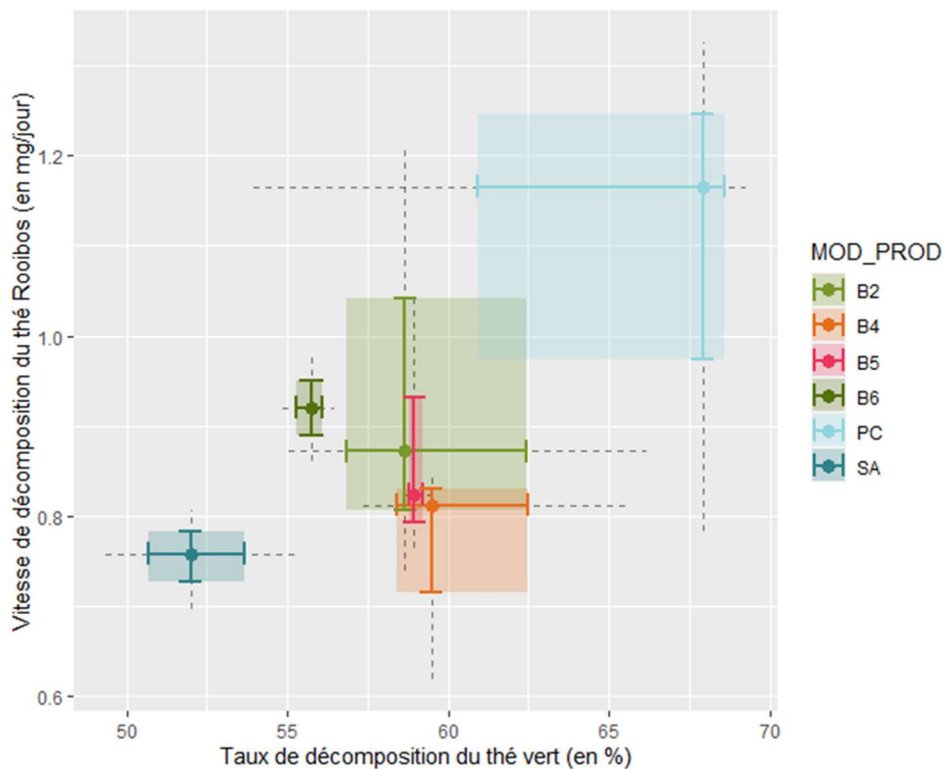


Figure 21 : Représentation graphique sous la forme de doubles boîtes à moustaches des résultats obtenus par méthode des sachets de thé. (B2, B4, B5, B6 = numéros des blocs du démonstrateur, PC et SA = Plein-Champ et Sous-Abri en agriculture périurbaine) (Lucie Richer, 2023)

Il y a en effet plus de thrips et d'acariens présents sur les fraises en agriculture péri-urbaine alors que plus d'altises, larves de tenthrèdes et coléoptères ravageurs (charançons) sont présents sur les fraisiers du DemAU (**annexe VII**).

Vers de terre

Les résultats du test bêche pour le comptage des vers de terre montrent une faible présence des vers de terre sur nos lieux d'étude. En effet, le nombre de vers de terre au mètre carré médian des lieux étudiés, 87,5 vers/m² sur le DemAU et 75 vers/m² sur l'exploitation périurbaine, est inférieur à la médiane de référence en maraichage (165,3 vers/m²) (figure 20). De plus, il n'y a pas de différence significative entre les deux lieux étudiés mais une variabilité plus grande est observée sur le DemAU. Cette variabilité est certainement due au fait que les bacs ne sont pas communicant : un bac peut donc être très peuplé alors que son voisin ne contient presque pas de vers de terre.

Lors du comptage des vers de terre ces derniers sont identifiés en fonction du groupe fonctionnel auquel ils appartiennent. Les résultats, étudiés par NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling), montrent qu'il n'y a pas de différence entre les deux lieux étudiés. De même, il n'y a pas de différence entre les populations de vers de terre en fonction des modes et blocs de production, de la technique appliquée au sol (paillage, occultation, aucune), et de l'espèce implantée sur la zone étudiée (**annexe VIII**).

Activité biologique du sol

Les résultats obtenus par la méthode des sachets de thé montrent une activité plus importante en agriculture périurbaine plein champ (figure 21). Le thé vert (plus facile à dégrader) est dégradé à 63% en moyenne en plein champ contre 59% en moyenne sur le démonstrateur (tous blocs confondus). C'est en agriculture péri-urbaine sous-abri que le thé vert est le moins dégradé (52% en moyenne). On observe des comportements similaires pour ce qui est de la vitesse de dégradation du thé Rooibos (plus difficile à dégrader), 1,10mg/jour sont dégradés en plein champ, 0,85mg/jour dans les bacs du DemAU et 0,75mg/jour sous-abris. Ainsi, si l'activité biologique dans les bacs du DemAU n'est pas aussi importante qu'en agriculture plein champ périurbaine, elle reste plus forte qu'en agriculture périurbaine sous abri. On peut donc conclure que l'activité biologique dans les bacs du DemAU ne diffère pas de celle des sols de l'agriculture périurbaine ce qui prouve que, même en contexte urbain et dans un substrat initialement inerte, une activité biologique est bien présente.

4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

4.1. Les suivis et données récoltées

Le contexte de cette étude, sur le terrain et en condition d'entreprise a contribué aux insuffisances méthodologiques pouvant être relevées.

Les rendements étant calculés sans réplicats, seules des observations peuvent être réalisées, sans conclusion définitives. La répétition des protocoles ici utilisés lors des prochaines années de production seront la clé pour conclure finalement des observations ici faites.

De nouveaux protocoles pourront également être mis en place. Une étude complète sur la qualité gustative des fruits et légumes produits pourrait être conduite, en étudiant à la fois des paramètres organoleptiques mais également les résultats d'analyses sensorielles afin de mettre en avant les différences ou, au contraire, les ressemblances entre fruits et légumes produits en différents lieux : urbains, périurbain, rural, sur différents modes de production...

Il serait intéressant de poursuivre le suivi des ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs afin d'étudier plus précisément les interactions entre biodiversité et production, en suivant par exemple le taux de fécondation des fleurs, les pertes de production dues aux ravageurs... Ces études permettraient de savoir si la biodiversité présente sur le DemAU est suffisante pour garantir des rendements satisfaisants ou si l'implantation de ruches et lâchers d'auxiliaires sont nécessaires pour les améliorer. Il est à noter cependant que les rendements et qualités observés (rendements satisfaisants et hautes qualités pour la plupart des cas étudiés) dans cette étude ne semblent pas soutenir complètement cette hypothèse.

Finalement, l'aspect commercial, la rentabilité, n'étant pas pris en compte dans cette étude, une étude des coûts de production pour chaque espèce, chaque variété et chaque mode de production devrait être réalisée afin de faire ressortir les techniques et variétés les plus adaptées à l'agriculture urbaine, c'est-à-dire produisant un rendement important, sur petite surface et en entraînant de faible coût.

4.2. Les résultats du DemAU

La production

Le résumé des rendements, qualités commercialisables et gustatives présenté dans le tableau 1 permet d'établir les conclusions suivantes sur les variétés et modes de productions du DemAU.

