



Année 2017

# PROD'URBAN : Développement de nouveaux marchés grâce à des systèmes hors sol innovants pour les jardins urbains

Arexhor Seine Manche  
22 rue de Normandie - 76640 Fauville-en-Caux  
Tél. : 02 35 95 97 07 - Fax : 02 35 96 01 79  
Courriel : arexhor.sm@astredhor.fr

L'application des méthodes, résultats et conclusions de cette expérimentation aux conditions de chaque exploitation horticole se fait sous l'entière responsabilité des entreprises.

THEMATIQUE :	Développement de nouveaux marchés grâce à des systèmes hors sol innovants pour les jardins urbains
FILIERE :	Multi-filières
OBJECTIFS :	Développer des systèmes de culture hors sol de différents types facilement accessibles aux particuliers et répondant aux attentes économiques des professionnels porteurs de projets en agriculture urbaine. L'aspect environnemental des systèmes est pris en compte et doit être compatible avec les normes écologiques du développement durable en limitant les pertes d'eau et d'éléments nutritifs. Ces systèmes, facilement utilisables, avec un entretien minimisé permettront d'améliorer la qualité et la quantité des produits horticoles.
INTERETS :	Accroître la qualité des productions horticoles. Mieux intégrer la production de cultures ornementales avec une mise en place et une production des plantes plus rapides. Le passage de la production aux systèmes de vente est moins contraignant. L'aspect environnemental est important, notamment avec des systèmes économes en eau tout en s'affranchissant de tourbe, une ressource limitée.
ACTION :	Techniques culturales / système de production
MOTS CLE :	Culture hydroponique, système hors-sol, innovation, balcon, terrasse
PARTENAIRES :	AREXHOR Grand Est, Agripolis, Klasmann-Deilmann France, FERTIL INTERNATIONAL
REFERENT ESSAI :	Nicolas GUIBERT
ANNEE :	2017
RESUME :	L'année 2015 du projet Prod'Urban a permis de rechercher des systèmes innovants de vente-démonstrations adaptés au concept de l'agriculture urbaine. Huit ont été sélectionnés et testés dans le programme en 2016 avec 14 variétés de plantes dont 4 aromatiques, 4 plantes de légumes ou fruits et 6 plantes fleuries. En 2017, les objectifs sont de tester à nouveau et de valider des méthodes de production de plantes adaptées à un usage urbain et d'évaluer la reprise des plantes sur les systèmes des années précédentes avec 3 variétés de plantes : une aromatique (basilic), une plante à fruits (tomate cerise) et une plante à fleur comestible (tagetes). En 2017, le système de production en aéroponie, Platinum Aeropro 100, a été amélioré et permet d'obtenir des plantes de grande taille rapidement. La phase d'étude en post production a montré qu'il est possible d'obtenir de bons résultats sur les cinq systèmes innovants testés : Jardinière cottage 80 - Lechuza, Mur Citymur Home – Cité Flor, Mur Vertiss plus - Amaeva, Tour Cascada Color - Lechuza, Tour végétale – Carré Serre. Une nouveauté a été testée, les tours d'aéro-hydroponie d'Agripolis, avec trois solutions fertilisantes différentes. C'est la fertilisation minérale qui a montré les résultats les plus probants. La culture en aéroponie présente de nombreux avantages et est tout à fait réalisable chez les professionnels mais elle paraît encore compliquée pour le particulier.

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Objectifs et intérêts

**But de l'essai :** Développer de nouveaux dispositifs de production de végétaux dans les situations urbaines très contraignantes (balcons, terrasses, murs et toitures végétalisées, friches industrielles...). Favoriser le développement de nouveaux systèmes de cultures hydroponiques prêts à l'emploi, présentant peu d'entretien (viser un public jeune), des économies en eau et en intrants (systèmes en circuits fermés) et des supports alternatifs à la tourbe.

### **Objectifs techniques :**

- Etude de nouveaux systèmes de culture hors sol pour la production de plants pour nouveaux jardins : Essais comparatifs entre les techniques de culture traditionnelle en plaque de culture avec un substrat de type substrat horticole classique additionné de cocons biodégradables, et une culture en aéroponie sur une gamme composée de plantes aromatiques, potagères et à massif et de végétaux à petit développement.
- Evaluation du comportement d'une gamme végétale dans de nouveaux systèmes de culture de jardin urbain : comparaison de comportement en systèmes hors sol autonomes de végétaux issus d'une culture en aéroponie et de leurs homologues issus d'une production conventionnelle.
- Evaluation de systèmes innovants de production de plantes pour murs végétalisés : Evaluation de différents systèmes de production hors-sol adaptés pour la plantation en parois végétalisées. Des modules de murs végétalisés ou de colonnes seront disponibles pour accueillir des systèmes innovants de production et une culture conventionnelle sur des gammes de végétaux adaptés.

### **Intérêts économiques :**

Rechercher de nouveaux débouchés. Répondre à de nouvelles attentes des consommateurs urbains. Mieux intégrer les productions des cultures ornementales avec les contraintes urbaines.

### **Les enjeux :**

L'agriculture urbaine est en pleine émergence et se développe dans de nombreuses villes partout dans le monde, plus récemment en France. Elle consiste à développer des projets d'exploitation agricole en ville dense. C'est une démarche tournée vers l'avenir qui ouvre les portes à des réflexions plus larges comme celles de la façon de penser le système urbain et ses perturbations (résilience urbaine), de l'accès à des produits alimentaires locaux et de qualité, du développement des compétences des populations locales et de la création d'emplois dans les villes.

De nombreux projets se développent dans le monde (surtout en Amérique du Nord, au Japon...). Des villes comme Zurich, Londres, Montréal et Chicago pratiquent depuis longtemps l'agriculture urbaine, en réponse à différents besoins (alimentaires notamment).

La production mondiale issue de l'agriculture urbaine augmente chaque année et s'impose peu à peu comme une voie de production alimentaire crédible face aux autres modes de production.

Les initiatives privées et publiques dans ce domaine sont déjà très nombreuses et ont tendance même à un certain foisonnement. Elles associent des compétences issues d'horizons très divers (urbanistes, services d'études et d'ingénierie, architectes, industriels, horticulteurs/pépiniéristes, paysagistes...).

L'agriculture urbaine permet d'implanter une activité économique innovante et pérenne au cœur des quartiers et de sensibiliser les habitants des villes à la manière de produire et consommer tout en apportant une solution concrète aux risques de crise alimentaire et en valorisant dans certains cas une source d'énergie non utilisée (ex réseau de chaleur, source locale... ..).

## 1.2. Acquis et bibliographie

Au cours des trois dernières décennies, la population des unités urbaines en France métropolitaine a augmenté de plus de 20 %. Ce phénomène a conjugué une extension de la superficie des villes à une densification de peuplement (INSEE ; 2016).

Malgré des disparités régionales importantes, environ 30% de la population française habite dans des appartements équipés souvent d'un balcon ou d'une terrasse. Le marché du jardinage s'est longtemps adressé prioritairement aux détenteurs de jardins, espace qui tend à se réduire au fil des ans mais reste un

espace de plein air synonyme de liberté sans contraintes. Alors face à un marché du jardinage qui augmente faiblement (+1% annuel de 2005 à 2010) il est opportun de rechercher des modes de culture adaptés aux petits espaces et les végétaux associés, comme l'hydroponie ou l'aéroponie.

Depuis 2011, des essais sont mis en place par Est Horticole et AREXHOR Seine Manche sur le sujet des plantes ornementales ou comestibles. Leur objectif est de proposer une gamme de légumes adaptée à la culture sur balcons et terrasses, en testant différents assemblages de plants potagers en gros pots (20L). Différents pots et substrats bio sont également évalués pour ce type de production.

En 2014, la station Est Horticole a testé l'utilisation de balconnière avec réserve d'eau avec des substrats hydroponiques (bille d'argile, pouzzolane, terreau durable). Les résultats sont encourageants, les plantes transplantées dans un substrat hydroponique montrent une bonne adaptation et un bon développement. Par ailleurs, des essais de bouturage en systèmes hydroponiques ont donné des résultats inattendus et plus que satisfaisants.

Au cours de l'année 2015, AREXHOR Seine manche et Est Horticole ont dans un premier temps recensé différents systèmes hors sols innovants utilisables soit en production ou soit en commercialisation (balcon et terrasse).

Enfin, en 2016, la station AREXHOR Seine-Manche a testé l'aéroponie, comme méthode de production de plantes adaptées à un usage urbain, et l'a comparée à la culture classique. La reprise des plantes issues de ces deux systèmes de culture a ensuite été testée sur différents modules extérieurs adaptés aux balcons et espaces restreints en ville. Les résultats obtenus ont montré que les plantes issues de production en aéroponie ont eu une meilleure reprise que les autres plantes, une fois transplantées dans les modules extérieurs verticaux. De plus, la technique présente de nombreux avantages : faible consommation d'eau, et gaspillage limité de matières fertilisantes (circuit fermé). Par ailleurs, tous les systèmes verticaux extérieurs ont donné de bons résultats dont certains sont plus adaptés que d'autre à un usage urbain.

## **2. MATERIEL ET METHODES**

### **2.1. Facteurs étudiés et modalités testées**

En 2017 l'essai mis en place comporte plusieurs phases (TableaTableau 1) :

Phase 1 : étude de la production de plantes adaptées aux usages urbains

En effet, actuellement il n'existe sur le marché aucune plante qui soit adaptable à ces nouveaux modules d'agriculture urbaine dont certains sont sans substrat. Afin de pallier ce manque, il a été choisi de comparer la production de plantes issue d'une culture dite classique en plaque de culture avec un substrat organo-minéral additionné des cocons biodégradables GROWCOON à une production de plantes issue d'une culture en aéroponie sur le système Platinum Aeropro 100.

Phase 2 : étude de systèmes innovants d'agriculture urbaine

L'étude du comportement post-production des plantes, issues des deux systèmes de culture de la phase 1, est effectuée sur cinq systèmes innovants d'agriculture urbaine :

- Tour Végétale – Carré Serre,
- Tour végétale : Cascada Color – Lechuza,
- Balconnière : Balconera Cottage 80 - Lechuza,
- Mur végétal Citymur Home – CitéFlor
- Mur végétalisé penché Vertiss Plus - Amaeva

Les cinq systèmes innovants font également l'objet d'une évaluation pour leur utilisation en usage urbain.

Phase 3 : étude plus précise des modalités de culture post-production sur le système Tour Végétale – Carrée Serre et sur le système en aéro-hydroponie Agripolis

- Sur le système Tour Végétale – Carrée Serre, trois substrats de composition et d'année de production différentes ont été testés.
- Sur le système de culture en aéro-hydroponie Agripolis, trois modalités de fertilisation différentes ont été comparées.

**Tableau 1 : Tableau récapitulatif des différentes phases d'étude du programme PROD'URBAN en 2017**

Phase d'étude	Systèmes étudiés et modalités testées	Etudes effectuées	Mesures réalisées
Phase 1: Production	Production en plaque de culture avec des cocons biodégradables GROWCOON	Etude de deux conduites de culture pour la production : comparaison d'un système en plaque de culture et d'un système en aéroponie pour chaque gamme de plante et toute gamme confondue.	hauteur, qualité commerciale
	Aéroponie : PLATINIUM AEROPRO 100		
Phase 2: Post-production	Tour végétale – Carré Serre	- Etude et comparaison du comportement post-production des plantes obtenues en phase 1 : Plaque de culture vs. Aéroponie sur chaque système, pour chaque gamme de plante et toute gamme confondue.  - Etude des cinq systèmes innovants et de leur adaptabilité en usage urbain.	hauteur, qualité commerciale, rendement final, poids frais aérien
	Tour végétale CASCADA COLOR - Lechuza		
	Jardinière Balconera Cottage 80 - Lechuza		
	Mur végétal Citymur Home – CitéFlor		
	Mur végétal VERTISS PLUS - Amaeva		
Phase 3 : modalités de culture SUBSTRAT – Tour végétale CARRE SERRE	Tour végétale : substrat «PLANTATION MYCOTECH® PM101» année 2017	Comparaison entre 3 substrats différents pour chaque gamme de plante et toute gamme confondue	hauteur, qualité commerciale, rendement final, poids frais aérien
	Tour végétale : substrat biotisable PREMIER TECH HORTICULTURE année 2016		
	Tour végétale : substrat KLASMANN-DEILMANN année 2016		
Phase 3 : modalités de culture FERTILISANT – système aéro-hydroponie AGRIPOLIS	Ferti 1: Fertilisation 100% organique	Comparaison entre les 3 types de fertilisation pour chaque gamme de plante et toute gamme confondue	hauteur, qualité commerciale, rendement final, poids frais racinaire
	Ferti 2: Fertilisation 100% minérale		
	Ferti 3: Fertilisation mixe (75% organique + 25% minérale)		

## 2.2. Conduite et déroulement de l'essai

### 2.2.1. Structure d'accueil et lieu

Station expérimentale de  
Saint-Germain-en-Laye  
ASTREDHOR Seine-Manche  
Route forestière des princesses  
78100 Saint-Germain-en-Laye

Coordonnées GPS :  
48° 53' 54'' N 2° 2' 50'' E

La figure 1 représente la station expérimentale avec, en rouge : l'aire de culture sous tunnel et en vert l'aire de culture extérieure réservée pour le programme Prod'Urban.