Les salades Liboga et Sinisa ont des calibres différents, les deux calibres restant intéressants d'un point de vue commercial :

Tableau 1 : Rendement et qualités des variétés étudiées sur les différents modes de production (Lucie Richer, 2023)

aquaponie	bac	hydroponie	jardi_bac	jardi_bois
-----------	-----	------------	-----------	------------

Rendement Commercialisable

FRAISES	Cijosée		2,201			
	Mara des bois		3,628			
	Mme Moutot		#N/A			
SALADES	Liboga	1,805	5,144	5,349		4,931
	Sinisa	0	2,352	2,175	3,694	3,421
TOMATES	Ace 55	0,446	#N/A	2,08	1,592	#N/A
	Blush	4,583	4,942	1,072	4,625	1,608
	Hawaiian Pineapple		8,247			
	Marmande		19,514			
	Poire Jaune		4,349			

Qualité Commerciale

FRAISES	Cijosée		87,04%			
	Mara des bois		87,21%			
	Mme Moutot		#N/A			
SALADES	Liboga	99,94%	98,85%	95,25%		99,85%
	Sinisa	0,00%	97,86%	85,14%	99,84%	91,23%
TOMATES	Ace 55	62,11%	#N/A	99,95%	54,96%	#N/A
	Blush	95,55%	99,94%	96,43%	94,60%	88,53%
	Hawaiian Pineapple		65,65%			
	Marmande		89,11%			
	Poire Jaune		86,56%			

Qualité Gustative

FRAISES	Cijosée		8,06			
	Mara des bois		6,9			
	Mme Moutot		6,33			
SALADES	Liboga					
	Sinisa					
TOMATES	Ace 55					
	Blush	5,16	5,92	6,25	8,83	9,33
	Hawaiian Pineapple					
	Marmande					
	Poire Jaune					

les gros calibres pouvant être vendus en grandes et moyennes surfaces mais également en vente directe et les plus petits calibres permettant un choix plus large en vente directe.

Les rendements en hydroponie sont intéressants car se rapprochant de ceux obtenus en bacs. Ce rendement peut d'autant plus être intéressant car de meilleurs pourcentages commercialisables peuvent être obtenus, notamment pour la variété Sinisa. En effet certaines salades de la variété Sinisa ont été récoltées plus tard sur les tours hydroponiques (jusqu'à 80 jours après plantation) et des maladies et dégâts physiologiques se sont alors développés sur les premières feuilles, les salades étant en parfait état jusqu'alors. Les masses plus faibles en aquaponie peuvent être expliquées par une attaque plus importante en puceron sur ce mode de production (sans que de liens soient fait entre le mode de production et la présence de ce ravageur). Finalement, bien que la densité de plantation des salades soit plus grande dans les jardinières que dans les bacs, l'apport nutritif est le même sur les deux modes de productions ce qui peut expliquer la masse plus importante des salades produites sur jardinières.

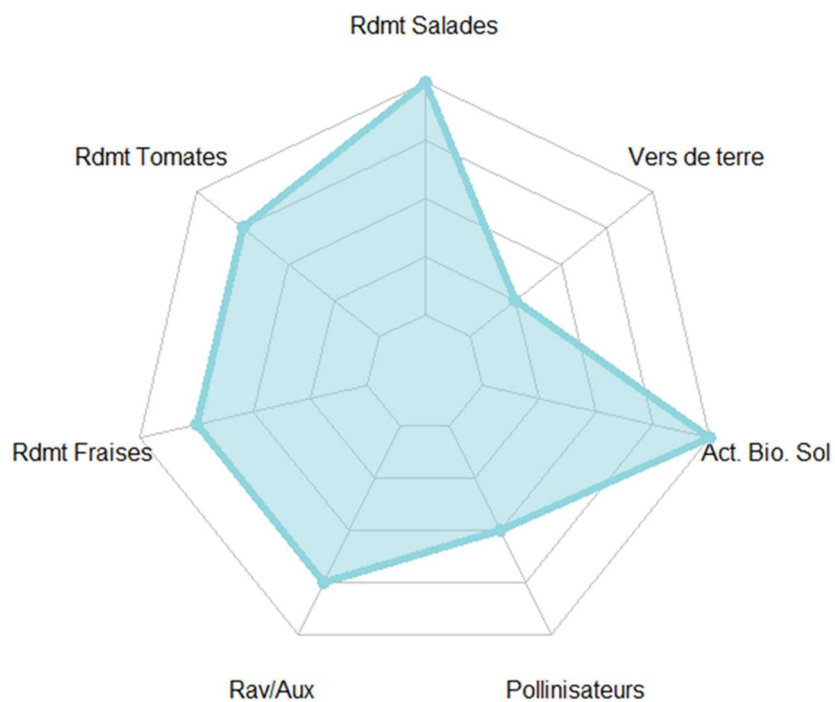
Bien que des conclusions définitives ne puissent être tirées, la production de tomates n'étant pas achevée, des dynamiques peuvent être identifiées. Parmi les variétés à gros et moyen calibres (Hawaiian Pineapple, Marmande et Ace 55), la variété Marmande produit un rendement excellent, avec peu de pertes. La variété Blush quant à elle semble s'adapter plutôt bien aux différents modes de production. Le rendement plus faible en hydroponie pourrait être au moins doublé par l'ajout de pieds supplémentaires en milieu de tour.

Pour ce qui est des fraises, la variété Mara des bois semble la plus intéressante à produire puisqu'elle a un meilleur rendement, même en condition de stress biotique, mais est également préférée gustativement.

La biodiversité

Bien que le DemAU soit en contexte urbain, une biodiversité s'est installée sur le toit sans que trop d'efforts soient fait pour la développer. En effet, l'amélioration de la biodiversité sur le DemAU repose principalement sur l'association entre cultures d'intérêts et plantes compagnes à rôle attractif pour les pollinisateurs et les auxiliaires. De même, sur la sphère du sol, aucun travail n'est effectué. Cependant, aucune ruche, hôtel à insecte, lâcher d'auxiliaires ou ensemencement du sol en vers de terre et microorganismes n'est fait.

Périurbain



DemAU

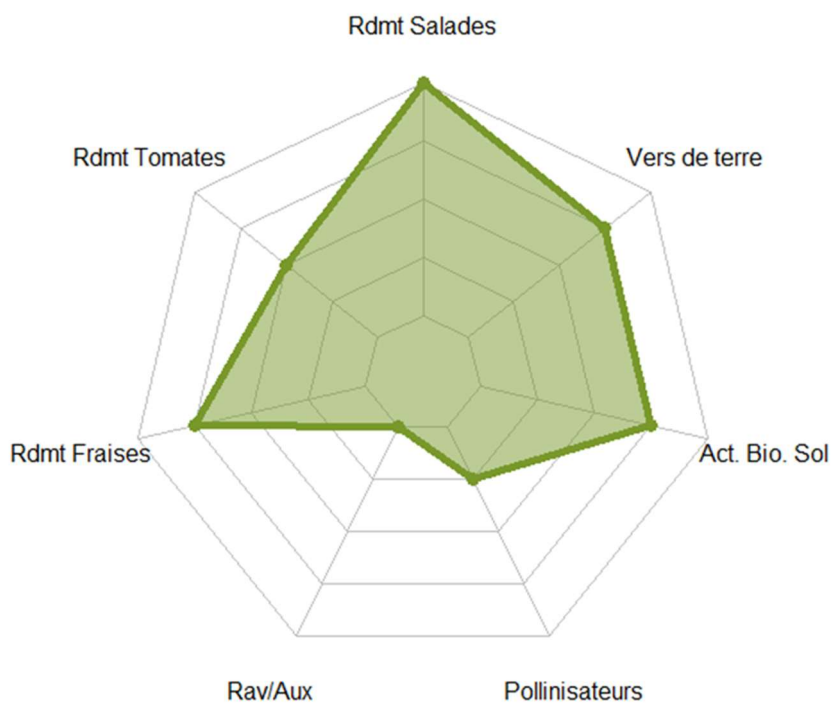


Figure 22 : Graphiques en radar représentant les sept indicateurs de production et biodiversité étudiés (Lucie Richer, 2023)

4.3. Comparaison à un exemple en agriculture péri-urbaine

Finalement, on peut comparer les différents indicateurs (**annexe III**) déduits des résultats de cette étude afin d'évaluer les deux axes : production et biodiversité. Les rendements de salades et fraises sont similaires en agriculture urbaine et en agriculture périurbaine, la différence entre les deux se faisant sur le rendement en tomates, supérieur en agriculture périurbaine (figure 22).

En ce qui concerne la biodiversité, le démonstrateur peut encore s'améliorer notamment en ce qui concerne la présence des pollinisateurs et l'activité biologique du sol mais également sur la présence des auxiliaires qui reste faible par rapport au pourcentage de plante attaquées par des ravageurs (figure 22).

CONCLUSION

Cette étude s'inscrit dans la volonté de la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire de produire des références technico-économiques pour les porteurs de projets en agriculture urbaine. Les protocoles appliqués et résultats obtenus ont permis d'atteindre le but de cette étude : évaluer deux axes du démonstrateur d'agriculture urbaine, production et biodiversité, afin de mettre en avant les forces du DemAU et ses lacunes, points à améliorer.

Pour ce qui est de la production, les différentes espèces ont eu des comportements très différents en 2023 par rapport aux deux années précédentes.

Des problématiques de ravageurs et une variété très peu productive ont fait baisser le rendement en fraises. Cependant, malgré ces contraintes, le rendement reste encore supérieur aux moyennes observées en périurbain, montrant que les petits fruits tels que la fraise sont des productions tout à fait adaptées à une culture en milieu urbain.

Pour ce qui est de la production de tomates, le milieu urbain ne semble pas permettre d'atteindre les rendements obtenus en agriculture périurbaine, avec une grande dépendance aux conditions météorologiques et une grande variabilité d'une variété à l'autre. Un bon rendement réside certainement dans le choix de variétés adaptées aux conditions urbaines.

Les salades ont toujours un rendement correct sur le démonstrateur, l'utilisation des tours hydroponiques pouvant permettre d'obtenir un bon rendement, de bonne qualité sur une surface réduite.

Pour ce qui est de la biodiversité, les populations de ravageurs et auxiliaires sont mieux équilibrées en périurbain même si les problématiques de ravageurs sur le DemAU restent peu communes et plutôt bien régulées par les auxiliaires.

Les pollinisateurs sont bien plus présents en agriculture périurbaine, la mise en place de mesures supplémentaires pour favoriser leur présence peuvent être réfléchies. Un nombre intéressant de vers de terre est présent dans chaque bac du DemAU, plus important que le nombre observé en agriculture périurbaine dans certains. De même, une activité biologique intéressante est présente dans les bacs du démonstrateur. Leurs présences sont donc à prendre en compte lors du travail du sol afin de les favoriser dans les bacs où leur présence est plus faible.

Malgré les limites de cette étude et les biais potentiels pouvant être inférés, cette étude permet de mettre en avant les résultats satisfaisants du DemAU comparés aux références périurbaines ainsi que les pistes de développement à mettre en place et marges d'améliorations à combler.

BIBLIOGRAPHIE

Aubry C. (2013) L'agriculture urbaine, contributrice des stratégies alimentaires des mégapoles?. In 24. *Journées Scientifiques de l'Environnement - La transition écologique des mégapoles*, Université Paris Est Créteil Val de Marne (Paris 12) (UPEC UP12), Créteil, du 12 au 14 février 2013. Disponible sur : <https://hal.science/hal-01190351> (consulté le 13 mars 2023)

Aubry C. (2018) Les fonctions alimentaires de l'agriculture urbaine au Nord et au Sud – Diversité et convergences. *Bulletin de l'association des géographes français*, 2018, Vol. 90. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/bagf/2218> (consulté le 13 avril 2023)

Ayassamy P. (2017) Toit végétal : un aménagement avantageux pour Montréal ? Mémoire de maîtrise en sciences de l'environnement, *Université du Québec à Montréal*. 104p.

Barbillon A., Aubry C., Manouchehri N. (2019) Guide R.E.F.U.G.E. Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires. Cas de la région Île-de-France. *Rapport de recherche INRAE ; AgroParisTech*, 2019. Disponible sur : <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-02869953> (consulté le 26 mai 2023)

Bockstaller C., Lassere-Joulain F., Meiss H., Sausse C., van Der Werf H., Denoirjean T., Ranjard L., Angevin F., Michel N., Tosser V. et al. (2019) Les indicateurs de biodiversité pour accompagner les agriculteurs : embarras du choix ou pénurie ? *Innovations Agronomiques*, 2019, 75, p.73-86.

Chantigny M. et Angers D. (2005) Activité microbiologique et qualité des sols : quoi de neuf sous nos pieds ? In *Colloque en Agroenvironnement « Des outils d'intervention à notre échelle »*, Drummondville, le 23 février 2005. Disponible sur : https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Chantigny_Angers.pdf (consulté le 03 avril 2023)

Daniel A-C., Aubry C., Thouret A., Devins A. (2013) Naissances et développement des formes commerciales d'agriculture urbaine en région parisienne *In Agriculture urbaine : aménager et nourrir la ville*, Duchemin Éric, Montréal : VertigO, p. 203-214.

Duchemin E., Wegmuller F., Legault A-M. (2008) Urban agriculture: multi-dimensional tools for social development in poor neighbourhoods. *Field Actions Science Reports*, Vol. 1, p. 43-50. Disponible sur : <http://journals.openedition.org/factsreports/113> (consulté le 28 mars 2023)

Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3), **ANSES**, juin 2017, 566p. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0234Ra.pdf> (consulté le 13 mars 2023)

Grimonprez B. (2019) L'agriculture urbaine : une agriculture juridiquement comme les autres ? *Revue de Droit Rural*, n° 475. Disponible sur : <https://hal.science/hal-02073564/> (consulté le 26 mai 2023)

Jeannequin B., Plénet D., Carlin F., Chauvin J-E, Dosba F. Pertes alimentaires dans les filières fruits, légumes et pomme de terre. *Innovations Agronomiques*, 2015, Vol. 48, p.59-77

Leduc N. (2021). Cours magistral de production végétales : Les cultures hors-sol. *Université d'Angers*. S1M-UE7

Li M., Jia N., Lenzen M., Malik A., Wei L., Jin Y., Raubenheimer D. (2002) Global food-miles account for nearly 20% of total food systems emissions. *Nature Food*, Vol. 3, p. 445-453

Marie M. (2019) Estimation de la contribution de la production potagère domestique au système alimentaire local. *VertigO – la revue électronique en science de l'environnement*, Vol. 19. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/vertigo/26215> (consulté le 13 avril 2023)

Mayol P., Gangneron E. (2019) L'agriculture urbaine : un outil déterminant pour les villes durables. *Journal officiel de la République Française. Avis du Conseil Economique Sociale et Environnemental*, 98p.