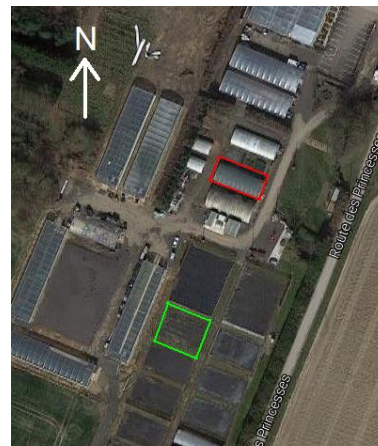





Figure 1 : Photo aérienne de la surface de production et d'expérimentation de la station (AREXHOR SEINE MANCHE, 2017)

Les conditions climatiques, température extérieure et pluviométrie, ont été suivies tout au long de l'essai et sont présentées dans l'annexe 1.

### 2.2.2. Matériel végétal

Pour la réalisation de l'essai, une liste de trois espèces de plantes a été établie en se basant sur les projets, menés en 2016 par ASTREDHOR. Cette sélection est aussi compatible avec les attentes des urbains, avec notamment des gammes de plantes comestibles et fruitières. Elle répond d'autant plus à leurs besoins d'espace de nature dans les zones urbaines avec des plantes ornementales (Tableau 2).

Tableau 2 : Photos des 3 plantes utilisées pour l'essai (Catalogue HABERSCHILL 2017)

<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Gamme aromatique</b></li></ul> <p>- <i>Ocimum basilicum</i> 'Grand Vert'</p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Gamme fruitière</b></li></ul> <p>- <i>Lycopersicon lycopersicum</i> 'Vallery F1'</p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Gamme fleurie</b></li></ul> <p>- <i>Tagete Lucida</i></p> 
---	---	--

### 2.2.3. Système testés et conduite culturale

Plusieurs systèmes de production ont été testés dans ce projet : plaque de culture avec des cocons biodégradables, des systèmes innovants adaptés à l'agriculture urbaine et des systèmes en aéroponie (tableau 3).

Tableau 3 : Liste des systèmes de production utilisés dans l'essai

Type de support de culture	Modèles
Plaque de culture	Plaque de culture + cocons biodégradables GROWCOON (KLASMANN)
Aéroponie	PLATINIUM AEROPRO 100 (Platinum)
	Système aéro-hydroponie fourni par AGRIPOLIS
Systèmes de culture innovants	Murs métalliques CITYMUR HOME (Cité Flor)
	Murs VERTISS PLUS (Amaeva)
	Tour CASCADA COLOR (Lechuza)
	TOUR VEGETALE (Carré Serre)
	Jardinière COTTAGE 80 (Lechuza)

### 2.2.3.1. Système de production en plaque de culture

Le Tableau 4 décrit les conditions culturales (date de repotage, type de conteneurs, de substrat, d'irrigation et de fertilisation...) de l'essai de production en plaque de culture avec des cocons biodégradables GOWCOON (Figure 2).

Tableau 4 : Conduite culturale de l'essai de production en plaque de culture

<b>REMPOTAGE</b>	S17 (24 au 28 avril) pour les tagetes et S19 (12 Mai) pour les tomates et basilics
<b>CONTENEURS</b>	Cocons biodégradables GROWCOON de 0,12 L (taille 28) - KLASMANN
<b>SUBSTRAT</b>	PLANTATION MYCOTECH®PM101 – PREMIER TECH HORTICULTURE à pH = 7 (substrat neutrophile) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat organo-minéral avec engrais organique NFU 42-001</li> <li>• Composition :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 40% de tourbe blonde baltique</li> <li>○ 30 % tourbe noire</li> <li>○ 20% compost végétal</li> <li>○ 10 % Terre végétale</li> <li>○ Additifs :                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2kg de corne</li> <li>▪ Spores d'endomycorhizes Premier Tech n° d'homologation 6080001</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>IRRIGATION</b>	Micro-aspersion – eau corrigée à pH = 6 Conduite par ETP
<b>FERTILISATION</b>	Pas de fertilisation
<b>PROTECTION PHYTOSANITAIRE</b>	Pas de traitements effectués sur la culture
<b>INTERVENTIONS CULTURALES</b>	Pas d'intervention culturale



**Figure 2 : Culture sur plaque de culture avec cocons biodégradables GROWCOON – Cocons biodégradables GOWCOON de 0,12 litres (AREXHOR SEINE MANCHE, 16/05/2016)**

### **2.2.3.2. Système de culture en aéroponie**

Le principe de l'aéroponie Basse Pression (BP) repose sur l'aspersion d'une solution nutritive sur les racines des plantes à l'aide de gicleurs grâce à une pompe de refoulement. L'aéroponie Haute Pression (HP) diffuse quant à elle une brume de gouttelettes de l'ordre de 50 µm. Ainsi les échanges entre la solution nutritive et les racines sont facilités.

#### **- Système de culture en aéroponie : PLATINIUM AEROPRO 100**

En 2016, le support PLATINIUM AEROPRO 100 (Figure 3) qui est un système basse pression a présenté l'inconvénient d'asperger la solution nutritive assez bas sur les paniers supports des plantes. De plus, le matériel végétal de départ étant issu de micro-mottes, l'irrigation n'était pas adaptée. C'est pourquoi, en 2017, des mottes de 2 cm de diamètre (Semis M2, Haberschill) ont été placées dans les paniers noirs du système avec des billes d'argile pour faciliter la conservation de l'humidité des racines.



**Figure 3 : Support en aéroponie PLATINIUM AEROPRO 100 (AREXHOR SEINE MANCHE, 2017)**

Le tableau 5 décrit les conditions culturales (date de mise en culture, type et caractéristiques du système, type d'irrigation et fertilisation...) de l'essai en production en aéroponie avec le système PLATINIUM AEROPRO 100.

**Tableau 5 : Conduite culturale de l'essai en production en aéroponie avec le système PLATINIUM AEROPRO 100**

<b>MISE EN CULTURE</b>	11 et 12/05/2017 (S19)
<b>MODELE UTILISE</b>	PLATINIUM AEROPRO 100
<b>CAPACITE</b>	96 plants par module (2x48 plants)
<b>DIMENSIONS</b>	100 x 200 (2 m <sup>2</sup> )
<b>IRRIGATION</b>	Circuit fermé Piloté par un programmeur LIFEDOM Durée d'arrosage : plages horaires de 15min ON/OFF Nombre d'arrosages : selon le stade de la culture (jusqu'à 8 par jour) Eau de ville corrigée à l'acide phosphorique pH down H <sub>3</sub> PO pour un pH= 5,8-6,2
<b>RESERVE D'EAU</b>	Bassin réserve d'eau de 180 L
<b>DEBIT</b>	2 pompes d'un débit de 3000L/Heure
<b>FERTILISATION</b>	Flora Series (GHE) : lot de 3 bouteilles (FloraGro 3-1-7, FloraMicro 5-0-1, FloraBloom 0-5-4) Pour une conductivité = 1,1-1,2 mS
<b>SUPPORT DE CULTURE</b>	Billes d'argile dans pots-paniers
<b>PROTECTION PHYTOSANITAIRE</b>	Pas de traitements effectués sur la culture
<b>INTERVENTIONS CULTURALES</b>	Les gourmands des tomates ont été coupés en Juin

- **Système de culture en aéro-hydroponie fourni par AGRIPOLIS**

Le système de culture Agripolis (Figure 4) se présente sous la forme d'un îlot constitué d'une tonnelle en bambou à laquelle sont accrochées 3 x 3 colonnes alimentées par trois bacs de 120 L. Un système de tuyautage avec une pompe permet d'acheminer l'eau jusqu'en haut de la tour, qui sort par un asperseur et ruisselle jusqu'aux racines de la plante. L'eau est ensuite récupérée en bas de colonne et retourne dans le bac. Une colonne peut accueillir 52 plantes. Les plantes sont dans des pots paniers remplis de billes d'argiles.



**Figure 4 : Photo des systèmes de culture Agripolis (AREXHOR SEINE MANCHE, 2017)**

Le Tableau 6 décrit les conditions culturales (date de mise en culture, type et caractéristiques du système, type d'irrigation et fertilisation...) de l'essai en production aéro-hydroponie avec le système fourni par AGRIPOLIS.

**Tableau 6 : Conduite culturale de l'essai en production aéro-hydroponie avec le système fourni par AGRIPOLIS**

<b>MISE EN CULTURE</b>	Du 29/05/17 au 02/06/17 (S22)
<b>MODELE UTILISE</b>	Système de culture aéro-hydroponie fourni par AGRIPOLIS
<b>CAPACITE</b>	52 plants par tour soit 156 plantations pour 3 tours
<b>IRRIGATION</b>	Circuit fermé Pilotée par un programmeur Durée d'arrosage : plages horaires de 15min ON/OFF Nombre d'arrosages : selon le stade de la culture (jusqu'à 8 par jour) Eau de ville corrigée à l'acide phosphorique pH down H <sub>3</sub> PO pour un pH= 5,8-6,2
<b>RESERVE D'EAU</b>	Bassin réserve d'eau de 120 L
<b>FERTILISATION</b>	Ferti 1 : 100% organique : BIOSEVIA de GHE Ferti 2 : 100% minérale : Gamme FLORA SERIES de GHE: FLORAGRO 3-1-7, FLORAMICRO 5-0-1, FLORABLOOM 0-5-4 Ferti 3 : 25 % minérale (Gamme FLORA SERIES) et 75 % organique (BIOSEVIA) Pour une conductivité = 1,1-1,2 mS
<b>PROTECTION PHYTOSANITAIRE</b>	Pas de traitements effectués sur la culture
<b>SUPPORT RACINE</b>	Billes d'argiles

### **2.2.3.3. Supports de culture innovants**

Plusieurs systèmes de culture hors sol pour particulier ont été sélectionnés pour leur caractère innovant. La plupart sont verticaux et s'adaptent tout à fait à une utilisation en milieu urbain sur terrasse ou balcon. Ainsi, voici les différents modules qui ont été testés au cours de l'essai :

- **TOUR VEGETALE (Carré Serre)** (Figure 5) système de tour végétale de 4 faces en bois (12 plantes par face soit 48 plantes au total), avec un assemblage facile, une bonne autonomie d'irrigation et peu d'évaporation grâce au système d'irrigation par tuyau central percé.



**Figure 5 : Photo d'une tour végétale Carré Serre (AREXHOR SEINE MANCHE, 14/06/17)**

- Tour végétale **CASCADA COLOR** (Lechuza) (Figure 6) s'adapte parfaitement à tous les environnements et possède une structure modulaire avec 3 pots empilables. N'a besoin que d'une surface de pose de 60 cm de diamètre, convient également sur les balcons. Chaque pot possède une réserve d'eau avec un témoin pour indiquer le niveau d'eau encore disponible pour les plantes. Chaque niveau possède 8 trous de plantation



Figure 6 : Photo d'une tour végétale **CASCADA COLOR**, (AREXHOR SEINE MANCHE, 14/06/17)

- Jardinière **COTTAGE 80** (Lechuza) (Figure 7) système de culture à balconnière, muni d'une réserve d'eau et d'un témoin indicateur du niveau d'eau. La jardinière est divisée en deux bacs de culture transportables grâce à des poignées permettant un changement et hivernage rapide des plantations. Une vis au fond du pot permet en la dévissant de laisser s'évacuer le surplus d'eau en cas d'orage. Des systèmes d'accroches-balconnières peuvent être ajoutés selon l'utilisation. Dimensions (LxPxH) : 80x19x19cm



Figure 7 : Jardinière **COTTAGE 80** (Lechuza.com, 2017)

- Mur végétal **CITYMUR HOME** (CitéFlor) (Figure 8) il s'agit d'une structure rigide grillagée en acier galvanisé, composée d'un socle réserve d'eau en aluminium, et d'un feutre très absorbant et résistant venant se placer à l'intérieur. Le feutre forme une enveloppe pour accueillir le substrat de culture horticole. Il retient l'humidité et permet de réduire le nombre d'arrosages. Il offre également une protection thermique intéressante, en réduisant de quelques degrés les écarts de température, été comme hiver. De plus, la mise en place d'un système d'arrosage en goutte à goutte est facile. Dimensions (LxPxH) : 70 x 15 x 100



Figure 8 : Photo d'un mur végétal **CITYMUR HOME** (AREXHOR SEINE MANCHE,14/06/17)

- Mur végétalisé penché **VERTISS PLUS** (Amaeva) (Figure 9), ce support permet de créer des murs végétalisés quel que soit le lieu, en imbriquant ces supports les uns sur les autres. Il peut aussi être utilisé pour créer un potager vertical. Fabriqué en PPE (Polypropylène Expansé Haute Densité), le support de culture est très léger à vide et facile à fixer. De plus, il permet d'isoler efficacement le substrat et les racines des températures extrêmes (froid et chaud). Il est équipé de 16 alvéoles de plantation. L'angle d'inclinaison des alvéoles de plantations respecte le phototropisme des végétaux, ainsi les plantes subissent moins de stress. La mise en place d'un système d'arrosage en goutte à goutte est facilement réalisable, et l'arrosage manuel est possible. Dimensions (LxPxH) : 80x20x60cm (avec fixation), pour un volume de substrat de 32L.