Mazollier C. (2022) Comparaison variétale 2022 en tomate cerise en AB en culture sous abris dans le sud-est, **GRAB**. Disponible sur : <https://www.grab.fr/wp-content/uploads/2022/12/16-TOMATE-CERISE-CR-essai-GRAB-varietes-2022.pdf> (consulté le 10 août 2023)

Mori T. (2022) Validation of the Tea Bag Index as a standard approach for assessing organic matter decomposition: A laboratory incubation experiment. *Ecological Indicators*, n°141. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109077> (consulté le 21 juillet 2023)

Mougeot Luc J.A. (2000) Urban Agriculture: definition, potentials and risks. *Ottawa, International Development Research Centre, thematic paper*, n°1, 42p.

Nahmías P. et Le Caro Y. (2012) Pour une définition de l'agriculture urbaine : réciprocity fonctionnelle et diversité des formes spatiales. *Environnement urbain*, Vol. 6, p. 1–16. Disponible sur : <https://doi.org/10.7202/1013709ar> (consulté le 13 mars 2023)

Navarrete M., Bellon S., Geniaux G., Lamine C., Penvern S., Sautereau N., Tchamitchian M. (2012) L'écologisation des pratiques en arboriculture et maraichage. Enjeux et perspectives de recherches. *Le courrier de l'environnement de l'Inra*, 2012, Vol. 62, p. 57-70.

Provent F. et Raton G. (2022) La localisation urbaine : atout ou contrainte pour la logistique de l'agriculture urbaine ? Etude de cas à Paris. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement*, Vol. 55. Disponible sur : <http://journals.openedition.org/tem/9449> (consulté le 22 mai 2023)

Raynal Lacroix C. et Carmentran M. (2021) Fertilisation du fraisier, Rendement et qualité des fruits. *Infos – Ctifl*

Saint-Ges V. (2021) *Business models* des organisations marchandes et productives de l'agriculture urbaine. *Innovations*, n°64, p.91-118. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-innovations-2021-1-page-91.htm> (consulté le 03 avril 2023)

Scheromm P., Perrin C., Soulard C-T. (2014) Cultiver en ville... Cultiver la ville ? L'agriculture urbaine à Montpellier. *Espaces et société*, n° 158, p. 49-66. Disponible sur : <https://doi.org/10.3917/esp.158.0049> (consulté le 13 mars 2023)

Steel C. (2009) How food shapes our cities [Video] *TED Conferences*. Disponible sur :

https://www.ted.com/talks/carolyn_steel_how_food_shapes_our_cities (consulté le 13 mars 2023)

Villatte M. (2017) L'Agriculture urbaine, quels enjeux de durabilité ? **ADEME**. Disponible sur : https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2020-02/agriculture_urbaine%255B1%255D.pdf (consulté le 13 mars 2023)

SITOGRAPHIE

Banque Mondiale, 2022. « Développement Humain » [en ligne] Disponible sur : <https://www.banquemondiale.org/fr/topic/urbandevelopment/overview> (Consulté le 13 mars 2023).

Ephytia INRAE, février 2015 « Fiches auxiliaires et ravageurs » [en ligne] Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/18479/Biocontrol-Fiches-auxiliaires-ravageurs> (Consulté le 30 mars 2023)

OPVT, Observatoire Participatif des Vers de Terre, « Comparer ses résultats – Test Bêche Vers de Terre » [en ligne] Disponible sur : <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/comparer-ses-resultats-test-beche-vers-de-terre> (Consulté le 20 juillet 2023)

Tea Bag Index, “Stepwise protocol” [en ligne] Disponible sur : <http://www.teatime4science.org/method/stepwise-protocol/> (Consulté le 24 mars 2023)

Universalis, Charvet J-P. et Laureau X., « Agriculture Urbaine » [en ligne] Disponible sur : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/agriculture-urbaine/> (Consulté le 23 août 2023)

Universalis, Ezvan C. « Economie Circulaire » [en ligne] Disponible sur : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/economie-circulaire/> (Consulté le 23 août 2023)

Annexe I : Guide de reconnaissance des principaux auxiliaires et ravageurs sur fraise, tomate et salade (Lucie Richer, 2023)



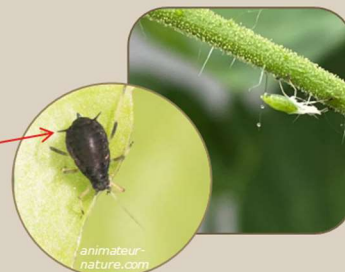
LES PRINCIPAUX RAVAGEURS sur fraise, tomate et salade

LES HÉMIPTÈRES

Les pucerons (famille des Aphidoidae) :

Insectes piqueurs-suceurs de 1 à 4 mm reconnaissables à leurs deux cornicules sur sa partie postérieure.

Leur présence affaiblit la plante pouvant provoquer des déformations et jaunissement des feuilles



Les aleurodes :

Les adultes possèdent deux paires d'ailes de couleur blanche et mesurent 1mm environ. Ce sont les piqûres et suctions de ces hémiptères qui provoquent les dégâts.

KOPPERT

Les punaises :
Plusieurs espèces de punaises sont ravageuses. Ces insectes piqueurs-suceurs occasionnent des dégâts sur les feuilles et fruits.



LES THRIPS (ORDRE DES THYSANOPTÈRES)



Insectes mesurant entre 1 et 2 mm, les thrips se nourrissent en suçant le contenu des cellules végétales provoquant des lésions argentées sur les feuilles. Ils provoquent également des lésions et déformations sur les fruits

LES LÉPIDOPTÈRES



Les noctuelles :

Les dégâts sur plantes sont causés par les larves de noctuelles qui consomment le limbe et parfois même les fruits



Tuta absoluta (sur tomate):

Les dégâts sont causés par les larves qui creusent des mines et galeries sur les feuilles et dans les fruits de tomate.



Blanchard D. (INRA)

D'après ephytia (<http://ephytia.inra.fr>) - Photos : Lucie Richer

LES PRINCIPAUX RAVAGEURS sur fraise, tomate et salade

LES COLÉOPTÈRES



Les altises :
Petits coléoptères sauteurs phytophages créant des petites perforations sur les feuilles.



Les doryphores :
Coléoptères ravageurs dont les larves sont à l'origine des dégâts. Elles dévorent de grandes parties des feuilles.