**Figure 9 : Photo d'un mur végétalisé VERTISS PLUS (AREXHOR SEINE MANCHE,14/06/17)**

Le même substrat a été utilisé pour tous les systèmes, excepté pour deux tours Carré Serre qui sont utilisées dans la phase 3 de l'essai pour tester différents substrats (Tableau 7).

**Tableau 7 : substrats utilisés en fonction du support innovant**

Support de culture innovant	Substrat
Tour CASCADA COLOR (x4) Balconière COTTAGE 80 (x12) CITY MUR HOME (x4) VERTISS PLUS (x4) TOUR VÉGÉTALE – MYCOTECH 2017 (x1)	PLANTATION MYCOTECH® PM101 – PREMIER TECH HORTICULTURE (de 2017) à pH = 7 (substrat neutrophile) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat organo-minéral avec engrais organique NFU 42-001</li> <li>• Composition : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 40% de tourbe blonde baltique</li> <li>○ 30 % tourbe noire</li> <li>○ 20% compost végétal</li> <li>○ 10 % Terre végétale</li> <li>○ Additifs : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2kg de corne</li> <li>▪ Spores d'endomycorhizes Premier Tech n° d'homologation 6080001</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> + 3 à 7 kg/m <sup>3</sup> FALIORGA- PREMIER TECH HORTICULTURE 5-3-8 en incorporation
TOUR VÉGÉTALE – PREMIER TECH 2016 (x1)	PREMIER TECH HORTICULTURE, substrat biotisable (de 2016 = deuxième année de culture) <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tourbe irlandaise fraction</li> <li>➤ Tourbe baltique fibreuse</li> <li>➤ Ecorce de pin maritime compostée</li> <li>➤ Woodtech</li> </ul> +2 à 4 g/L de substrat en surfacage FALIORGA- PREMIER TECH HORTICULTURE 5-3-8

TOUR VÉGÉTALE KLASMANN 2016 (x1)	KLASMANN W 913 (de 2016 = deuxième année de culture) <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 50% tourbe blonde fibreuse</li> <li>➤ 30% GreenFibre® moyenne</li> <li>➤ 10% Ecorce de pin maritime moyenne</li> <li>➤ 10% fibre de coco</li> </ul> pH : 6,4 + 5 kg Hi END 8-9 mois +2 à 4 g/L de substrat en surfacage FALIORGA- PREMIER TECH HORTICULTURE 5-3-8
----------------------------------	--

La transplantation des plantes dans les systèmes de culture innovants a eu lieu le 13 et 14 Juin 2017.

### 2.3. Dispositif expérimental

#### 2.3.1. Phase 1 : Production de plantes adaptées aux usages urbains

Afin de produire des plantes destinées à être cultivées dans des systèmes de culture dont la plupart sont verticaux avec des substrats variés, deux types de culture hors sol sont comparés (Tableau 8) :

- Une production en plaque de culture dans un substrat de culture (MYCOTECH® PM101) avec des cocons biodégradables GROWCOON (Figure 10)
- Une production en aéroponie dans le système PLATINIUM AEROPRO 100 avec des billes d'argile (Figure 10)

**Tableau 8 : Tableau expliquant les systèmes utilisés, les modalités, le nombre de plantations et le support racinaire pour la production en plaque de culture et en aéroponie en phase 1 de l'essai.**

Modalités Phase 1 : Production			
	Système	Nombre de plantation	Support racine
Production en plaque de culture	Plaque de culture	230	Substrat PLANTATION MYCOTECH® PM101 + cocons biodégradables GROWCOON
Production aéroponie	2 systèmes PLATINIUM AEROPRO 100	144	Panier + billes d'argile

#### Nature de la solution fertilisante en aéroponie :

Marque : General Hydroponics Europe (GHE)

La gamme utilisée est Flora Series composée de trois solutions fertilisantes : FloraGro, FloraMicro et FloraBloom dont la composition est décrite dans les tableaux 9A et 9B.

**Tableau 9A : Tableau des compositions des solutions fertilisantes utilisées pour la production en aéroponie sur le système PLATINIUM AEROPRO 100.**

FloraGro 3-1-6	FloraMicro 5-0-1	FloraBloom 0-5-4
Azote total (N) 3% Azote ammoniacal 1% Azote nitrique 2% Phosphate disponible (P2O5) 1% Potassium soluble (K2O) 6% Magnésium soluble (MgO) 0.8 %	Azote total (N) 5% Azote ammoniacal 1.5% Azote nitrique 3.5% Potassium soluble (K2O) 1.3% Bore (B) 0.01% Calcium (CaO) 1.4 % Cuivre (Cu) Chélaté EDTA 0.01% Fer (Fe) Chélaté 6% EDDHA – 11% DPTA 0.12% Manganèse (Mn) Chélaté EDTA 0.05% Molybdène (Mo) 0.002% Zinc (Zn) Chélaté EDTA 0.015%	Phosphate disponible (P2O5) 5% Potassium soluble (K2O) 4% Magnésium soluble (MgO) 3% Soufre soluble (SO4) 5%

Pour une conductivité = 1,1 - 1,2 mS

**Tableau 9B : Tableau de préparation de la solution fertilisante utilisée en fertilisation minérale sur le système en aéroponie Platinum Aeropro 100**

	Flora Micro	Flora Grow	Flora Bloom
%	29	46	25
mL pour 1L d'engrais au total	291	457	252

Volume de chaque engrais à diluer dans 9L d'eau



Figure 10 : Comparaison de deux systèmes de production : système PLATINIUM AEROPRO 100, production en plaque de culture avec cocons biodégradables GROWCOON (AREXHOR SEINE-MANCHE, 2017)

### 2.3.2. Phase 2 : Etude de supports de culture innovants

Dans un second temps, une évaluation de la reprise végétative sur les 5 systèmes innovants, d'une partie des plantes issues de la culture en aéroponie et une autre partie issue de la production en plaque de culture est réalisée (Tableau 10). La transplantation sur les 5 systèmes de culture innovants a eu lieu le 26 mai 2016.

Tableau 10 : Tableau expliquant les modalités, le nombre de plantations et le type de substrat par type de système utilisé, pour la phase 2 de l'essai.

Système	Nombre de plantation		Substrat
	Pour les plantes issues de production en plaque de culture	Pour les plantes issues de production en aéroponie	
Tour végétale MYCOTECH 2017 (CARRE SERRE)	20	30	PLANTATION MYCOTECH® PM101
Tour CASCADA COLOR (LECHUZA)	30 plantes sur 2 systèmes	30 plantes sur 2 systèmes	
Murs CITYMUR HOME (CITE FLOR)	30 plantes sur 2 systèmes	30 plantes sur 2 systèmes	
Murs VERTISS PLUS (AMAEVA)	30 plantes sur 2 systèmes	30 plantes sur 2 systèmes	
BALCONERA COTTAGE 80 (LECHUZA)	24 plantes sur 6 systèmes	24 plantes sur 6 systèmes	

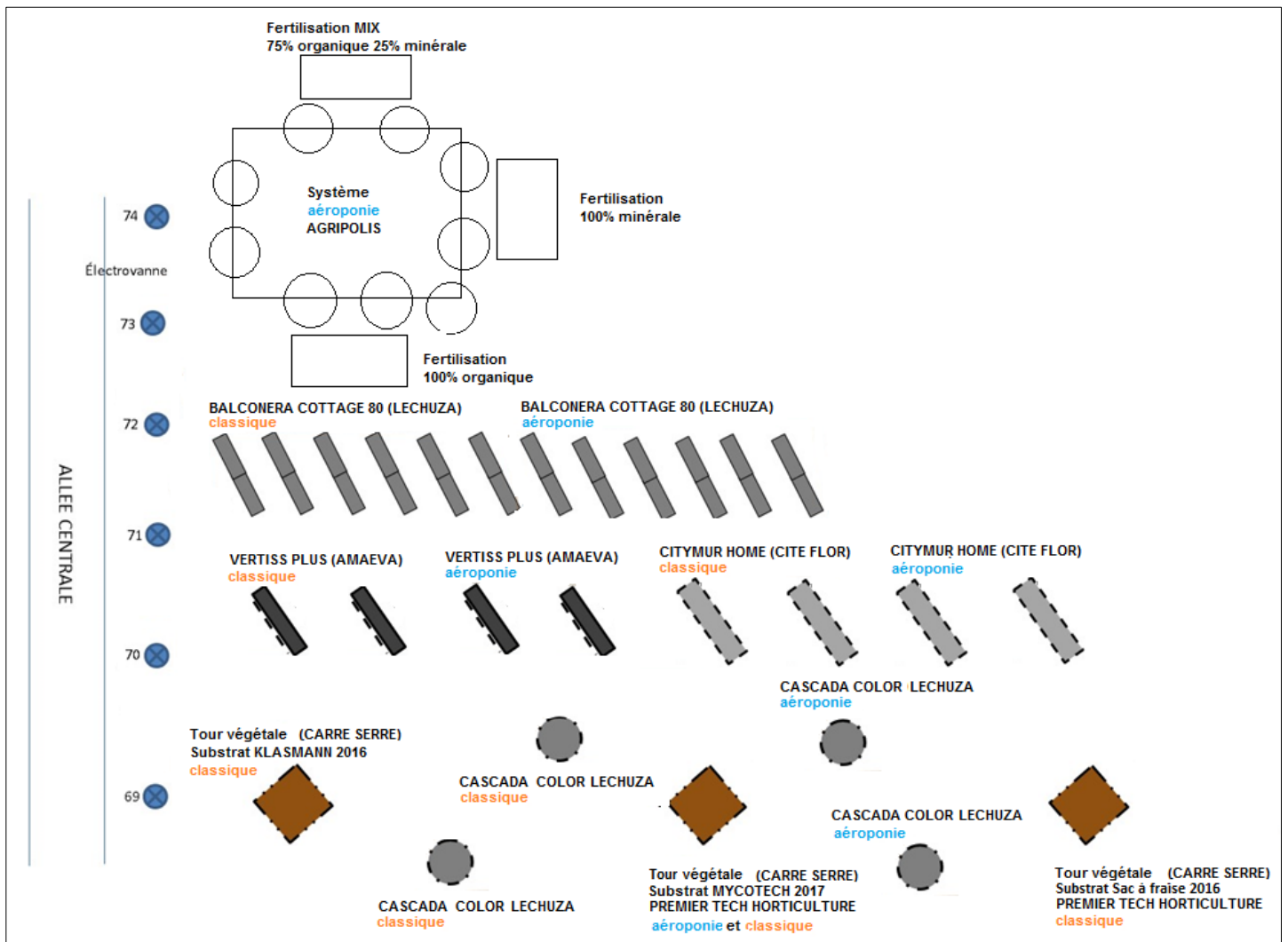


Figure 11 : Plan schématisé de la parcelle de PROD'URBAN



Figure 12 : Photos de la parcelle de Prod'Urban au 11 août 2017

### **2.3.3. Phase 3 : Etude de différentes modalités de culture en post-production**

- Trois substrats de composition et d'année de production différentes ont été testés sur le système Tour Végétale – Carré Serre (Tableau 11).

Sur le système Tour Végétale – Carrée Serre, trois substrats de composition différente ont été testés.

**Tableau 11 : Tableau expliquant les modalités, le nombre de plantations, pour la phase 3 – substrat de l'essai sur le système tour végétale Carré Serre**

Système	Modalités	Nombre de plantation	
		Pour les plantes issues de production en plaque de culture	Pour les plantes issues de production en aéroponie
Tours végétales (CARRÉ SERRE)	Tour MYCOTECH 2017 : substrat 2017 PLANTATION MYCOTECH® PM101 (PREMIER TECH HORTICULTURE)	20	30
	Tour PREMIER TECH 2016 : substrat biotisable sac à fraise saison 2016 (PREMIER TECH HORTICULTURE)	20	0
	Tour KLASMANN 2016 : substrat saison 2016 (KLASMANN)	20	0

- Trois solutions fertilisantes différentes ont été testées sur le système en aéro-hydroponie Agripolis (Tableau 12), une fertilisation minérale (Tableau 13A et 13B), une fertilisation organique (Tableau 14A et 14B) et une fertilisation mixte : 75 % organique + 25 % minérale (Tableau 15).

**Tableau 12 : Tableau expliquant les modalités, le nombre de plantations, pour la phase 3 – solution fertilisante de l'essai sur le système en aéro-hydroponie Agripolis**

Système	Modalités	Nombre de plantation	Support racine
Système fourni par AGRIPOLIS (3 fois 3 tours)	Ferti 1 : 100 % organique	156 (52 plantes par espèces)	Billes d'argile
	Ferti 2 : 100 % minérale	156 (52 plantes par espèces)	Billes d'argile
	Ferti 3 : 75 % organique et 25 % minérale	156 (52 plantes par espèces)	Billes d'argile

### Nature des solutions fertilisantes :

Marque : General Hydroponics Europe (GHE)

#### ➤ Fertilisation 100% minérale

**Tableau 13A : Tableau des compositions des solutions fertilisantes utilisées en fertilisation minérale sur le système en aéro-hydroponie Agripolis**

FloraGro 3-1-6	FloraMicro 5-0-1	FloraBloom 0-5-4
Azote total (N) 3%	Azote total (N) 5%	Phosphate disponible (P2O5) 5%
Azote ammoniacal 1%	Azote ammoniacal 1.5%	Potassium soluble (K2O) 4%
Azote nitrique 2%	Azote nitrique 3.5%	Magnésium soluble (MgO) 3%
Phosphate disponible (P2O5) 1%	Potassium soluble (K2O) 1.3%	Soufre soluble (SO4) 5%
Potassium soluble (K2O) 6%	Bore (B) 0.01%	
Magnésium soluble (MgO) 0.8 %	Calcium (CaO) 1.4 %	
	Cuivre (Cu) Chélaté EDTA 0.01%	
	Fer (Fe) Chélaté 6%	
	EDDHA – 11% DPTA 0.12%	
	Manganèse (Mn) Chélaté EDTA 0.05%	
	Molybdène (Mo) 0.002%	
	Zinc (Zn) Chélaté EDTA 0.015%	

Pour une conductivité = 1,1-1,2 mS

**Tableau 13B : Tableau de préparation des solutions fertilisantes utilisées en fertilisation minérale sur le système en aéro-hydroponie Agripolis**

	Flora Micro	Flora Grow	Flora Bloom
%	29	46	25
mL pour 1L d'engrais au total	291	457	252

Volume de chaque engrais à diluer dans 9L d'eau

➤ **Fertilisation 100% organique**

**Tableau 14A : Tableau des compositions des solutions fertilisantes utilisées en fertilisation organique sur le système en aéro-hydroponie Agripolis**

BioSevia Bloom 2-2-4	BioSevia Grow 3-1-6
Azote total (N) 2.20%	Azote total (N) 3.93%
Azote nitrique 0.002%	Azote nitrique 0.03%
Azote ammoniacal 0.65%	Azote ammoniacal 0.9%
Azote organique 1.53%	Azote organique 3%
Phosphate disponible (P2O5) 3%	Phosphate disponible (P2O5) 1.95%
Soufre soluble (SO4) 6%	Soufre soluble (SO4) 5%
Potassium soluble (K2O) 4%	Potassium soluble (K2O) 6%
Magnésium (Mg) 1.8%	Magnésium (Mg) 1.5%
Fer (Fe) 320 ppm	Fer (Fe) 1100 ppm
Cuivre (Cu) 60 ppm	Cuivre (Cu) 150 ppm
Zinc (Zn) 110 ppm	Zinc (Zn) 130 ppm
Bore (B) 36 ppm	Bore (B) 150 ppm
Manganèse (Mn) 100 ppm	Manganèse (Mn) 450 ppm

Pour une conductivité = 1,1-1,2 mS

**Tableau 14B : Tableau de préparation des solutions fertilisantes utilisées en fertilisation organique sur le système en aéro-hydroponie Agripolis**

	BioSevia Grow	BioSevia Bloom
%	68	32
mL pour 1L d'engrais au total	678	322

Volume de chaque engrais à

diluer dans 9L d'eau

➤ **Fertilisation 75% organique 25% minérale**

Pour une conductivité = 1,1-1,2 mS

**Tableau 15 : Tableau de préparation des solutions fertilisantes utilisées en fertilisation mixte (75% organique + 25% minérale sur le système en aéro-hydroponie Agripolis**

	BioSevia Grow	BioSevia Bloom	Flora Micro	Flora Grow	Flora Bloom
%	51	24	7	11	6
mL pour 1L d'engrais au total	509	242	73	114	63

Volume de chaque engrais à diluer dans 9L d'eau

#### 2.4. Variables mesurées et planning de notation

Les notations réalisées durant l'essai sont regroupées dans le Tableau 16.

**Tableau 16 : Notations réalisées durant l'essai**

Notation réalisée	Fréquence	Système concerné
Suivi de l'EC et du ph	2 fois par jour	- PLATINIUM AEROPRO 100 / PLATINIUM - Système d'aérohydroponie fourni par AGRIPOLIS
Hauteur et qualité des plantes (en Phase 1 : Production)	1 fois par semaine	- PLATINIUM AEROPRO 100 / PLATINIUM - Production en plaque de culture avec cocons biodégradables GROWCOON
Hauteur et qualité des plantes (pendant toute la saison)	1 fois toutes les 2 semaines	- Système d'aérohydroponie fourni par AGRIPOLIS
Hauteur et qualité des plantes (en Phase 2 : Reprise)	Toutes les 2 semaines	- Tous les systèmes innovants à l'extérieur
Poids Frais (partie aérienne)	1 notation finale	Tomate, Basilic et Tagete des 2 systèmes aéroponiques et de tous les systèmes innovants extérieurs
Rendement/Récolte	Au fur et à mesure de la maturité des tomates	Tomate des 2 systèmes aéroponiques et de tous les systèmes innovants extérieurs
Longueur racinaire	1 notation finale	- Les 3 modalités du système d'aérohydroponie fourni par AGRIPOLIS
Photos	A chaque notation	Les 2 systèmes aéroponiques et tous les systèmes innovants extérieurs

➤ La hauteur et la longueur racinaire est relevée pour chaque plante en cm

➤ La qualité de la culture est estimée selon l'échelle suivante :

Qualité A : Plante extra, masse foliaire, symétrie, hauteur

Qualité B : Plante avec défaut : feuillage abime, plante peu ramifiée, dyssymétrie

Qualité C : Plante invendable, défauts fortement exprimés et plante morte

➤ Le poids frais et le rendement sont mesurés en grammes en fin d'essai

Planning de notation en Annexe 2

## 2.5. Analyse statistique des données et présentation des résultats

- Cohérence de l'essai :

Les variables qui résultent d'une mesure ou d'une estimation visuelle en nombre suffisant (> 20 plantes) sont soumises à une analyse de variance.

- Comparaison des modalités

Test de NEWMAN et KEULS pour comparer les modalités entre elles.

Les résultats seront présentés comme le montre le Tableau 17 :

**Tableau 17 : Variables mesurées et mode de présentation des résultats pour chaque facteur étudié**

Facteurs étudiés	Variables mesurées	Mode de présentation
Climat	T° et HR	Cinétique
Hauteur des plantes	Hauteur	Histogramme
Qualité commerciale des plantes	Qualité commerciale	Histogramme
Rendement des pieds de tomates	Poids de récolte	Histogramme
Poids-frais aérien	Poids-frais	Histogramme
Longueur racinaire	Longueur	Histogramme

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Phase 1 : Etude de la production de plantes adaptées aux usages urbains - Comparaison de 2 conduites de cultures: plaque de culture et aéroponie

Pour la partie production en plaque de culture avec cocons biodégradables GROWCOON et en aéroponie avec le système PLATINIUM AEROPRO 100 (Figure 13), des notations de hauteur et de qualité ont été réalisées toutes les semaines.



Figure 13: photo des plantes au 12 juin 2017, système en plaque de culture à gauche et système en aéroponie à droite.

Le système en aéroponie permet d'obtenir des plantes (toutes espèces confondues) de hauteur significativement plus importante, de 40,44 cm en moyenne, contre 17,71 cm en plaque de culture en fin de phase de production (Figure 14) et cela seulement après 10 jours de mise en production pour la tomate et le basilic (Figure 14). Les hauteurs plus importantes ont été observées en aéroponie pour les trois espèces (Figure 15), on peut noter que la différence de hauteur des plantes entre les deux systèmes de production est d'autant plus important pour la tomate que pour le basilic et les tagètes.

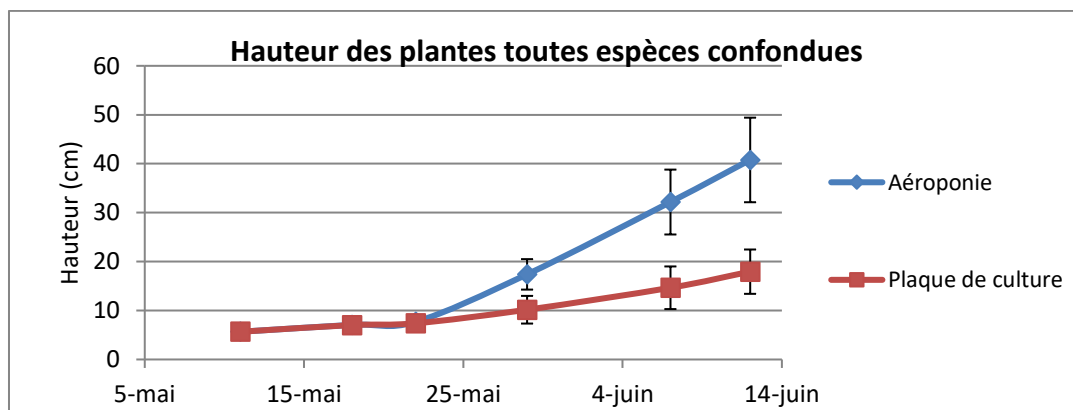


Figure 14: Hauteur des plantes toutes espèces confondues au cours du temps

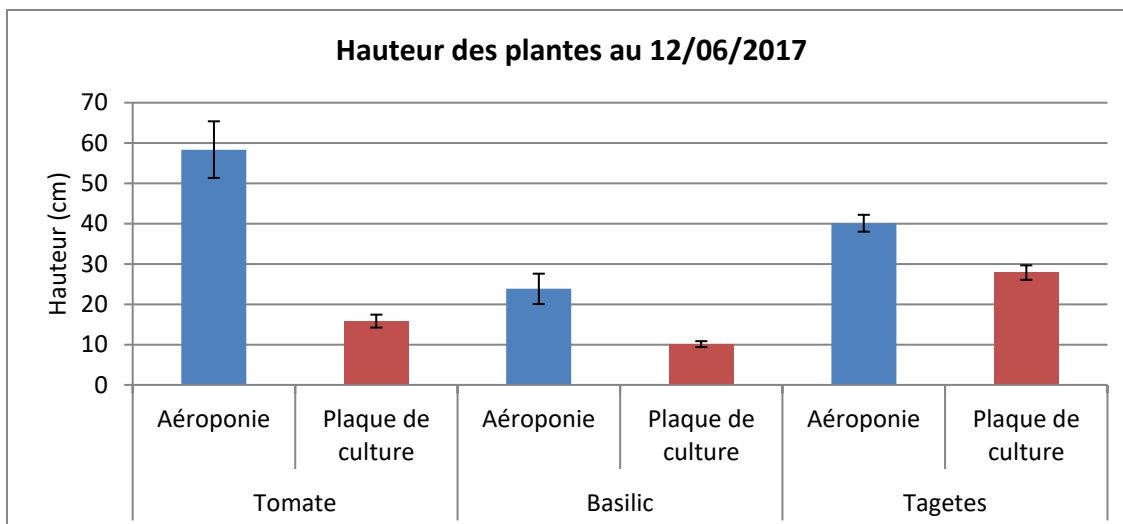


Figure 15: Hauteur de chaque espèce pour chaque conduite culturale à la dernière notation (12/06/17)

En terme de qualité (figure 16), les deux systèmes, plaque de culture et aéroponie, sont équivalents pour obtenir des plants de tomate et de tagète de très bonne qualité. Concernant le basilic, l'aéroponie permet également d'obtenir des plantes de meilleure qualité qu'en plaque de culture mais dans une moindre mesure comparée aux deux autres espèces. En effet, sur 30 plantes de basilic annotées en aéroponie seulement 16 sont de qualité A, toutefois moins de plante de qualité B et C sont obtenues en aéroponie comparé à la production en plaque de culture (figure 16).