Les charançons :
Le terme regroupe plusieurs familles de coléoptères phytophages, identifiables à leur rostre.

LES DIPTÈRES

Drosophila suzukii :
Mouches claires aux yeux rouge vif, ravageurs des petits fruits rouges. On reconnaît les mâles à la tâche située au bout de chaque aile et aux deux peignes présents sur les deux premiers tarse de la patte antérieure. Les femelles sont reconnaissables à leur grand ovipositeur denté par des dents noires et épaisses.



LES ACARIENS

Les acariens appartiennent à la classe des Arachnides et possèdent donc 4 paires de pattes. Plusieurs espèces de ravageurs existent : *Penthaleus major* (sur salade), les tétranyques (sur fraise et tomate)...



D'après ephytia (<http://ephytia.inra.fr>) - Photos : Lucie Richer

Guide de reconnaissance LES PRINCIPAUX AUXILIAIRES

LES COCCINELLES



Les coccinelles et encore plus leurs larves sont de féroces prédatrices de pucerons, acariens, thrips, psylles, cochenilles...

LES SYRPES

Les adultes sont des pollinisateurs reconnus mais leurs larves sont prédatrices de pucerons, larves et chenilles.



LES STAPHYLINS



Les staphylins sont reconnaissables à leurs courts élytres, ne couvrant qu'en partie leurs abdomens. Ils sont prédateurs de nématodes, collemboles, pucerons, chenilles, limaces escargots, acariens...

LES CHRYSOPES

Les adultes se nourrissent de nectar et de pollen mais leurs larves attaquent acariens, cochenilles et larves d'autres insectes



D'après MASSON Marine, Chambre d'Agriculture du Puy-de-Dôme. Les auxiliaires de cultures, les connaître et les favoriser, 2018 et ephytia (<http://ephytia.inra.fr>) Photos : Lucie Richer

LES HYMÉNOPTÈRES



Les guêpes prédatrices :

Elles participent à la régulation des populations d'insectes comme les mouche, moustiques, larves et chenilles qu'elles capturent pour nourrir leurs larves.

Les hyménoptères parasitoïdes :

Différentes espèces existent, parasitant différents hôtes : pucerons, larves, chenilles...



LES AEOLOTHRIPS



Les aeolothrips appartiennent au même ordre que les thrips (ordre des thysanoptères). Ils sont prédateurs de larves de thrips et de petits arthropodes.

LES HÉMIPTÈRES

Si certaines espèces de punaises sont des ravageurs phytophages, d'autres sont des auxiliaires prédateurs de thrips, pucerons, acariens... en fonction des espèces.



Orius sp.



Heterotoma sp.



Macrolophus sp.

D'après MASSON Marine, Chambre d'Agriculture du Puy-de-Dôme. Les auxiliaires de cultures, les connaître et les favoriser. 2018 et ephytia (<http://ephytia.inra.fr>)
 Photos : Lucie Richer

Guide de reconnaissance LES PRINCIPAUX ORDRES DE POLLINISATEURS

LES LÉPIDOPTÈRES

2 antennes

Trompe

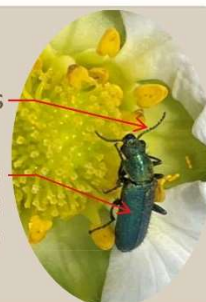
2 ailes colorées



LES COLÉOPTÈRES

2 antennes

2 élytres
cachant 2 ailes
membraneuses



LES DIPTÈRES

2 antennes

Yeux de « mouche »

2 ailes
membraneuses

2 balanciers



LES HYMÉNOPTÈRES

Yeux de « guêpe »

2 antennes

2 paires d'ailes
membraneuses

Constriction
abdominale



Photos : Lucie Richer

Annexe III : Indicateurs de comparaison de l'agriculture urbaine et périurbaine et tableau de valeurs et notes des lieux étudiés (Lucie Richer, 2023)

Prod1 : Rendement en salades

Modalités de calcul					
$\frac{\text{Masse de salades récoltées (en kg)}}{\text{Surface cultivée (en m}^2\text{)}}$					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe (en kg/m ²)	< 0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	> 2

D'après Deschamps N. et Boyer F. (2018). Fiche Technico-économique : Salade. Chambre d'Agriculture de Dordogne

Biodiv1 : Equilibre auxiliaires/ravageurs

Modalités de calcul					
Calculé pour le couple puceron/auxiliaires (coléoptères, hémiptères, névroptères, diptères)					
Moyenne de $\frac{\text{Nombre d'auxiliaires}}{\% \text{ plantes attaquées}} * 100$					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe	< 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20

Prod2 : Rendement en tomates

Modalités de calcul					
$\frac{\text{Masse de tomates récoltées (en kg)}}{\text{Surface cultivée (en m}^2\text{)}}$					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe (en kg/m ²)	< 4	4 - 8	8 - 12	12 - 15	> 15

D'après Ladrangé B., Boutin A., Thévrier J.-M., Riquet J. (2013) Tomates sous tunnel : Eléments techniques et économiques pour les zones sèches du Languedoc-Roussillon. Chambre d'Agriculture sur Languedoc Roussillon

Biodiv2 : Pollinisateurs

Modalités de calcul					
Nombre moyen de pollinisateurs observés par jour					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe	< 10	10 - 25	25 - 40	40 - 50	> 50

Prod3: Rendement en fraises

Modalités de calcul					
$\frac{\text{Masse de fraises récoltées (en kg)}}{\text{Surface cultivée (en m}^2\text{)}}$					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe (en kg/m ²)	< 0,5	0,5 - 1	1 - 1,8	1,8 - 2	> 2

D'après Ladrangé B., Boutin A., Thévrier J.-M., Riquet J. (2012) La fraise remontante de plein champ Mara des bois : Eléments techniques et économiques pour les zones sèches du Languedoc-Roussillon. Chambre d'Agriculture sur Languedoc Roussillon

Biodiv3 : Activité Biologique du Sol

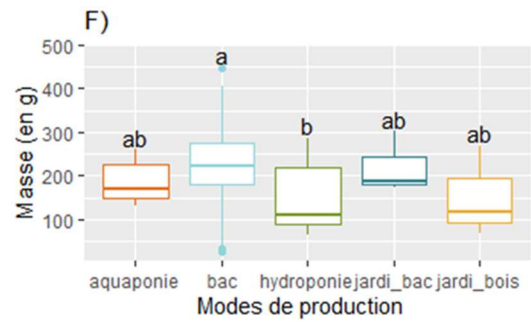
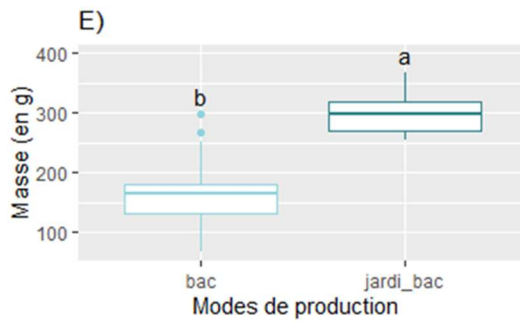
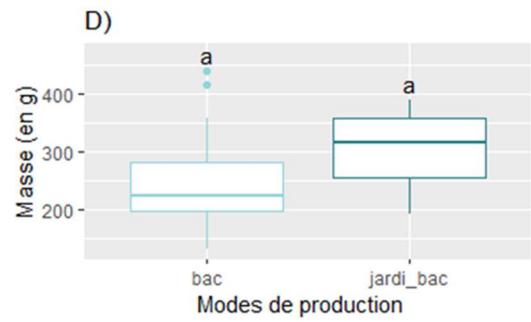
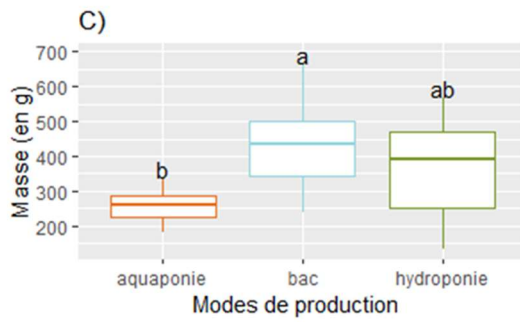
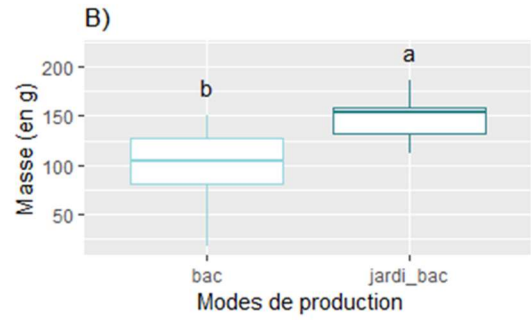
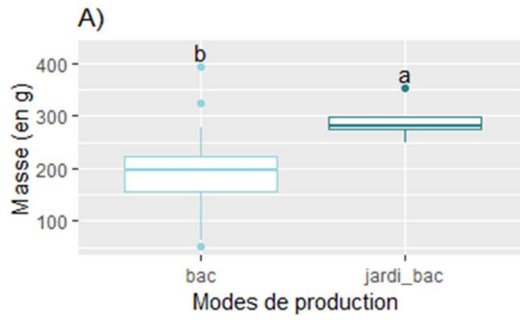
Modalités de calcul					
Vitesse moyenne de dégradation de la matière organique (thé)					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe	< 10	10 - 25	25 - 40	40 - 50	> 50

Biodiv4 : Vers de terre

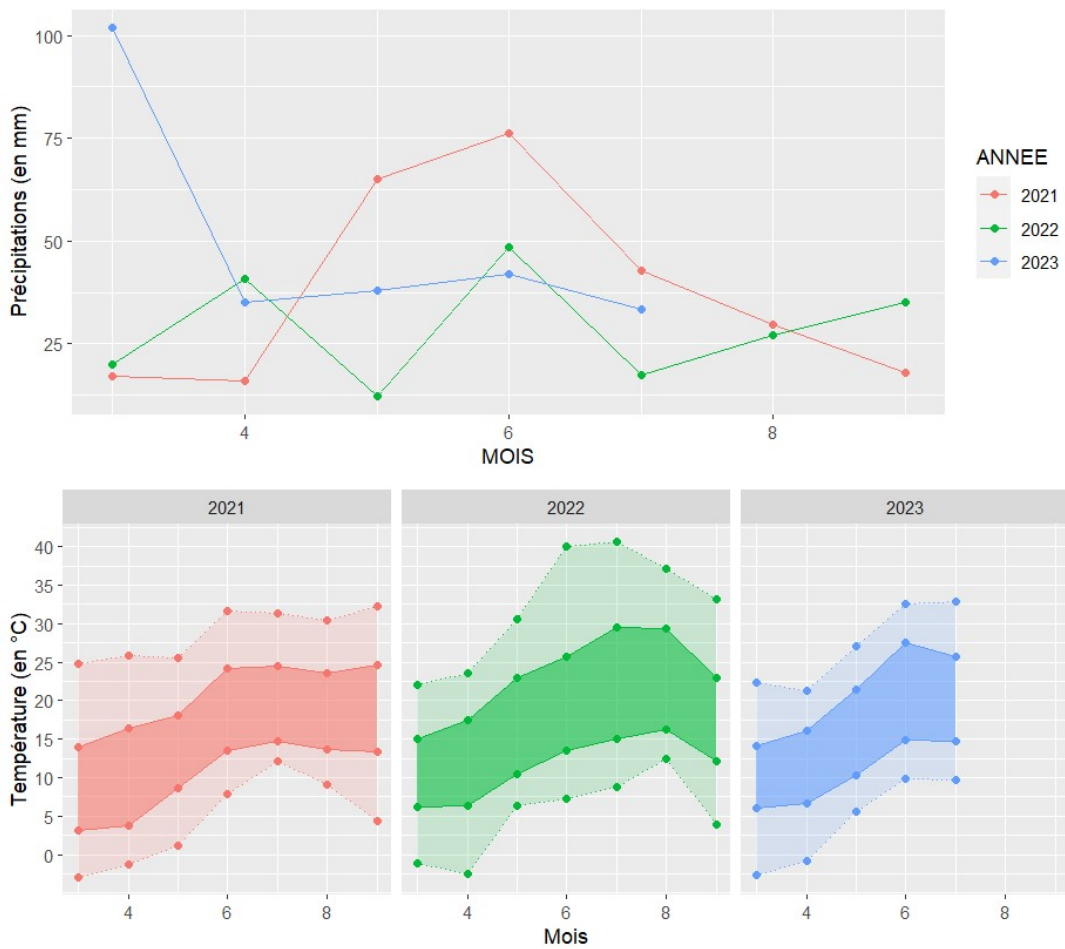
Modalités de calcul					
Nombre moyen de vers de terre au m ²					
Score – Echelle d'évaluation					
Echelle d'évaluation :					
Score	1	2	3	4	5
Classe	< 25	25 - 85	85 - 165	165 - 280	> 280

Indicateurs	Périurbain		DemAU	
	valeurs	notes	valeurs	notes
Prod1 : Rdmt Salades	2,5	5	3,545	5
Prod2 : Rdmt Tomates	12	4	8,569	3
Prod3 : Rdmt Fraises	1,85	4	1,944	4
Biodiv1 : Rav/Aux	17,97	4	4,18	1
Biodiv2 : Pollinisateurs	25	3	11	2
Biodiv3 : Act. Bio. Sol	0,92	5	0,87	4
Biodiv4 : Vers de terre	67	2	177	4