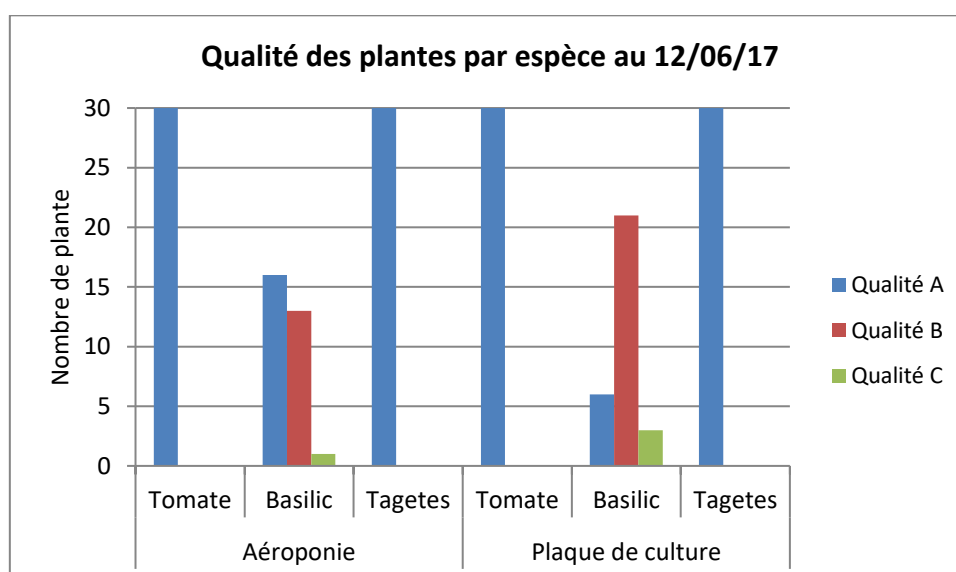


Figure 16 : Nombre de plantes de tomate, basilic et tagète (sur 30 plantes pour chaque espèce) de qualité A, B et C, pour les deux systèmes de production, à la dernière notation de la phase 1 de production.

Qualité A : Plante extra, masse foliaire, symétrie, hauteur.

Qualité B : Plantes avec défaut : feuillage abimé, plante peu ramifiée, dysmétrie

Qualité C : plante invendable, défauts fortement exprimé et plante morte



Plantes issues  
de la  
production en  
aéroponie

**Figure 17: photo des plantes au 14 juin 2017, lors de la transplantation des plantes à partir des systèmes de production (plaque de culture et aéroponie) sur les systèmes de culture innovants, Tour végétale CASCADA COLOR (Lechuza) à gauche et Tour végétale (Carrée Serre) à droite.**

Toutefois, il faut noter qu'au moment de la transplantation dans les systèmes de culture innovants (Figure 17), les 13 et 14 juin, les plantes issues de la culture en aéroponie présentaient une hauteur hors norme et un étiolement important. Ceci peut s'expliquer par le fait que les plantes issues de l'aéroponie ont reçu une fertilisation en continu alors que les plantes en production en plaque de culture n'ont reçu aucun engrais.

En conclusion, cet essai en phase de production a pu mettre en évidence que l'aéroponie permet d'obtenir des plantes plus grandes et plus rapidement qu'en plaque de culture non fertilisée. Les deux systèmes de production permettent globalement d'obtenir des plantes de bonnes qualités. Toutefois, nous pouvons noter que l'étiolement des plantes est un critère qui n'a pas été pris en compte d'en la notation de qualité des plantes et qu'au vue de la rapidité de croissance des plantes de tomates en aéroponie, celles-ci pourraient être implantées plus tôt que celles obtenues en plaque de culture afin d'éviter ce développement hors norme des plantes.

### **3.2. Phase 2 : Etude des plantes issues de la phase 1 en phase de post-production sur les 5 systèmes innovants et évaluation des systèmes innovants**

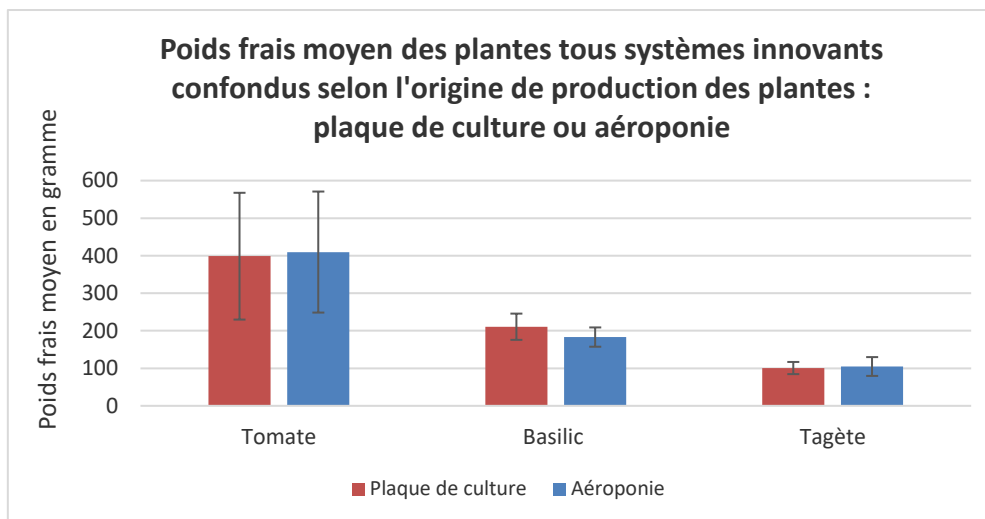
Pour la partie reprise de croissance en systèmes innovants, des notations de hauteur et de qualité ont été réalisées toutes les deux semaines, ainsi que des notations lors des récoltes, quatre fois sur la durée de l'essai et à la fin de l'essai une notation poids frais a conclu l'expérimentation.

La figure 18 présente des photos des 5 systèmes innovants au cours de l'expérimentation à la date du 28 juillet 2017.



**Figure 18 : Photos des cinq systèmes innovants au cours de la culture, à la date du 28 juillet 2017. De gauche à droite et de haut en bas : tour végétale (Carré Serre), Tour végétale CASCADA COLOR (Lechuza), Mur végétalisé penché VERTISS PLUS (Amaeva), Mur végétal CITYMUR HOME (CitéFlor), Jardinière COTTAGE 80 (Lechuza).**

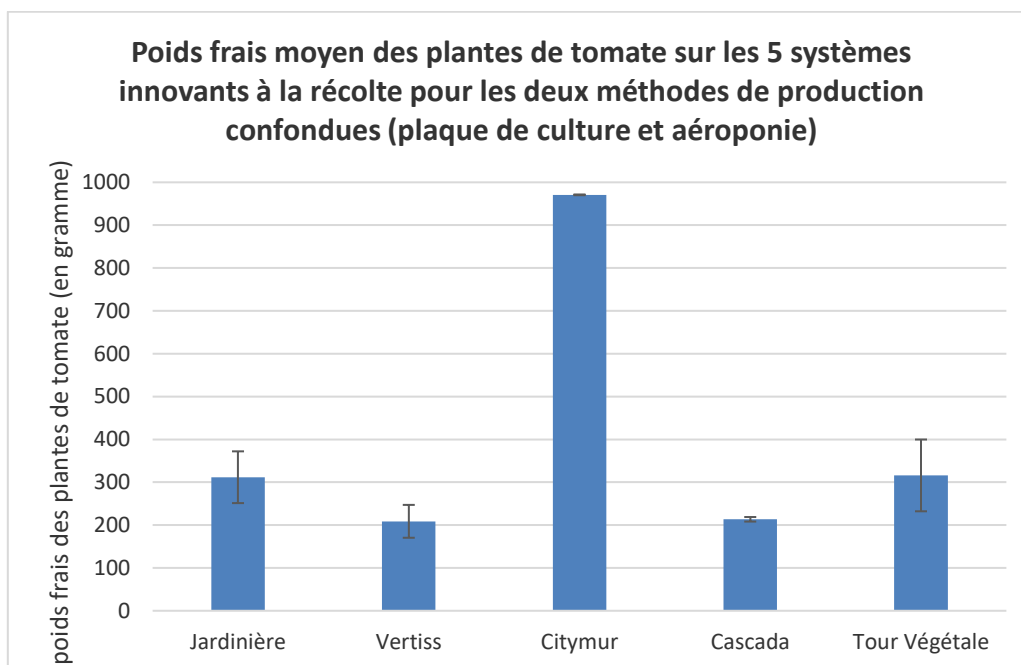
Les deux techniques culturales de production, plaque de culture ou aéroponie, ne se distinguent pas significativement en post-production sur les cinq systèmes innovants en terme de poids frais moyen de plantes obtenu à la fin de la phase 2 de l'expérimentation, et cela pour l'ensemble des trois espèces étudiées (Figure 19).



**Figure 19 : Poids frais moyen (en gramme) des plantes cultivées tous systèmes innovants confondus à la date de récolte finale, le 12 septembre 2017, selon l'origine de production, plaque de culture ou aéroponie, des plantes de tomate, basilic et tagète**

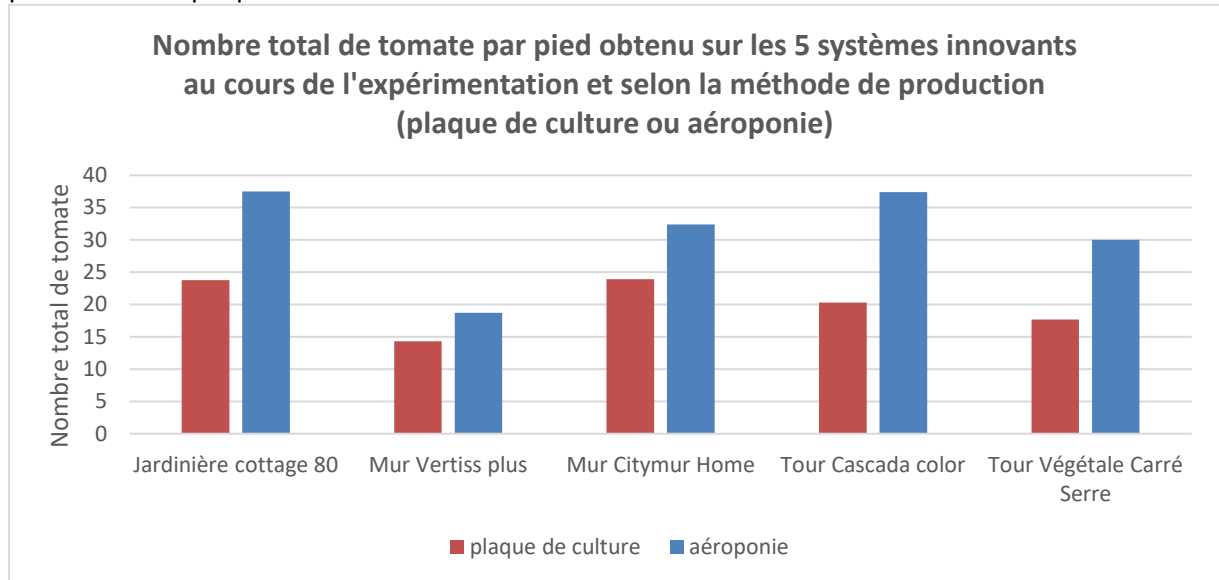
Pour la suite de l'étude des cinq systèmes innovants, la tomate servira de modèle pour présenter les résultats. Tout au long de l'expérimentation c'est l'espèce qui est apparue la plus probante pour comparer les systèmes entre eux.

A la date de récolte, le poids frais des pieds de tomate le plus élevé est obtenu avec le système Citymur Home (Figure 20).



**Figure 20 : Poids frais moyen (en gramme) des plantes de tomates cultivées sur les 5 systèmes innovants, à la date de récolte finale le 12 septembre 2017, toutes origines de production confondues, plaque de culture et aéroponie.**

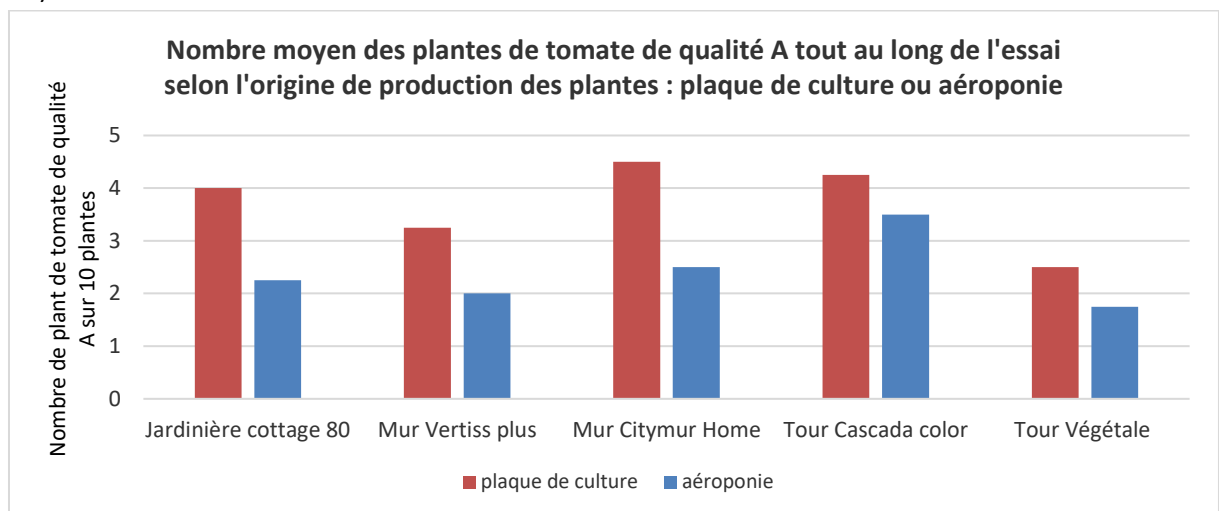
Pour une meilleure récolte en nombre de tomate par pied, les systèmes Jardinière cottage 80 et Tour Cascada Color sont les plus pertinents alors que le système Vertiss Plus est celui qui donne le moins de production en nombre de tomate, les autres systèmes, Tour végétale de Carré Serre et Citymur Home permettent d'obtenir des rendements en nombre de tomate par pied équivalents (Figure 21). La figure 21 permet également de mettre en évidence que les plants de tomate produits en aéroponie ont tendance à produire plus de tomate en phase 2 sur les systèmes innovants que ceux obtenus en production sur plaque de culture.



**Figure 21 : Rendement en nombre de tomate par pied sur les cinq systèmes innovants selon leur origine de production (plaque de culture ou aéroponie) pour l'ensemble des récoltes.**

En terme de qualité de plantes obtenue, Il n'y a pas de différence significative entre tous les systèmes innovants. On constate toutefois que le système Tour Cascada Color est celui qui a tendance à fournir le plus de plantes de tomate de qualité A en moyenne, tout au long de l'essai, quel que soit l'origine de production (Figure 22).

En phase 2 de post-production sur les cinq systèmes innovants, on observe que le nombre de plantes de tomate de qualité A d'origine de production sur plaque de culture a tendance à être supérieur au nombre de plantes de tomate de qualité A obtenues en phase 1 de production en aéroponie (Figure 22).



**Figure 22 : Nombre moyen de plantes de tomate de qualité A tout au long de l'essai sur les cinq systèmes innovants selon leur origine de production (plaque de culture ou aéroponie). Notation effectuée sur 10 pieds de tomate.**

La phase 2 de post production a montré qu'il est possible d'obtenir de bons résultats sur les cinq systèmes innovants testés. Les systèmes jardinière cottage 80 et Tour cascada color ont tendance à se dégager en terme de quantité de tomates produites tout au long de l'expérimentation.

Ces résultats ont également permis de mettre en évidence que les plantes produites en plaque de culture ont tendance à être ensuite de meilleure qualité en phase de post-production, tandis que les plantes produites en aéroponie ont tendance à donner un meilleur rendement en post-production sur les systèmes innovants.

### **3.3. Phase 3 : Etude de différentes modalités de culture en post-production**

#### **3.3.1. Etude de l'influence de 3 substrats de composition et d'année de production différentes sur le système Tour végétale - Carrée Serre**

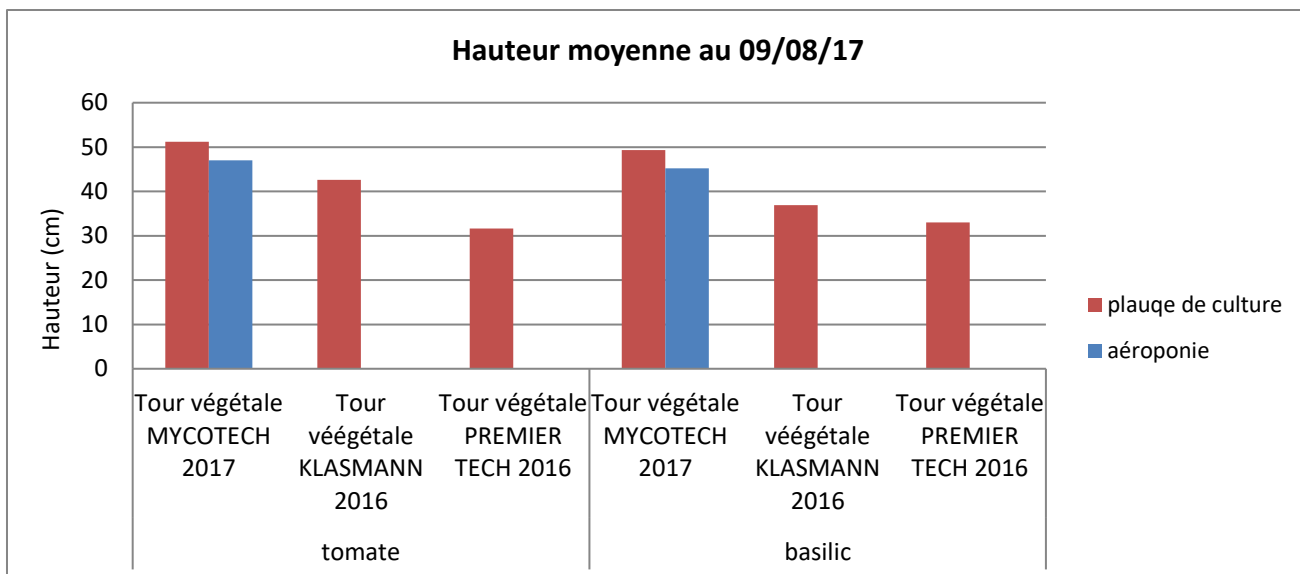
Pour cette partie d'essai, des notations de hauteur et de qualité ont été réalisées toutes les deux semaines, ainsi que des notations à la récolte, quatre fois sur la durée de l'essai et à la fin de l'essai une notation poids frais a conclu l'expérimentation.

La figure 23 présente des photos des 3 tour végétale Carré Serre au cours de l'expérimentation à la date du 11 août 2017.



**Figure 23 : Photos des tours végétales Carré Serre, à la date du 11 août 2017. De gauche à droite tour végétale (Carré Serre) substrat PLANTATION MYCOTECH® PM101 – PREMIER TECH HORTICULTURE (de 2017), PREMIER TECH HORTICULTURE de 2016 et KLASMANN W 913 de 2016.**

Les mesures de hauteur permettent de mettre en évidence que les tomates et le basilic ont tendance à avoir une meilleure croissance sur la tour contenant le substrat PLANTATION MYCOTECH® PM101 – PREMIER TECH HORTICULTURE en première année de production (année 2017), que sur les deux autres tours avec les deux autres substrats en deuxième année de production, et cela quel que soit l'origine de production plaque de culture ou en aéroponie (Figure 24).



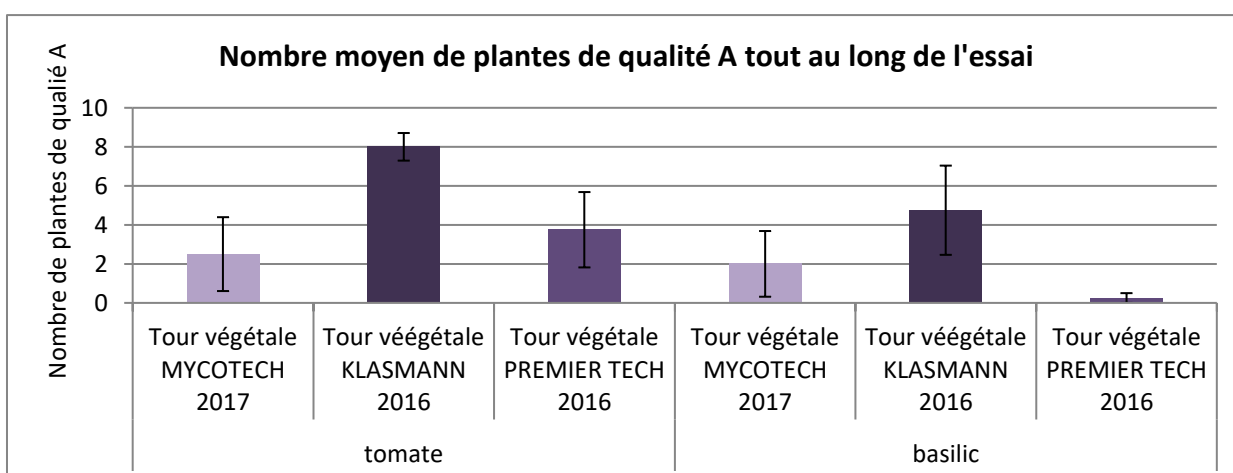
**Figure 24: Hauteur moyenne des plantes (notation sur 10 plantes) à la notation du 09/08/17**

En terme de qualité, c'est le substrat KLASMANN qui permet d'obtenir significativement plus de plantes de qualité A, toutes espèces confondues, comparé aux deux autres substrats qui permettent d'obtenir un nombre moins important et équivalent de plantes de qualité A (Tableau 18).

Lorsque l'on observe séparément les espèces, la tomate et le basilic, le nombre moyen de plantes de qualité A, a en effet tendance à être supérieure avec le substrat KLASMANN comparé au nombre de plantes de qualité A obtenu avec les deux autres substrats (Figure 25).

**Tableau 18: Test de NEWMAN-KEULS après analyse de variance (alpha=5%) pour la qualité (toutes espèces et dates confondues)**

LIBELLES	MOYENNES (nombre moyen de plante de qualité A)	GROUPES HOMOGENES	
Tour KLASMANN 2016	6.375	A	
Tour MYCOTECH2017	2.25		B
Tour PREMIER TECH 2016	2		B



**Figure 25 : Nombre moyen de plantes de qualité A, d'origine de production en plaque de culture, sur tour végétale CARRE SERRE avec différents substrats, tout au long de l'essai.**

En conclusion, cette approche comparative de différents substrats dans les tours végétales Carré Serre a permis de montrer que globalement, les plantes avaient une meilleure croissance sur le substrat de Premier Tech Horticulture MYCOTECH en première année de production, tandis que le substrat de Klasmann en deuxième année de production permettait d'obtenir en moyenne des plantes de qualité plus probante.

### **3.3.2. Etude de 3 solutions fertilisantes de compositions différentes sur le système aéro-hydroponie d'Agripolis**

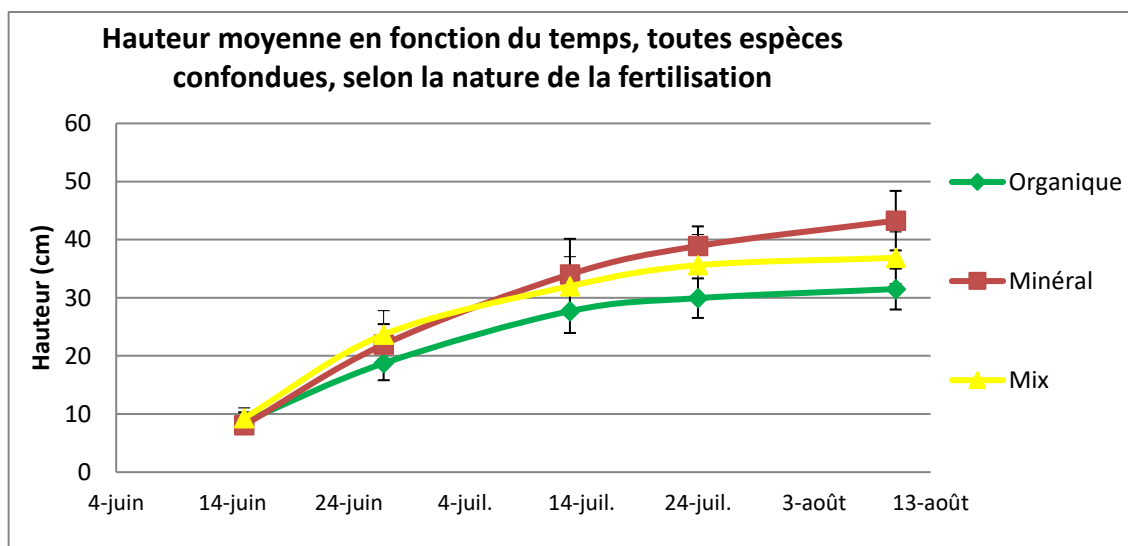
Pour cette partie, des notations de hauteur et de qualité ont été réalisées toutes les semaines, ainsi que des notations de rendement, trois fois sur la durée de l'essai et à la fin de l'essai une notation poids frais et une mesure de longueur racinaire a conclu l'essai.

La figure 26 présente le système Agripolis à la date du 11 août 2017.



**Figure 26 : Photos du système aéro-hydroponie d'Agripolis au 11 août 2017**

On a pu observer tout au long de l'expérimentation en aéro-hydroponie sur le système Agripolis, un meilleur développement des plantes lorsqu'elles sont alimentées avec la fertilisation minérale (Figure 27). La croissance des plantes la plus faible est observée pour la fertilisation organique, tandis qu'avec la fertilisation mix (75% organique 25% minérale) la hauteur des plantes observées est intermédiaire à celle obtenue avec les deux autres solutions fertilisantes.



**Figure 27 : Hauteur moyenne des plantes en cm (notation sur 30 plantes) en fonction du temps, toutes espèces confondues et selon la nature de la fertilisation.**

Pour toutes les espèces, tomate, basilic et tagète, c'est la fertilisation minérale qui permet d'obtenir le plus de plantes de qualité A et c'est avec la fertilisation organique que le plus de plantes de moins bonne qualité sont obtenues (Figure 28). Ces résultats montrent que c'est la tomate qui donne les meilleurs résultats en terme de qualité sur ce système de culture en aéro-hydroponie, comparée au basilic et au tagète.

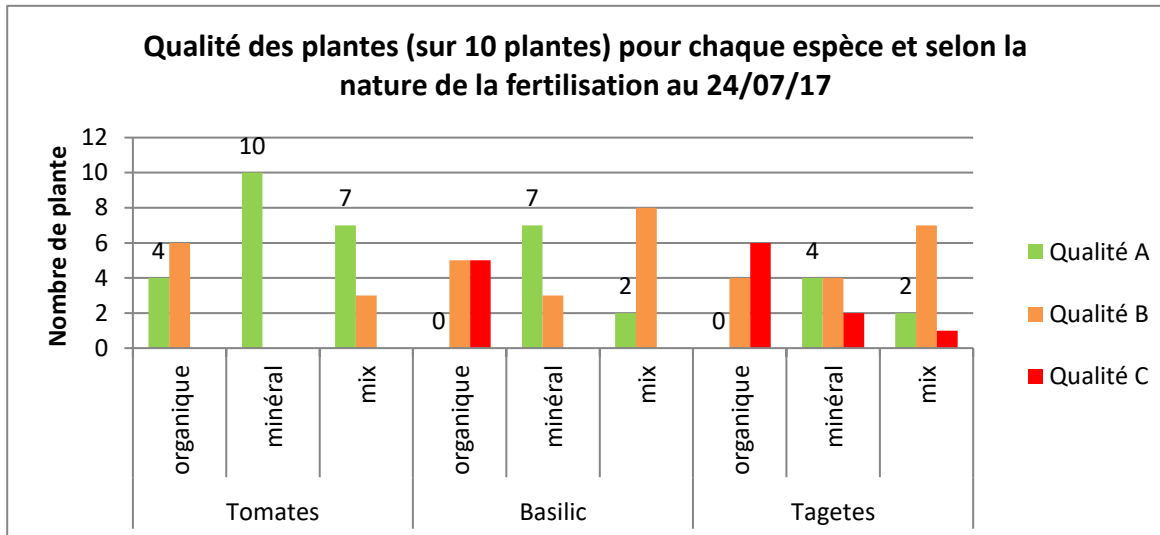


Figure 28 : Nombre de plante par qualité (sur 10 plantes) à la quatrième notation (24/07/17)

Pour l'ensemble des récoltes, un rendement (exprimé en nombre de tomates) plus important est obtenu pour les fertilisation mix et minérale comparée à la fertilisation organique (Figure 29).

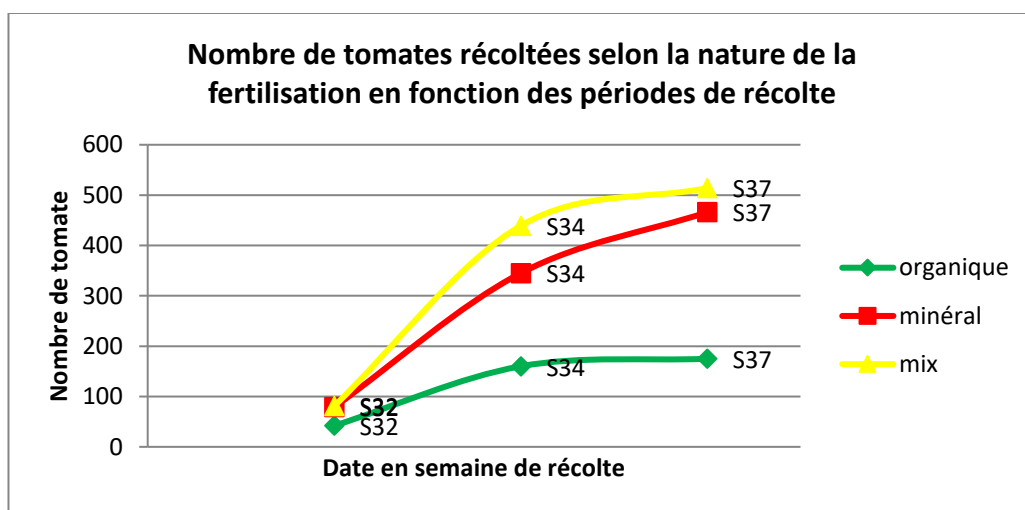


Figure 29 : Nombre de tomates récoltées selon la nature de la fertilisation en fonction des périodes de récolte

Les résultats nous montrent qu'en aéro-hydroponie, c'est la fertilisation minérale qui semble être la mieux maîtrisée pour obtenir des plantes avec un bon développement, de bonne qualité et un bon rendement. Toutefois, l'utilisation d'une solution mixte entre minérale et organique semble prometteuse. La fertilisation organique fait entrer en jeu des mécanismes plus complexes, dont l'activité des microorganismes qui interviennent dans le processus de minéralisation des molécules organiques afin qu'elles deviennent assimilables pour les plantes. Il reste donc des travaux d'expérimentation à mener pour obtenir de meilleurs résultats avec une fertilisation organique en aéro-hydroponie.

### 3.4. Complément d'information sur les deux systèmes en aéroponie étudiés

Au cours de cette expérimentation, nous avons eu l'opportunité de tester deux systèmes en aéroponie, l'un horizontal, Platinium Aéropro 100, et l'autre vertical, aéro-hydroponie Agripolis. Toutefois, la conduite de ces deux cultures en aéroponie n'a pas été réalisée à la même période (du 11 mai au 12 juin pour Aéropro et du 15 juin au 10 août pour Agripolis) pour une question de disponibilité de matériel. De plus, le système Platinium Aéropro 100 a été conduit en intérieur alors que le système aéro-hydroponie Agripolis a été conduit en extérieur. La culture en aéroponie sur système Platinium Aéropro 100 a été conduite en intérieur pour des questions pratiques (branchements électriques pour les différentes pompes, plus proches des installations électriques) et le système d'aéro-hydroponie Agripolis a été installé à l'extérieur pour des raisons de dimension (très grande hauteur du système).

Pour les éléments qui suivent c'est la même fertilisation minérale qui a été utilisée pour les deux systèmes aéroponie Aéropro et aéro-hydroponie Agripolis. Quelques éléments de comparaison entre les deux systèmes ont pu être obtenus.

Pour information les résultats de croissance des plantes sont présentés figure 30 mais comme il a été souligné précédemment les cultures sur les deux systèmes en aéroponie ont été réalisées à des périodes différentes et ont donc pu être influencées par celles-ci.

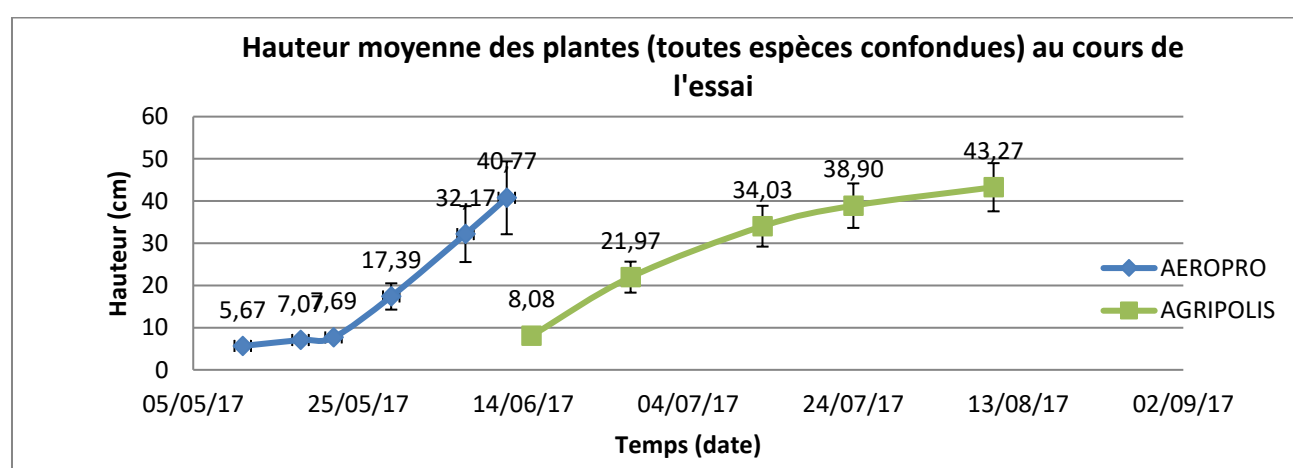


Figure 30 : Hauteur moyenne des plantes (toutes espèces confondues) au cours de l'essai sur le système aéropro et Agripolis

Néanmoins, des différences de qualité importante ont pu être observées entre les deux systèmes en aéroponie (Figure 31). Le système Aéropro semble permettre d'obtenir un nombre de plante de qualité A beaucoup plus important que sur le système aéro-hydroponie Agripolis. Toutefois cette différence peut s'expliquer par le fait que le système Aéropro a été conduit en intérieur alors que le système aéro-hydroponie Agripolis a été conduit en extérieur.

En effet, la figure 32 présente les variations de température qu'à subit le système Aéropro en intérieur. Les températures ont varié entre 16 et 26°C à l'intérieur tout au long de l'expérimentation. Alors qu'en extérieur pour le système Agripolis les températures ont varié entre 12 et 29°C (Figure 33). Des facteurs tels que l'ensoleillement et la pluviométrie ont également pu influencer les résultats obtenus.

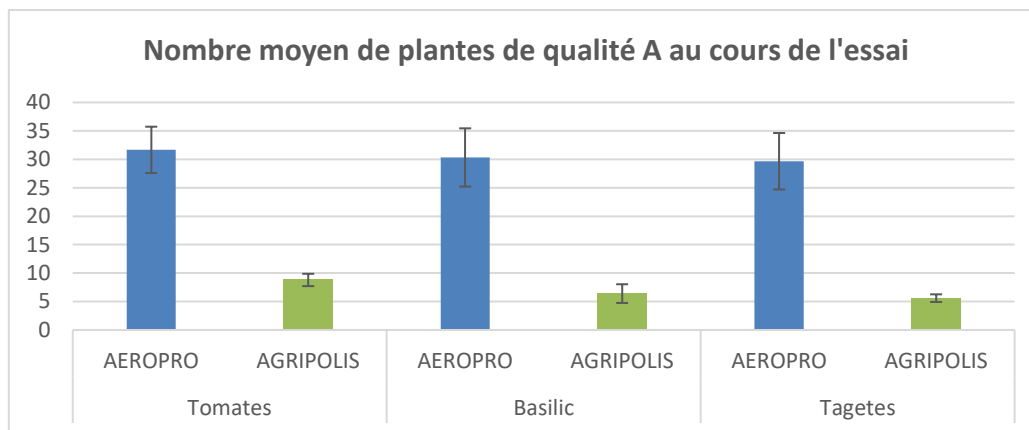


Figure 31 : Nombre moyen de plantes de qualité A au cours de l'essai pour la tomate, le basilic et les tagètes pour les deux systèmes en aéroponie Aeropro et aéro-hydroponie Agripolis.

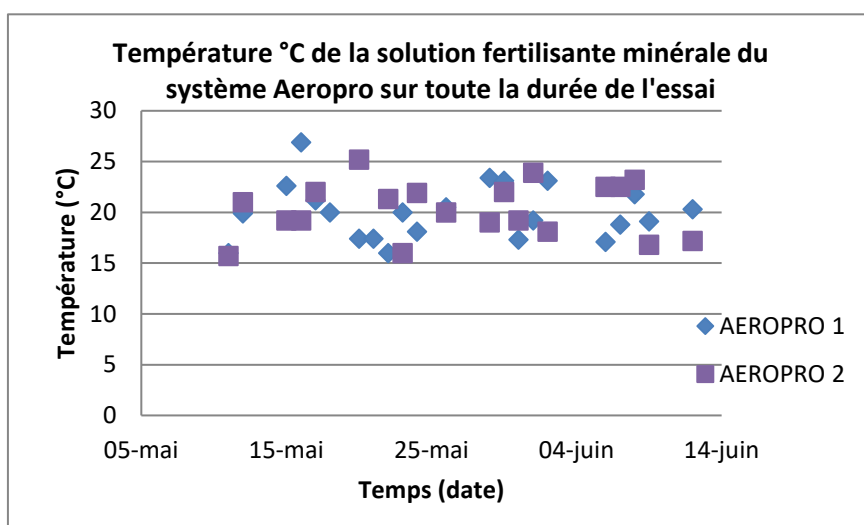


Figure 32 : Suivi de la température de la solution fertilisante minérale sur les 2 systèmes aéroponie Platinum Aeropro 100

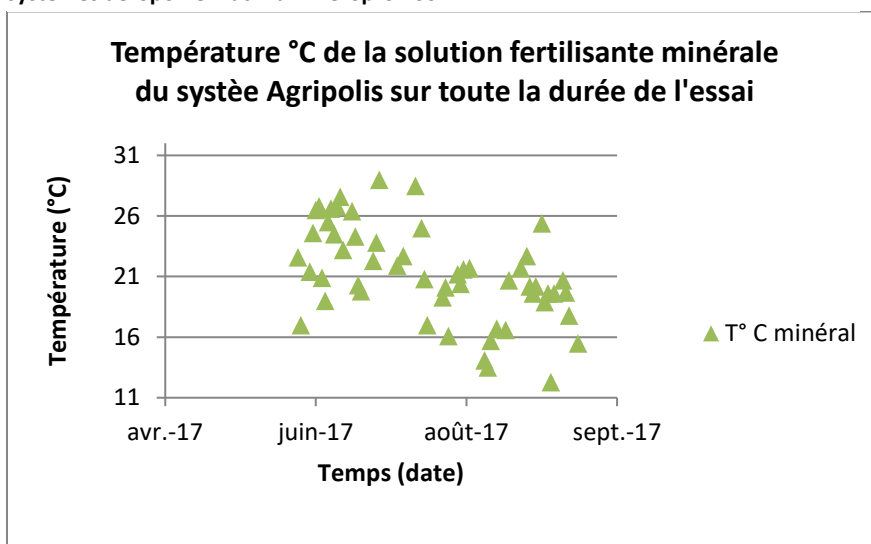
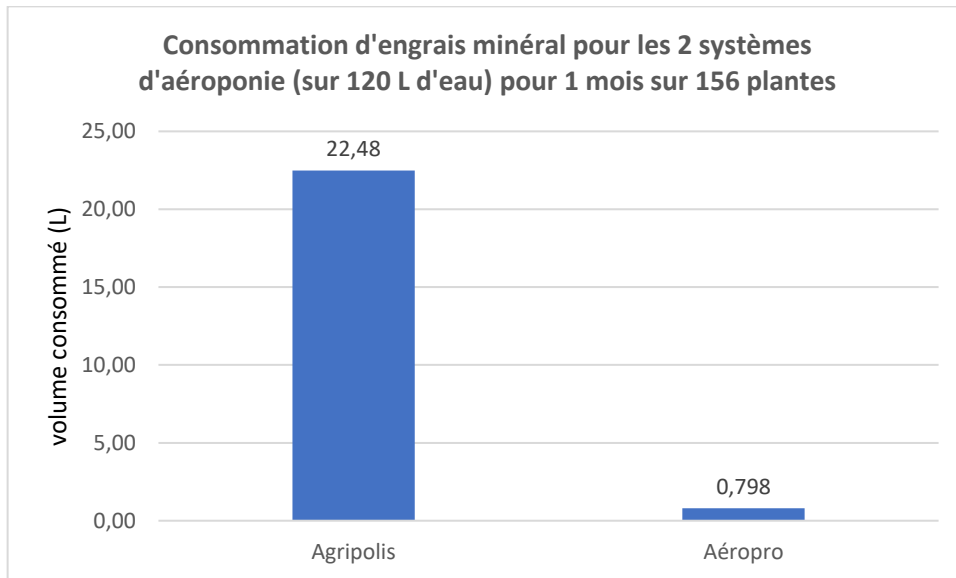


Figure 33 : Suivi de la température de la solution fertilisante minérale du système Agripolis sur toute la durée de l'essai

Cependant, malgré ces différences entre date et lieu de production, les processus de fonctionnement sont très similaires entre les deux systèmes, Aeropro et Agripolis. En effet, les solutions fertilisantes

circulent en circuit fermé, avec une alternance de 15 min ON/OFF. De plus, l'EC et le pH était ajustés aux mêmes valeurs pour les deux systèmes tout au long de l'expérimentation. Néanmoins, la consommation de solution fertilisante a été différente entre les deux systèmes (Figure 35). Sur un mois, pour le bac de fertilisation minérale d'Agropolis de 120L pour 156 plantes, il y a eu 22 L d'engrais minéral consommé contre 115 mL pour le système Aéropro pour un mois également, rapporté au même volume et même nombre de plantes.



**Figure 34 : Consommation totale d'engrais et d'acide pour les 2 systèmes d'aéroponie (sur 360 L d'eau)**

La consommation sur Aéropro est donc beaucoup plus faible. Cela peut en partie s'expliquer par la différence de période de production et qu'en extérieur il peut y avoir un phénomène d'évaporation de la solution. Sur le système vertical Agropolis il a été constaté quelques fuites entre les jointures des supports au cours de l'expérimentation. Un système en aéroponie horizontal, Aéropro, semble donc moins difficile à conduire en intérieur et donc consommé moins de solution fertilisante qu'un système vertical, Agropolis en extérieur. Ces résultats seront à reconfirmer dans des conditions de culture plus similaires.

#### **4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

En 2016, les travaux menés avaient deux objectifs : imaginer et tester une nouvelle méthode de production de plantes adaptées à un usage urbain et tester différents modules proposés aux particuliers avec ces mêmes plantes pour en évaluer la reprise. Le travail de 2017 était donc de valider ses résultats mais aussi de tester d'autres substrats et un autre système avec différentes solutions fertilisantes (tour Agripolis).

Les deux systèmes de production, aéroponie et plaque de culture, ont donné des résultats intéressants. L'aéroponie permet d'obtenir des plantes plus grandes et plus rapidement qu'en production sur plaque de culture non fertilisée. Les deux systèmes de production, plaque de culture et aéroponie, permettent globalement d'obtenir des plantes de bonnes qualités.

La culture en aéroponie est particulièrement éloignée des méthodes de travail des professionnels de l'horticulture et de la pépinière. Il demande une maîtrise et des connaissances suffisantes afin d'obtenir une culture efficace et de qualité.

Par rapport à 2016, quelques améliorations ont pu être apportées au niveau du dosage et du type d'engrais, ainsi qu'aux équilibres d'électro-conductivité et de pH, afin d'avoir des plantes de meilleure qualité et plus résistantes dans le temps. La structure et le fonctionnement du système Aero pro platinum a également été amélioré, et cela, grâce aux conseils des différents fournisseurs et partenaires. Les erreurs réalisées en 2016 ont donc permis de nous améliorer. Ainsi, les connaissances acquises tout au long de ce programme national permettront, à l'avenir, de contribuer, encore, au développement de l'agriculture urbaine.

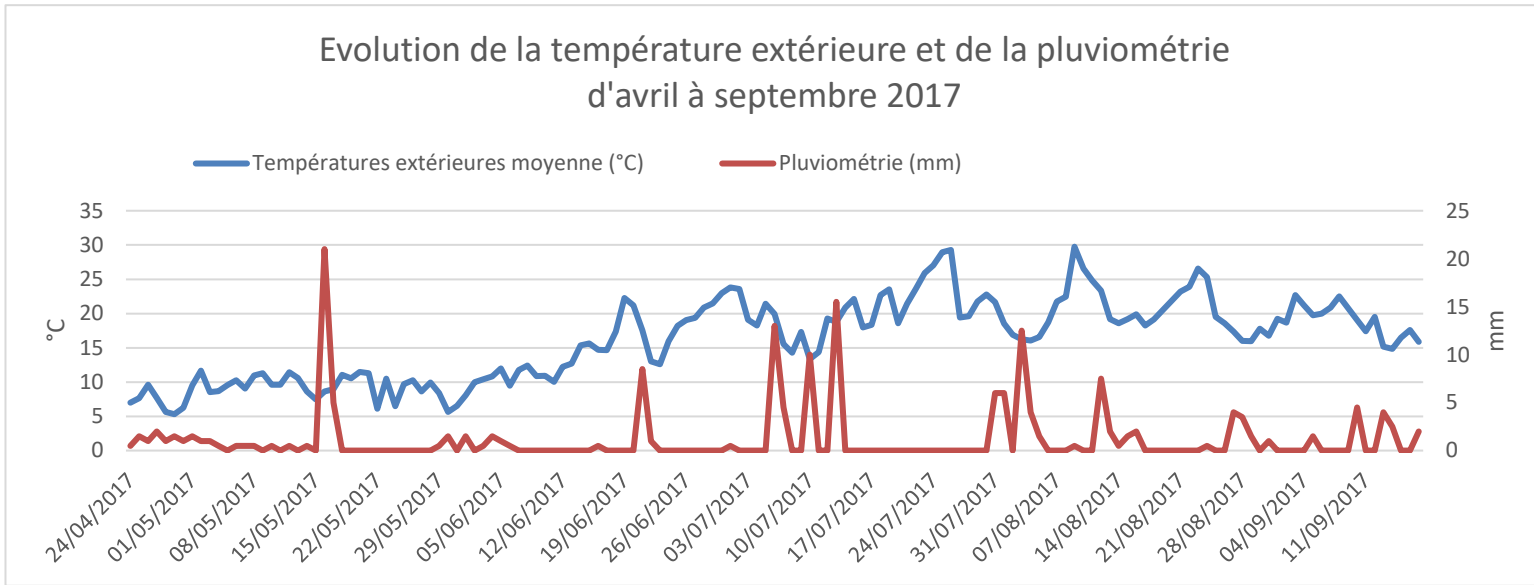
Quoiqu'il en soit, même si la culture en aéroponie reste tout à fait réalisable chez les professionnels, elle paraît encore compliquée pour le particulier. En effet, elle impose un suivi plus régulier et complexe qu'une culture classique.

La culture en aéroponie pourrait être développée chez les professionnels de l'horticulture car elle présente certains avantages. Outre la faible consommation d'eau et le gaspillage limité de matières fertilisantes (circuit fermé), cette technique pourrait fournir des plantes mieux adaptées à certains systèmes de culture de l'agriculture urbaine. En effet, certains modules ne comportent aucun substrat traditionnel et il faut donc des plantes adaptées à ce genre de module. De plus, contrairement à 2016, les promesses de croissance rapide ont été observées cette année en aéroponie, et les plantes qui ont été produites par cette méthode ont eu, une bonne reprise de croissance et un meilleur rendement, en nombre de tomates produites, que les autres plantes une fois transplantées dans les modules extérieurs verticaux. Toutefois, les plantes produites en système de production en plaque de culture ont tendance à être de meilleure qualité une fois sur ces systèmes verticaux que les plantes produites en aéroponie.

Enfin différents modules extérieurs ont été installés. Chacun a donné de bons résultats. Il faut simplement signaler que les modules verticaux présentent une gestion de l'irrigation plus délicate que les autres. Ainsi la méthode d'arrosage doit être réfléchi et bien indiquée par le fournisseur, mais le substrat aussi doit être réfléchi en fonction de cette contrainte. Certaines entreprises comme Amaeva l'ont compris et ont développé un substrat spécifique pour leur murs végétaux VERTISS PLUS.

## ANNEXE 1 : Conditions climatiques

Evolution de la température extérieure et de la pluviométrie  
d'avril à septembre 2017



Evolution de la température extérieure et de la pluviométrie d'avril à septembre 2017

## ANNEXE 2 : Planning des notations

X phase 1

X phase 2

X Agripolis

	Avril					Mai					Juin				Juillet					Août				Septembre				
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Tot
Début					X		X			X		X																
pH et EC							X	X	X	X	XX	XX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				6 ; 14
Hauteur							X	X	X	X	X	XX	X			XX		XX		XX								6 ; 5 ; 4
Qualité commerciale							X	X	X	X	X	XX		X		XX		XX		XX						XX		6 ; 6 ; 4
Récolte																X		X		XX		X				XX		3 ; 4
Longueur racinaire																									X		1	
Poids frais aérien																									XX		1 ; 1	