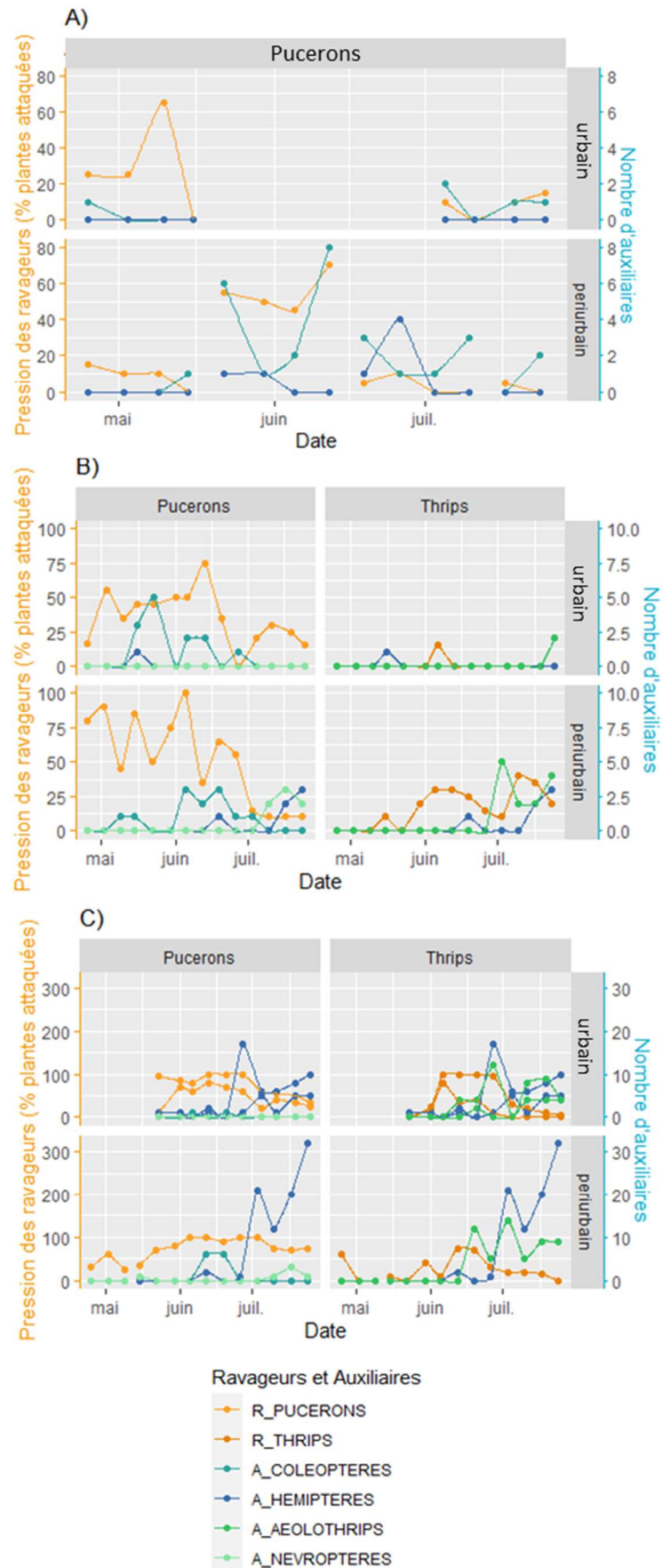
Annexe IV : Graphiques représentant les masses des salades récoltées ± 65 jours après plantation en fonctions du mode de production et des variétés (A : Appia, B : Grenadine, C : Liboga, D : Matinale, E : Querido, F : Sinisa)
(Lucie Richer, 2023)



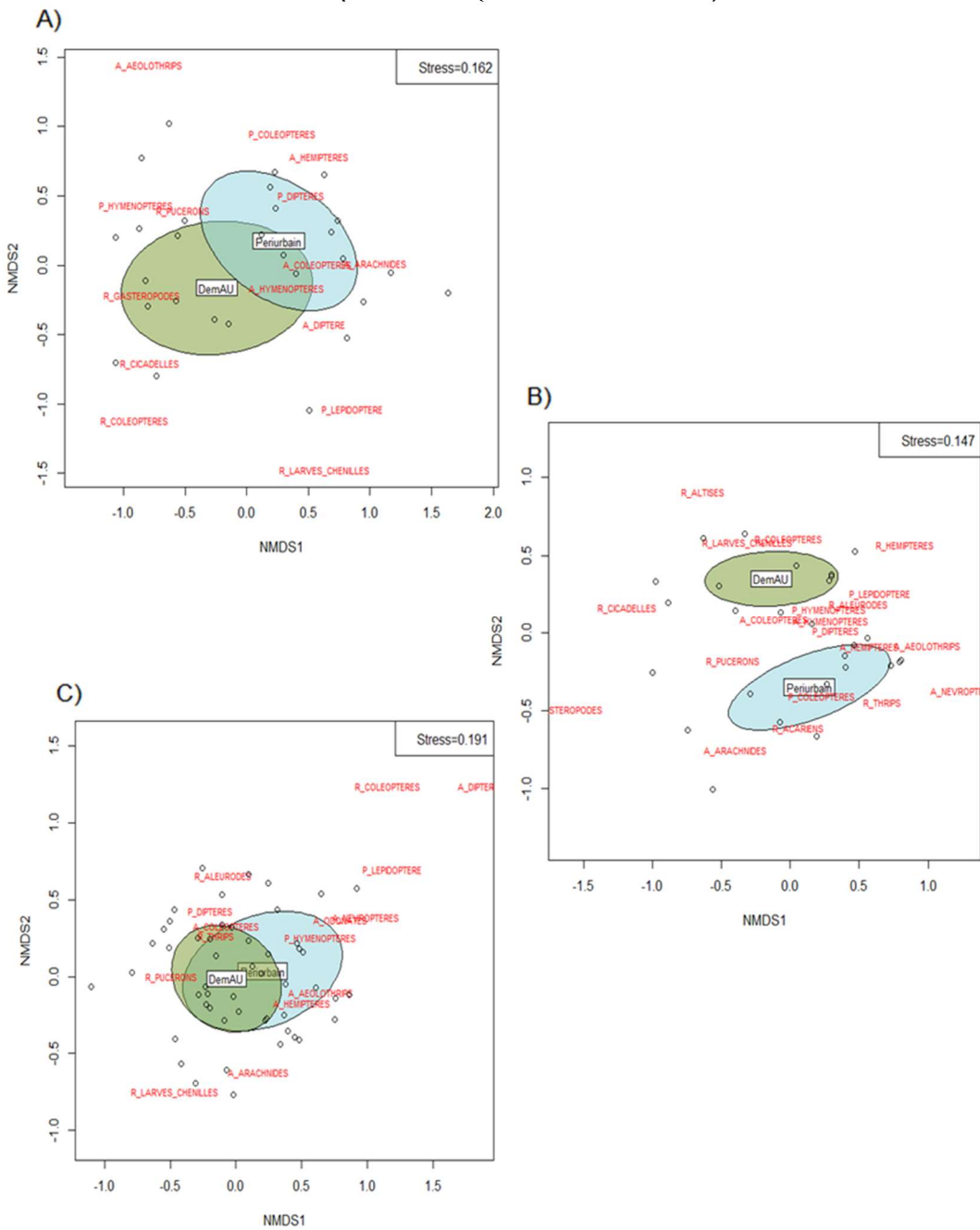
Annexe V : Suivi des précipitations et températures minimales et maximales (moyennes et absolues) (données Météo France)



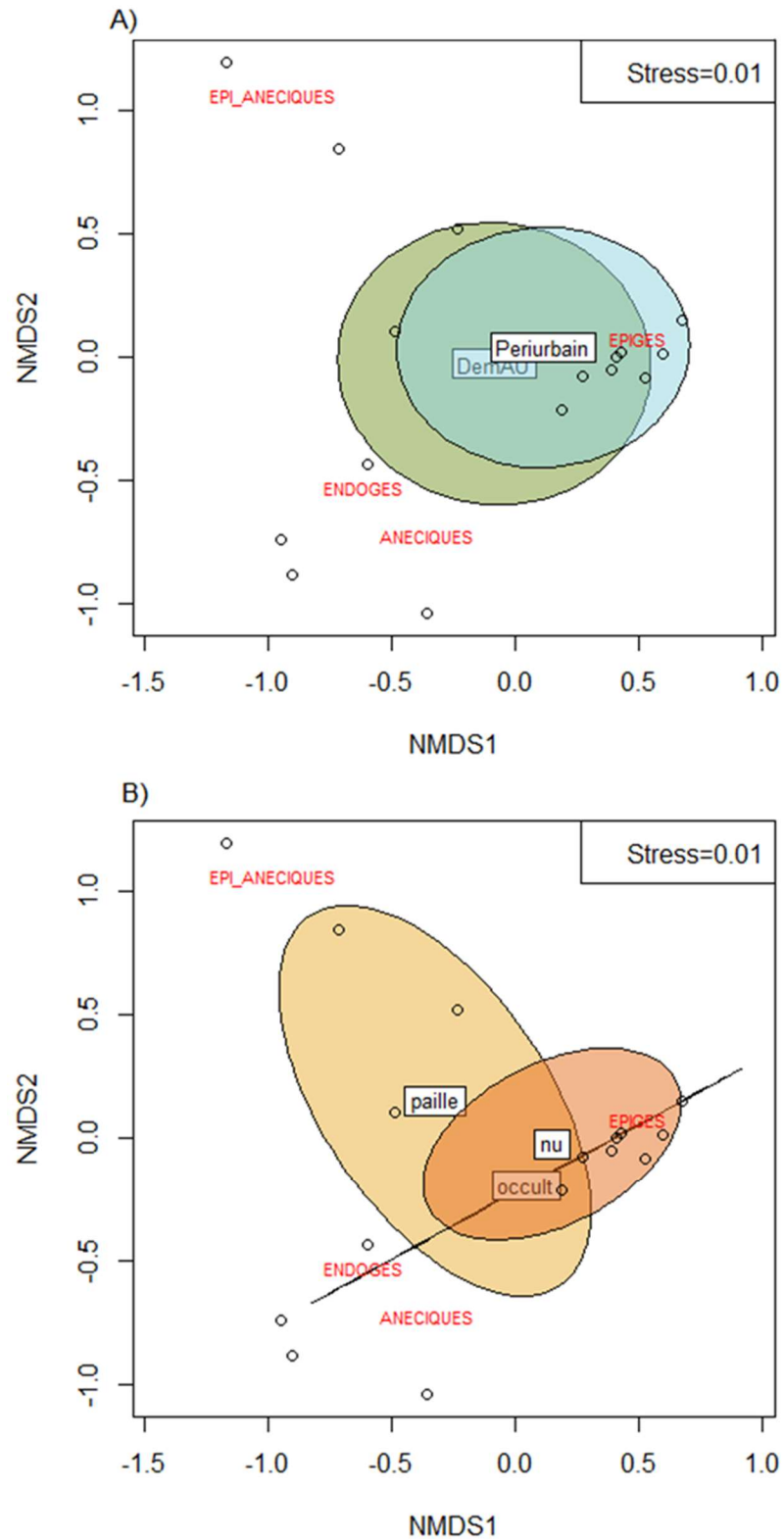
Annexe VI : Dynamiques des populations des couples ravageurs/auxiliaires étudiés en fonction de la date et du lieu de production des salades (A), fraises (B) et tomates (C) (Lucie Richer 2023)




Annexe VII : Positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) selon la dissimilarité calculée par Bray-Curtis des données d'abondance des ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs sur salade (A), fraise (B) et tomate (C) en fonction du lieu de production (Lucie Richer, 2023)



Annexe VIII : Positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) selon la dissimilarité calculée par Bray-Curtis des données d'abondance des différents groupes fonctionnels de vers de terre en fonction du lieu de production (A) et de la technique appliquée au sol (B) (Lucie Richer, 2023)



	Diplôme : Master Spécialité : Biologie Végétale (BV) Spécialisation / option : Filière de l'Horticulture et Innovations (FHI) Enseignant référent : Laure Vidal-Beaudet
Auteur(s) : Lucie Richer Date de naissance* : 20/08/2000	Organisme d'accueil : Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire Adresse : 9 rue André Brouard, 49105 Angers
Nb pages : 28 Annexe(s) : 8	Maître de stage : Sonia Coutault
Année de soutenance : 2023	
Titre français : Agriculture urbaine : caractérisation et évaluation de deux axes, production et biodiversité Titre anglais : Urban Agriculture: characterization and assessment of two axes, production and biodiversity	
Résumé : Depuis plusieurs années, les projets d'agriculture urbaine se développent sous de nombreuses formes. Cependant, encore trop peu d'études sont réalisées sur les formes de l'agriculture urbaine à vocation marchande. La Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, en tant qu'accompagnant majeur des agriculteurs, collectivités et entreprises du territoire vise à fournir des références technico-économiques par la mise en place d'un démonstrateur d'agriculture urbaine (DemAU) hors-sol en toiture de ces locaux. Cette étude s'inscrit dans cette volonté en évaluant deux axes sur le DemAU : la production et la biodiversité. Les résultats ont montré que les salades et fraises étaient des espèces tout à fait adaptées à la culture hors-sol sur toiture urbaine, alors que les tomates ont produit des rendements plus variables, dépendants grandement de la variété et du mode de production. Pour ce qui est de la biodiversité, aucune différence significative de population et d'abondance de ravageurs, auxiliaires et pollinisateurs n'a été observée entre les lieux d'études (urbain et périurbain) et des résultats plus que satisfaisants ont également montré qu'une vie est bien présente dans les bacs de culture du DemAU : 87,5 vers de terre/m ² et 0,85mg de matière organique (thé) dégradée par jour par les microorganismes présents.	
Abstract: Urban agriculture projects have been developing in the past few years and can takes lots of different forms. However, only few studies have been carried on the sales-oriented forms of urban agriculture. The "Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire", as a major advisor of farmers, local governments, and companies, aims to provide technical and economical references with a demonstrator of urban, agriculture (DemAU) on its premises roof. This study is rooted in this will, evaluating two axes: production and biodiversity. Results have shown that lettuce and strawberries are well adapted to the urban production system whereas tomatoes had a more variable yield, depending on varieties and production methods. Concerning the biodiversity, no significant difference was observed in the pests, auxiliaries and pollinators populations and abundances between the locations studied (urban and periurban). Satisfactory results also showed that a life is well-established in the DemAU substrate with 87,5 earthworms/m ² and 0,85mg of organic matter (tea) degraded by microorganisms.	
Mots-clés : Agriculture urbaine, biodiversité, rendements, hydroponie, aquaponie Key Words: Urban Agriculture, biodiversity, yields, hydroponics, aquaponics	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires