

RAPPORT DU PROJET *ETUDE DES PROTOTYPES DE TOILES DE CROISSANCE ET ANALYSE DE DIVERS PARAMETRES PHYSIQUES ET AGRONOMIQUES DES TOILES* DANS LE CADRE DE LA MISE À L'ESSAI DE LA TECHNOLOGIE UTILISEE PAR LA FERME VERTICAL SUR LE TOIT DU PALAIS DES CONGRÈS DE MONTREAL

Projet PADAAR- Laboratoire sur l'agriculture urbaine – Ferme Vertical

Rapport rédigé par Victor Brasilès et Eric Duchemin

Victor Brasilès, Stagiaire-Chercheur, Laboratoire sur l'agriculture urbaine

Eric Duchemin, Directeur scientifique, Laboratoire sur l'agriculture urbaine

27 mars 2017

RESUME DE LA RECHERCHE ET DU PROJET

Le Laboratoire sur l'agriculture urbaine a initié une première ferme urbaine sur toit utilisant une technologie innovante de culture verticale sur toiles. Cette ferme est caractérisée par des structures autoportantes verticales qui permettent de densifier la production potagère tout en contribuant à d'autres services écologiques, dont le verdissement urbain et la lutte aux îlots de chaleur. La production potagère prévue dans la première année sont des légumes à feuilles, des fraises, des fleurs comestibles et des fines herbes. Cette première ferme est un projet pilote que le Laboratoire sur l'agriculture urbaine désire dans un objectif de 2 ans aggrandir sur le site actuel et à terme reproduire ailleurs.

Projet de la mise à l'essai de la technologie : Etude des prototypes de toiles de croissance et analyse de divers paramètres agronomiques de l'installation

Les essais ont eu lieu dans un premier temps sur le toit du palais des congrès de Montréal sur une parcelle dédiée à la recherche agronomique dans le cadre du projet VERTICAL (120 m² sur les 500 m² de culture), puis dans des serres de recherche de l'UQAM afin de poursuivre la culture jusqu'à la fin décembre 2016.

L'objectif des expérimentations fut de tester les supports de croissance utilisés dans le projet pilote (toiles) afin d'en analyser les paramètres physiques (poids avec l'eau, rétention de l'eau, résistance aux conditions de culture, vitesse de séchage suite à la perte de l'irrigation, résistance...), en situation de culture. Nous comparerons aussi le taux de production de plants de laitues, de basilics et de fraises insérés dans 3 types de toiles.

Description de l'emplacement du Projet VERTICAL au Palais des congrès de Montréal

Le palais des congrès est un centre de conférence situé dans le quartier international de Montréal et possédant une toiture plate d'environ 3,5 ha. Ce qui représente un grand potentiel de développement pour une ferme sur toit.



Figure 1. Emplacement de la zone d'accueil du projet VERTICAL sur le toit du Palais des congrès. A) photo aérienne, b) photo sur le toit avant installation.

La zone du projet VERTICAL sur le toit du palais des congrès s'étend pour sa première année, en 2016, sur une superficie d'environ 600 m². La superficie de production verticale est de 220 m², dont 136 m² de culture pour l'expérimentation. Des zones libres au centre de la structure sont prévues pour accueillir des événements dans une seconde phase de développement (2017).

Pour le projet VERTICAL, une structure autoportante composée de *cellules*, soit un rectangle de structures en acier fut installées par l'entreprise *Échafaudage Du-For Inc.* (AGF) spécialisée dans l'installation des échafaudages, début août. Les cellules correspondent à une surface autoportante couvrant environ 3,5 m² et pouvant contenir 10 toiles (soit environ 10 m² de culture). Le site du toit présente un revêtement permettant l'évacuation du surplus d'eau avec de nombreux drains, un accès direct au réseau d'eau de la ville et un accès au courant électrique pour le fonctionnement du système de contrôle du projet (système de pompes et d'irrigation).



Figure 2. Structures autoportantes du Projet Vertical.

Le toit du Palais étant un toit de type inversé, la surface n'est pas plane. L'ensemble de la structure a donc dû être mise à niveau par l'utilisation de vérins. En outre, des structures pyramidales ont dû être mises en place en dessous de chaque pied de la structure. Ses structures visent à distribuer le poids de la structure afin d'éviter de percer la membrane du toit.

Démarche globale scientifique autour du projet expérimentale

La démarche scientifique de l'étude du projet Vertical et des prototypes de toiles de croissance suit la méthodologie illustrée à la figure 3. Celle-ci est basée sur plusieurs étapes successives.

En effet, le projet est divisé en deux parties. La première s'est déroulée sur le toit du PCM durant la période de juin à fin octobre 2016 et la deuxième partie s'est déroulée dans les serres de l'Université du Québec à Montréal à l'automne-hiver 2016.

Différentes toiles ont été testées avec la culture de plantes sélectionnées et d'une fertilisation adaptée d'après l'entreprise « Hydroculture Guy DIONNE », un des leaders canadiens dans le domaine de la culture hydroponique et d'après les recommandations du guide de référence en fertilisation du CRAAQ.

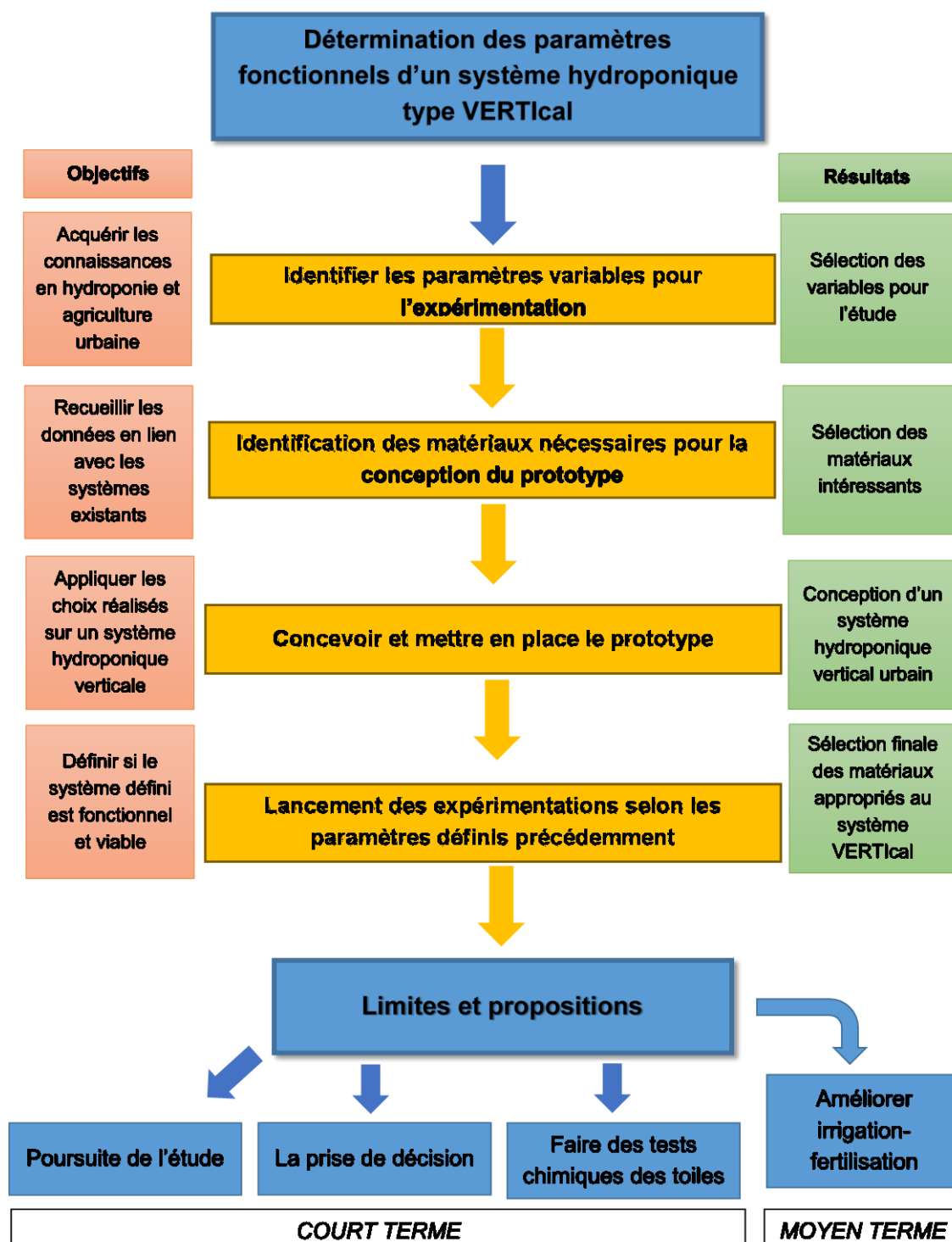


Figure 3. Schéma méthodologique de l'étude des prototypes de toiles de croissance et de l'analyse de divers paramètres agronomiques de l'installation du Projet VERTICAL. (conception : V. Brasilès)

Description du dispositif expérimental du projet VERTICAL sur le toit du palais des congrès de Montréal

La figure 4 illustre la disposition des zones d'études et de la répartition des toiles et des plantes en 2016.

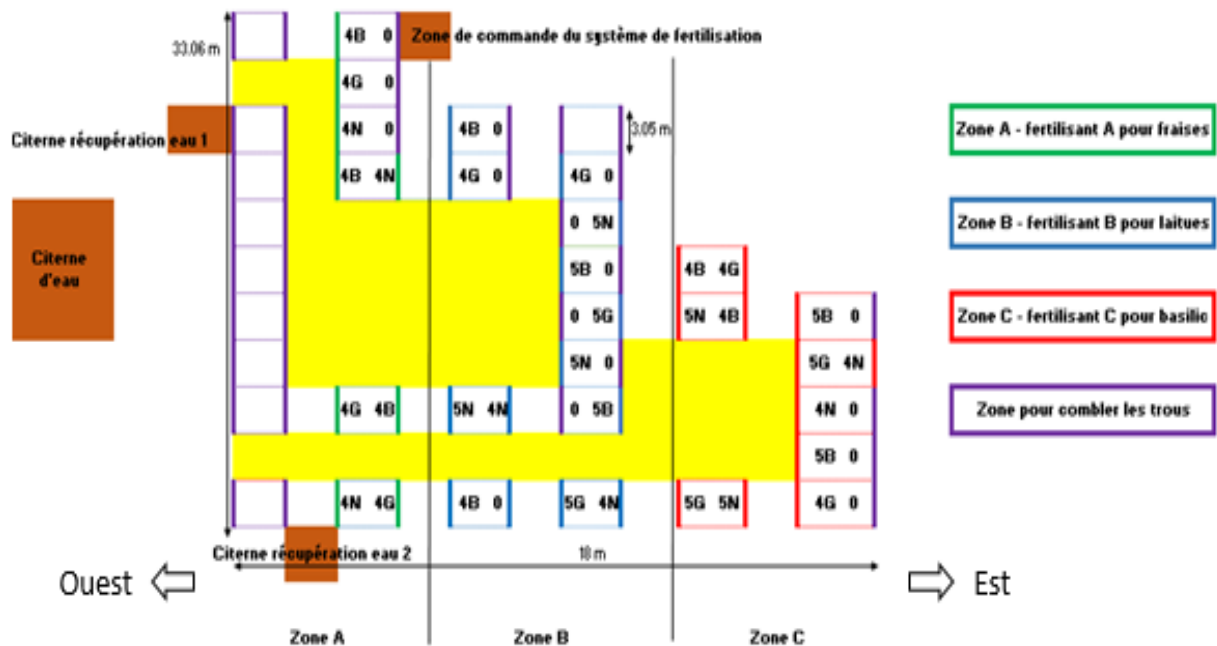


Figure 4. Schéma de la répartition des membranes et plantes sur les échafaudages (conception : V. Brasilès).

Légende : Chaque rectangle représente une section et comporte au maximum 10 toiles avec 5 toiles de chaque côté. Chaque chiffre correspond au nombre de membranes et la lettre au type de toile sur la section (« B » → Aquamat blanche ; « N » → Novatex noire ; « G » → Econo50 grise).

Le système a été mis en place avec 3 zones (A, B et C) selon les différentes plantes présentes dans les sections. La zone A incluait les fraises, la B comportait les laitues et la zone C le basilic thaïlandais. Les zones violettes étaient une section qui n'était pas destinée à la recherche, mais à la promotion communicationnelle du projet et du Palais des congrès. Les plantes sélectionnées pour cette dernière section visaient avant tout une diversité, mais cette section était simultanément un espace test afin de voir comment certaines plantes pouvaient s'intégrer à un tel système. Dans la section violette, la végétation choisie était principalement de la famille des Lamiacées (herbes aromatiques), des Astéracées (diverses salades), ainsi que des Chénopodiacées (bettes à cardes).



Figure 5. Plantation dans la zone hors-recherche.

Dans chaque zone du système expérimental, la moitié des toiles était avec une orientation est et l'autre avec une orientation ouest pour tester l'influence de l'ensoleillement sur la croissance des plantes.

Tableau 1. Tableau récapitulatif de la répartition des substrats et plantes par types de membrane.

Plantes	Toiles	Substrats		Nombre de plants
Fraise	36 toiles	12	6 blanches – G9	6 fraises par toile, soit 216 plants
		12	6 noires – G9	
		12	6 grises – G9	
Laitue	54 toiles	18	9 blanches –G9	9 à 10 laitues par toile, soit 486 plants
		18	9 noires – G9	
		18	9 grises – G9	
Basilic	54 toiles	18	9 blanches – G9	7 à 8 basilics par toile, soit 432 plants
		18	9 noires – G9	
		18	9 grises – G9	

Le tableau 1 synthétise pour chaque plante sélectionnée, le nombre et le type de toiles destinées pour la culture ainsi que le substrat qui a servi de support pour les végétaux et

enfin le nombre de plants par toiles. Le nombre de toiles utilisées pour la recherche a été de 24 toiles Aquamat (blanche), 24 toiles Novatex 120 (noire) et 24 toiles Feutre Econo50 (grise). Le nombre pour l'ensemble des installations en 2016 a été de 138 toiles Feutre Econo50 (grise – 179 X 52 cm), 48 toiles Novatex 120 (noire – 180 X 52 cm) et 48 toiles Aquamat (blanche – 187 X 51 cm), pour un total de 234 toiles.

Pour les plants, la zone expérimentale de recherche a accueilli 216 plants de fraises « Mara des bois », 486 plants de Laitue Verte Bio et 432 plants de basilics thaïlandais Bio.

Les plantes ont été installées aléatoirement sur les toiles afin d'obtenir un échantillonnage probabiliste et ainsi produire des estimations les plus fiables possible. Le nombre de plants installés sur chaque toile fut déterminé en fonction des recommandations de spécialistes hydroponiques interrogés ainsi que de la disponibilité en plants. Bien que chaque toile pouvait accueillir le double de plants, il fut décidé de placer 6 plants de fraises, 10 plants de laitue et 8 plants de basilic par toile.

Sur chaque zone devant accueillir une plante, une incision a été réalisée dans les toiles pour accueillir les futurs pochetons contenant la plante. Les pochetons ont été créés par l'utilisation du géotextile feutré TEX-500 de la compagnie TEXEL. Cette pochette constituée de ce géotextile contenait le substrat et la plante. Ce système de pochette a été identifié comme étant la méthode la plus intéressante pour l'organisation du système.

Deux types de substrats ont été testés. Un substrat organique, (le Terreau G9 de FAFARD, et substrat inorganique (la vermiculite) furent les supports de culture. Chaque pochette comprenait entre 100 et 150 g de substrat, dépendant de la densité du système racinaire des plantes.

Les jeunes plantules de laitue ont été repiquées au stade de 4-5 feuilles, environ 1 mois après leur semis. Les fraises ont été repiquées au stade de 3-4 feuilles et les plants de basilic le furent au stade de 2-4 feuilles. Pour le basilic, chaque pocheton comprenait 3 à 4 pousses pour assurer l'implantation d'au moins une pousse.

Description des toiles

Les toiles, assemblées par un couturier, ont une largeur de 52 cm pour d'une longueur moyenne de 182 cm. Chaque toile est séparée en deux sections. Chaque section est composée de 28 cases pouvant potentiellement accueillir une plante. L'irrigation-fertilisation est assurée par un ensemble de tuyaux longeant la toile sur sa longueur et s'insérant dans une des espaces pour libérer l'eau à l'intérieur de la structure (voir figure 5).

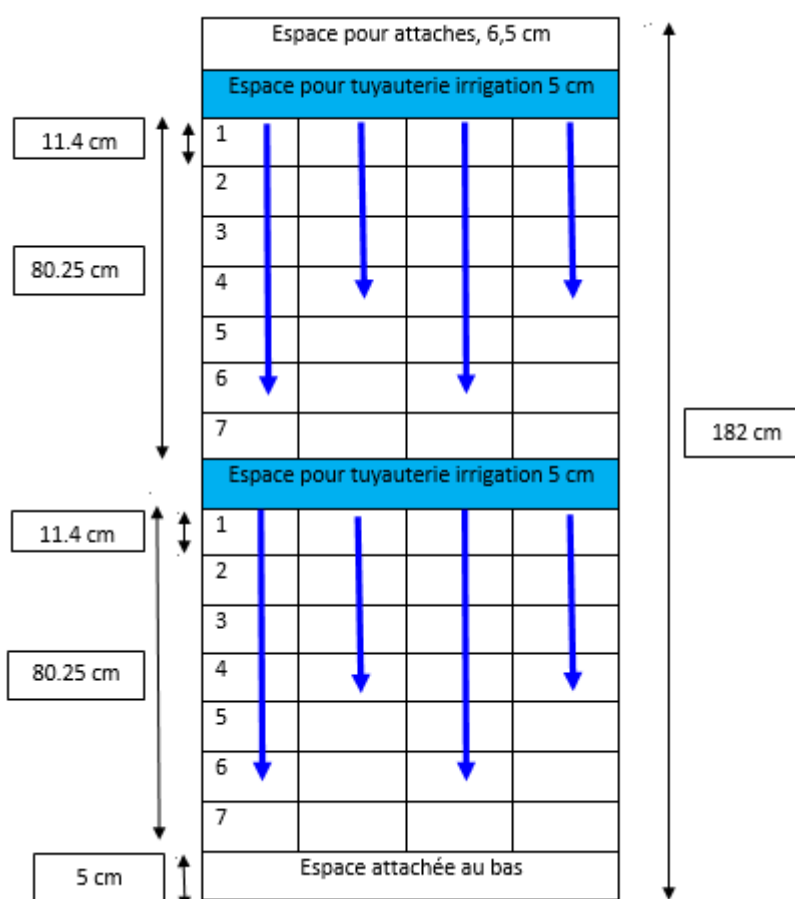


Figure 6. Schéma descriptif du fonctionnement des membranes.

L'eau imprègne la membrane puis ruisselle le long de la toile. Le surplus est capté par un système de gouttière pour faire acheminer l'eau jusqu'aux zones de récupération et ainsi permettre une réutilisation de l'eau dans le système d'irrigation.

Description du dispositif irrigation – fertilisation

Le système d'irrigation-fertilisation a été monté par l'entreprise Irriglobe spécialiste en système d'irrigation. Il était composé d'un panneau de contrôle avec 3 pompes doseuses reliées à 3 cuves de 60 litres chacune et d'un système d'irrigation localisé (goutte à goutte). Chaque rangée était connectée à un injecteur. Le système comportait 12 rangées ainsi le poste de contrôle comprenait 12 injecteurs pour une répartition égale de l'eau.

La fertilisation ne devant pas avoir lieu en continu, des cycles d'injections ont été programmés, 2 fois par jour, soit le matin et le soir après que les rayons du soleil ne touchent plus directement les toiles afin d'éviter toute précipitation des nutriments à cause

de la chaleur. L'automatisation de la distribution à l'aide d'un logiciel de gestion de l'irrigation « Rachio » a permis de fractionner les apports dans le temps.

Le prototype incluait une citerne de 18 000 litres contenant l'eau pour alimenter les toiles. La réserve était associée à un détecteur de niveau qui remplissait automatiquement la citerne quand le niveau baissait à un certain stade. Une pompe (vérifier les caractéristiques) envoie l'eau jusqu'au panneau de contrôle. Une seconde arrivée rapportait l'eau usée récupérée dans la citerne principale à l'aide de deux systèmes de récupérations permettant ainsi de recycler cette eau.



Figure 7. Réseau de tuyauterie pour l'irrigation - fertilisation

La gestion du projet a inclus la mise en place d'un protocole de fertilisation vertical optimisé pour permettre une gestion plus durable du prototype. Cette fertilisation a été définie par un ensemble de recherches bibliographiques ainsi que des entrevues avec des spécialistes en culture hors-sol pour définir des formules optimales en fonction des plantes cultivées et leurs besoins. Cependant, pour cette première année d'expérimentation et de culture, il n'a pas été possible de mettre en place de tels plans de fertilisation. Une fertilisation commune a donc été adoptée pour l'ensemble du système.

Description de l'expérimentation en serre

À partir de mi-novembre, un système expérimental fut installé en serre. L'expérience en serre s'est déroulée dans le complexe des serres de haute performance de l'Université du Québec à Montréal, l'un des plus sophistiqués au Canada. La serre attribuée d'une dimension de 39 m² était équipée de systèmes permettant un contrôle précis du climat (température, humidité relative, lumière). La ventilation était à la fois naturelle et forcée. L'éclairage était assuré par des lampes à sodium de 600 watts permettant le maintien d'une intensité lumineuse à raison de 20 W/m², pour assurer une photopériode de 18 heures quand l'éclairement naturel est faible (temps nuageux, hiver). L'humidité est contrôlée par un système de brumisation à l'eau osmosée.

L'irrigation-fertilisation était apportée par un système de goutte-à-goutte similaire à celui installé sur le toit du palais des congrès. La fertilisation apportée fut celle conseillée par Guy Dionne hydroculture pour la culture de salade en hydroponie.

Pour ce prototype en serre, le choix de la culture unique de salade a été choisi ainsi que les tests sur deux toiles seulement (blanche et grise). Au total 10 toiles ont été installées, soit 5 toiles Aquamat (blanche) et 5 toiles Feutre Econo50 (grise) (figure 8). La salade a été choisie, car sa croissance est plus rapide, cela permettait ainsi d'obtenir des résultats plus concluants pour le prototype de « murs comestibles ». Sur chaque feutre 12 plants de laitues ont été insérés avec la même approche de plantation que sur la serre, en pochetons avec 2 substrats.

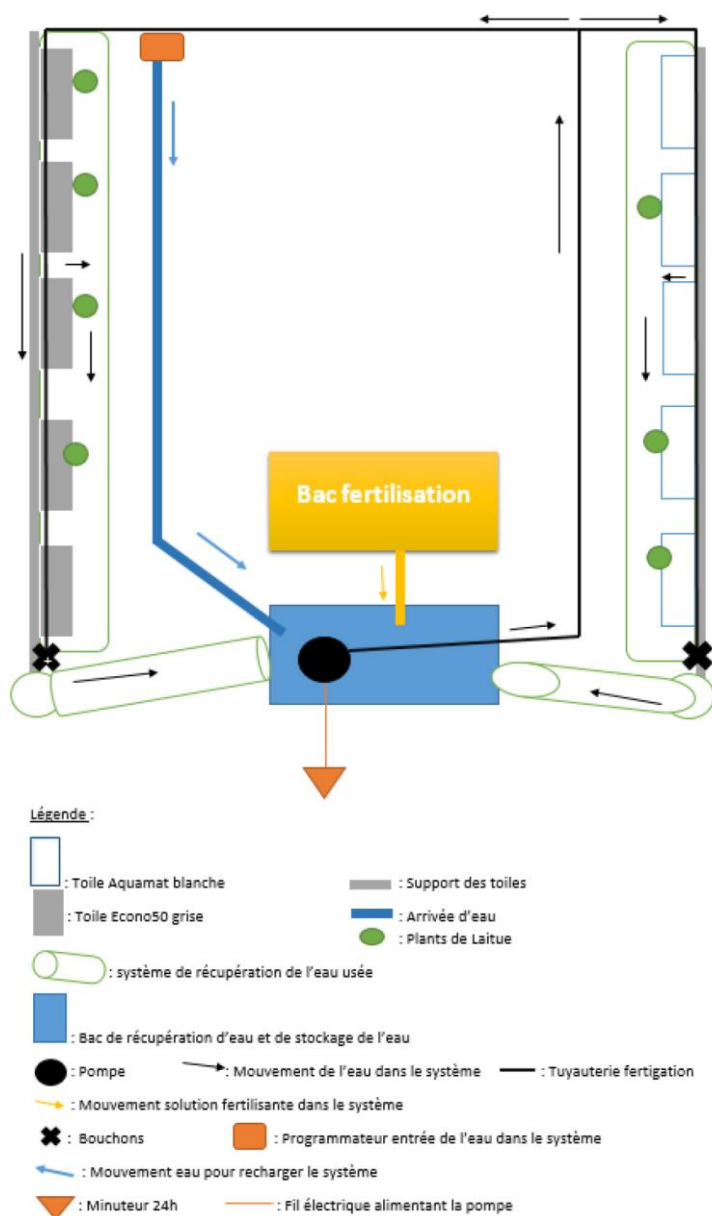


Figure 8. Représentation schématique du prototype en serre.

Des tests ont aussi été réalisés en janvier avec l'ajout de plants de fraises et d'herbes aromatiques (Coriandre vietnamienne – Raù et menthe). L'objectif était d'augmenter le nombre de plants par feutre à plus 40 plants, avec une plantation des deux côtés.¹



Figure 7. Installation de l'expérimentation dans la serre de l'UQAM.

Mesures effectuées

Afin de permettre l'étude de l'effet des variables précédemment citées, dans le cadre de ce projet les analyses suivantes furent effectuées : 1) rétention en eau des 3 types de toiles, 2) croissance des plantules (test ANOVA).

Calendrier de la recherche

Les étapes de réalisation et l'échéancier du projet ont été : 1) Installation des toiles (août), 2) Test sur les toiles sans culture (août), 3) Mise en fonction du système d'irrigation et installation des plantes sur les toiles (septembre/octobre), 4) Test sur les toiles avec les cultures (septembre/octobre), 5) Installation de l'expérimentation intérieure (novembre), 6) Test sur les toiles dans les serres avec les cultures (novembre à décembre)

Les semis de laitues ont été réalisés début août dans des cellules de croissance sous dôme et les plantules de fraises ont été replantées dans le substrat où elles ont été insérées pour amorcer le développement du système racinaire par la même occasion.

À partir de mi-août, une fois le système d'échafaudage installé, le système d'irrigation a été testé à nu. Il a fonctionné sans plantes dans le but d'évaluer la fréquence et la durée des cycles d'irrigation pour évaluer l'imbibition la plus intéressante des membranes en fonction de l'évaporation par le vent et l'assèchement par le soleil. Ces études devaient permettre de

¹ Les résultats ne sont pas présentés ici, car il ne faisait pas partie du protocole de recherche établi

déterminer l'évapotranspiration des membranes et ainsi calculer la consommation d'eau d'un système comme celui-ci.

Lors de leur mise en place sur les murs fin août, les plants sélectionnés pour l'étude ont été mesurés hebdomadairement pour un suivi plus précis de la croissance des plantes et sur le fonctionnement du système. Pour les salades, le nombre de feuilles fut compté et une taille moyenne de la plante a été calculée à l'aide d'une règle graduée. Pour les fraises, le nombre de couronnes, de feuilles, de hampes florales et de ramifications ont été déterminés. Pour le cas du basilic, la taille de la partie aérienne ainsi que le nombre de feuilles et de ramifications ont été calculés.

Les tests du pH et de la conductivité sont deux paramètres fondamentaux dans la conduite d'un système hydroponique. Ainsi, des mesures ont été réalisées quotidiennement. Pour cela, dans chaque zone, les tests furent réalisés à partir de l'eau de récupération après l'irrigation directement à la base des toiles et suivant les règles définies pour l'utilisation d'un pH mètre et d'un conductimètre avec vérification du paramétrage des appareils par l'utilisation de solutions d'étalonnage. Les mesures ont été réalisées un jour sur deux et l'eau du système a été traitée, en fonction des résultats, avec l'utilisation d'acide nitrique pour maintenir le pH à la valeur idéal de culture.

A la fin de la phase de test sur le toit, vers la mi-octobre, plusieurs mesures supplémentaire ont été effectuées, à savoir : la croissance moyenne par type de toiles et type de substrat, le rendement en biomasse et le rendement des récoltes.

Le prototype en serre avait pour objectif de réaliser une nouvelle comparaison par rapport au système extérieur soumis à de multiples contraintes (vent, température, luminosité, etc.) non présentes en serre. L'échelle de croissance des plantes a été réalisée hebdomadairement tout comme les tests du pH et de la conductivité.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel XLSTAT (XLSTAT COMPANY, 2017). Les résultats ont été soumis à une analyse de variance et au test LSD protégé. De plus, 3 contrastes orthogonaux a priori ont aussi été effectués.

Résultats de la recherche

Tests de rétention des toiles

Durant la première phase de test, les toiles ont été pesées puis ensuite trempées pendant plusieurs minutes avant d'être suspendues à une balance pour jauger leur pouvoir de rétention de l'eau et la vitesse d'évaporation suite à l'arrêt d'une irrigation du système du prototype.

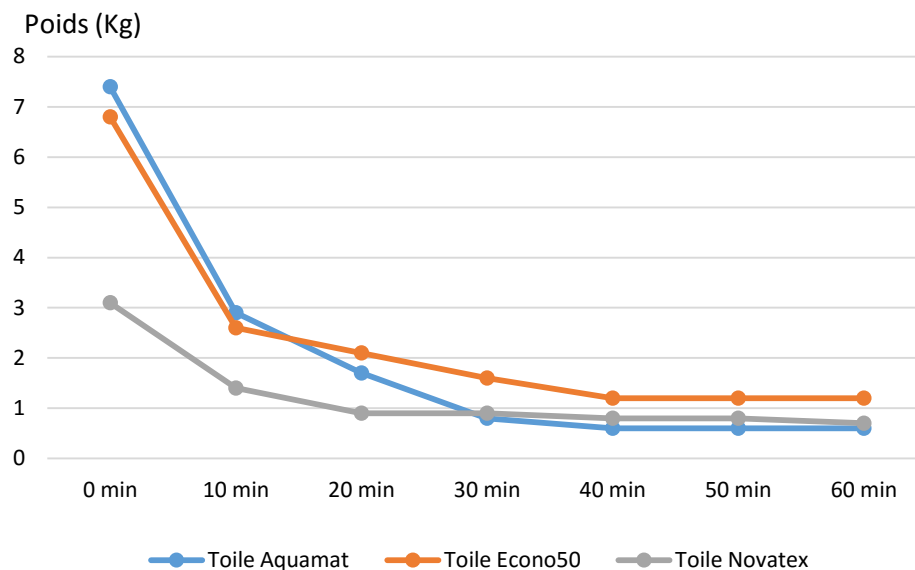


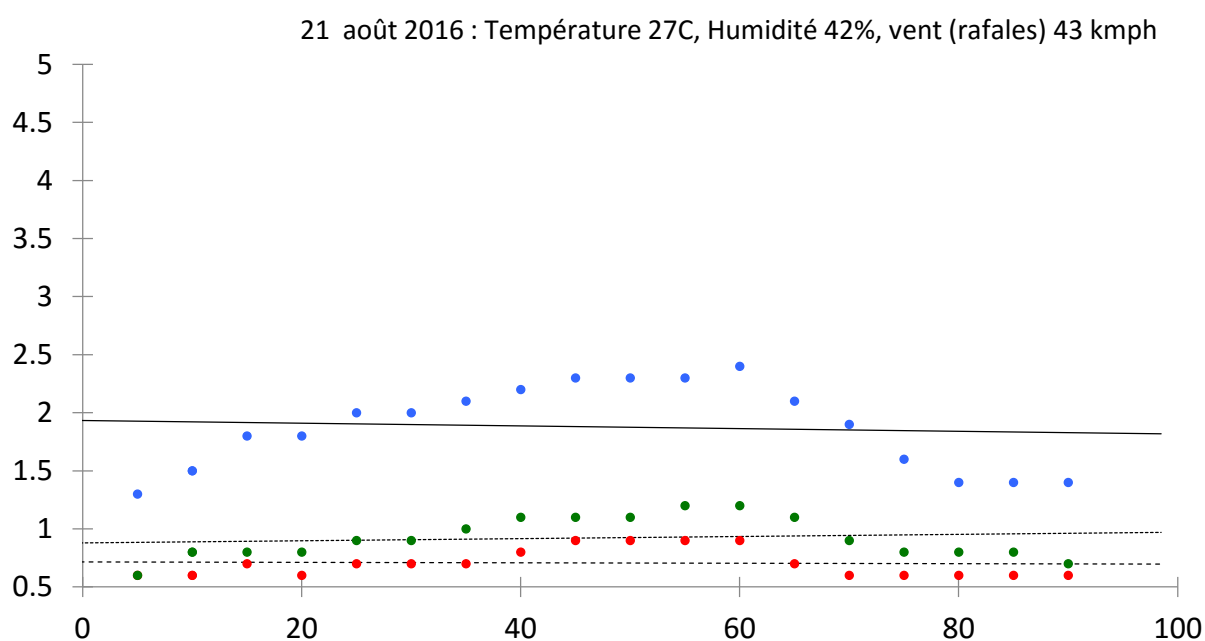
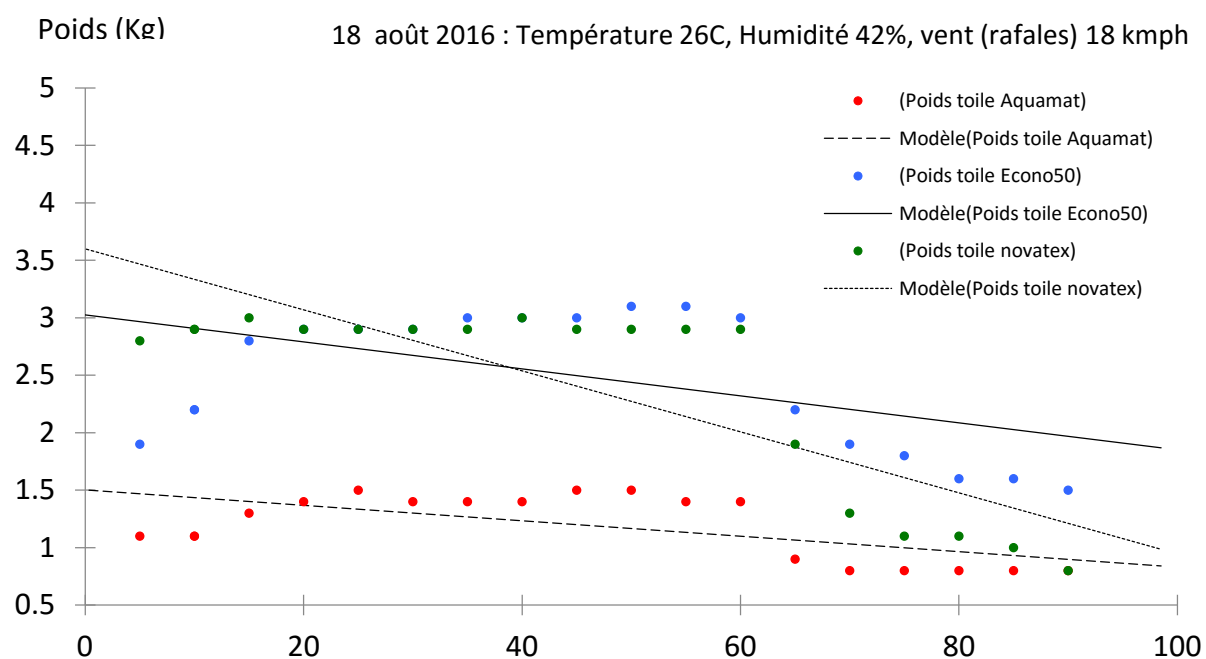
Figure 8. Évolution du poids des toiles lors du 1er test

Des observations et mesures réalisées, la toile Aquamat semble avoir le meilleur taux de rétention avec une quantité de 6,9 litres d'eau après avoir été suspendue. La toile Econo50 présentait un taux de rétention intéressant également avec 5,8 litres d'eau. Par contre, la toile Novatex semble peu retenir l'eau en comparaison de la rétention des 2 autres modèles, avec seulement une différence de 2,6 kg avant et après la pesée.

Toutefois, les poids des toiles chute très vite une fois accroché (ou non irriguées) jusqu'à être divisé par deux voir plus au bout de 10 min. Ainsi si les trois membranes ont des réponses différentes à l'absorption de l'eau, leur réaction à l'évaporation est similaire, rendant le système de culture fragile à tout arrêt de l'irrigation.

Dans le cadre d'une seconde phase de cette partie de la recherche, nous avons testé les mêmes paramètres, mais en situation d'irrigation tel que prévu dans le cadre du prototype. On a constaté qu'en faisant fonctionner le système d'irrigation, l'eau a tendance à *perler* sur les membranes et pénètre peu dans les membranes. En comparaison avec la première

expérience, les mesures de poids des toiles après 5 min sont moins importantes. Ainsi, les toiles se gorgent d'eau de manière plus lente.



24 août 2016 : Température 26C, Humidité 42%, vent (rafales) 43kmph

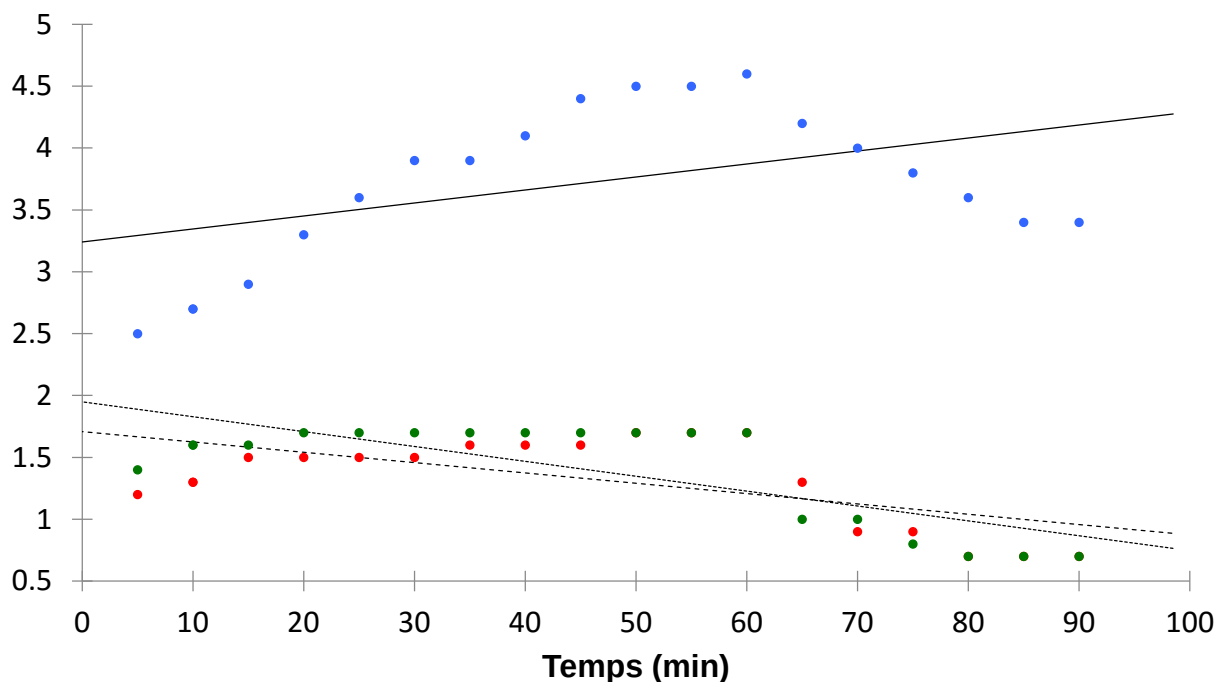


Figure 9. Schémas récapitulatifs des tests de rétention des toiles

D'après l'étude des courbes de modèles des régressions linéaires, on constate que les toiles Econo50 et Novatex absorbent plus l'eau que l'Aquamat. Cependant, on remarque que lors de l'arrêt de l'irrigation après 60 min de tests, le poids des toiles chute rapidement. Cela signifie que les toiles retiennent peu l'eau dans des conditions sans plantes. Ainsi, il nous apparaît qu'elles auront besoin d'être régulièrement irriguées au risque d'assécher la zone autour des racines et provoquer un stress hydrique potentiellement fatal pour la plante.

De plus, en comparant les graphiques entre eux, on observe que les conditions climatiques semblent avoir une influence importante sur la rétention de l'eau des toiles. En effet, le poids des toiles augmente rapidement lors de l'expérience menée le 24 août en comparaison avec les tests les jours précédents. Lors de test la force du vent était moins importante. On peut en déduire que le vent joue un rôle potentiellement important dans l'évolution de l'évaporation des toiles, lorsque la toile est laissée libre ou que la plantation ne couvre pas l'ensemble de celle-ci.

Cette partie de la recherche sur le comportement des toiles lors de l'irrigation (en continu avec goutteurs et débit constant) a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques des toiles :

- La toile Aquamat blanche libère deux fois plus d'eau que les autres toiles avec répartition de l'eau hétérogène sur sa surface et beaucoup de gouttes qui ruissellent sans rester capter à l'intérieur de la structure;

- La toile Novatex noire semble pour sa part bien s'humidifier avec une répartition homogène de l'eau sur l'ensemble de la structure. C'est la toile qui s'est le plus rapidement imbibée;
- La toile Econo50 semble retenir l'eau à l'intérieur de sa structure puisque l'extérieur est peu humide. Il y a moins de pertes d'eau comparé aux deux premières.

Dans les conditions de tests avec un débit d'environ 3,33 l/min, et des bacs de récupération de 18 litres (47.5x34.5x11.5), il a été possible de calculer la quantité d'eau retenue dans la toile et la partie perdue soit par ruissellement soit par évapotranspiration.

Pour 199,8 litres injectés dans le système en une heure, avec les conditions climatiques sur le moment, les toiles ont relâché :

- Toile Aquamat : 72 litres
- Toile Econo50 : 36 litres
- Toile Novatex : 54 litres

Ainsi, près de 32 litres se seraient évaporés durant l'expérimentation soit environ 16 % des ressources hydriques injectées dans le système.

En conclusion, les besoins en eau de la membrane blanche sont plus grands que ceux de la membrane en laine et coton recyclée - grise (Econo50). Ainsi, si les toiles blanches devaient être sélectionnées, il serait recommandé de faire fonctionner le système en continu, comme une culture NFT.

Les membranes grises (Econo50) semblent mieux retenir l'eau en comparaison des deux autres membranes testées. Ceci signifie que le projet devrait se munir de plusieurs pompes ou d'un système de contrôle à cycle variables selon les sections. De plus, il serait recommandé une utilisation d'un textile perméable pour les pochetons afin d'aider le maintien d'une certaine humidité dans ceux-ci durant la culture. Les pochetons servant de petits réservoirs évitant les stress hydriques.

Mesure de la mortalité des plants

Un recensement hebdomadaire de la mortalité a été réalisé durant la recherche. La figure 10 présente la répartition des pertes selon le type de toile. La culture la plus impactée par la mortalité des semis lors de la transplantation fut la laitue avec un décompte de près de 38 individus morts au cours de la phase initiale de l'expérimentation soit 7% de l'effectif total (486 plants). La moitié des pertes, près de 47% a été dénombrée sur la toile Novatex, soit autant que sur les deux autres toiles réunies.

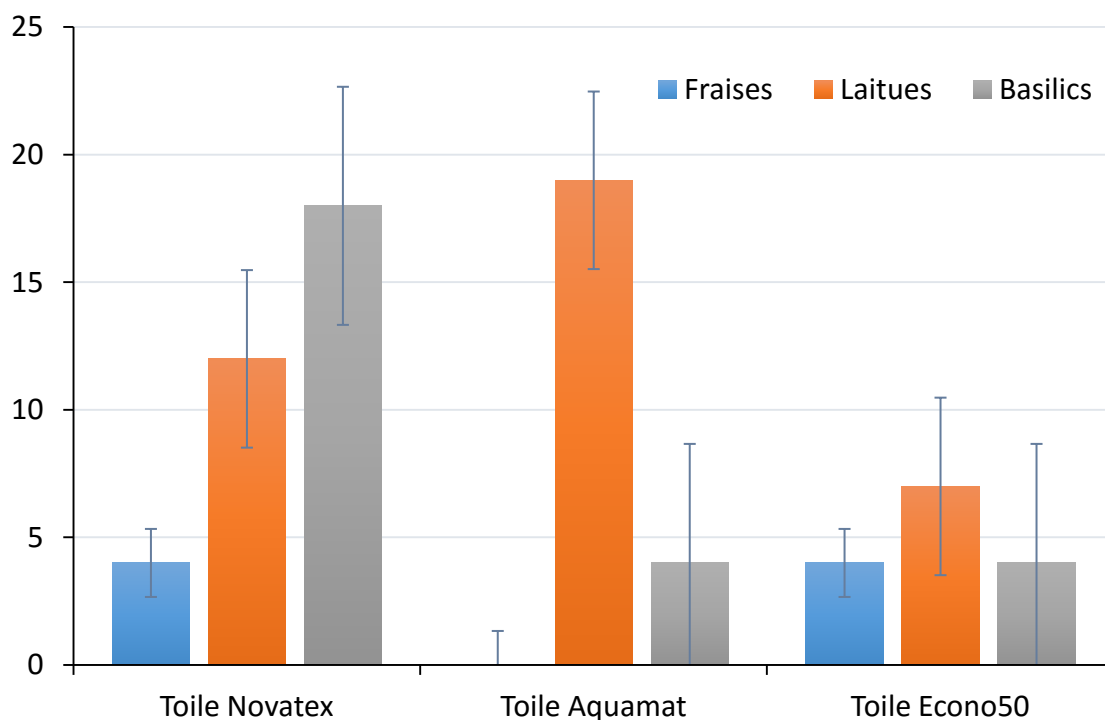


Figure 10. Nombre de plantes mortes en fonction du type de toile.

Plusieurs explications peuvent expliquer ces pertes. Dans un premier temps, les températures durant le mois de septembre et octobre ont été relativement importantes avec des pics pouvant atteindre jusqu'à 30,1 degrés Celsius. Or ces toiles sont noires donc emmagasinent plus la chaleur, ce qui est néfaste pour le système racinaire. En outre, ces toiles retiennent mal l'eau. Ces particularités peuvent expliquer ce haut taux de perte. De plus, les complications par rapport à l'équilibre de la régie du système d'irrigation ont provoqué des périodes de stress hydriques nuisibles pour les plantes.

Par ailleurs, en ce qui concerne les substrats, on observe un taux de mortalité plus élevé des laitues dans le Terreau G9, tandis que le type de substrat n'a pas d'impact sur le taux de mortalité des plants de basilics et de fraises.

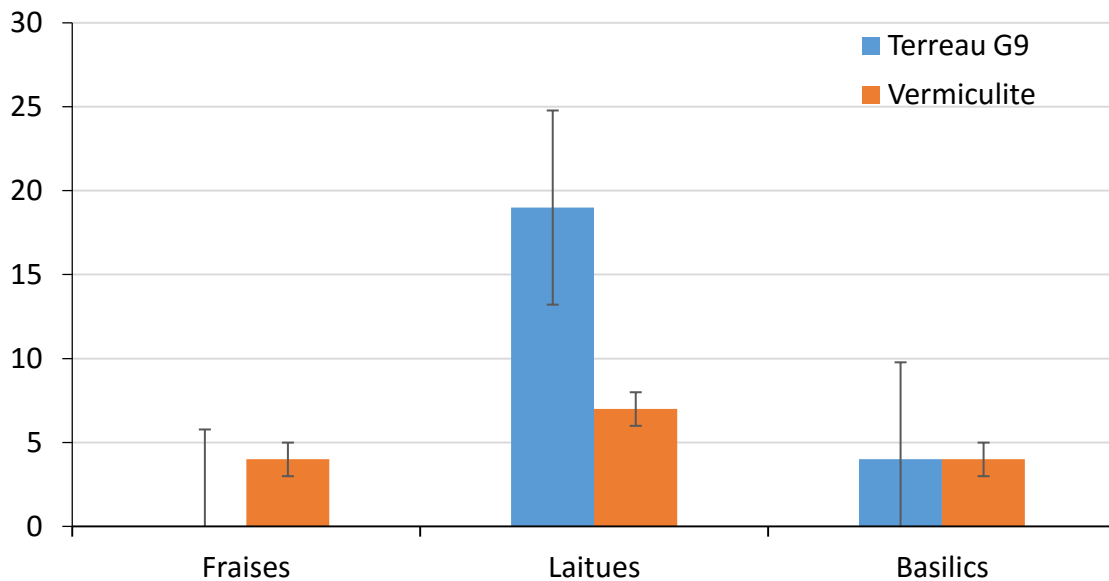


Figure 11. Nombre de plantes mortes en fonction du type de substrat.

Mesure de la croissance primaire

Les mesures de croissance ont été effectuées hebdomadairement du 14 septembre au 19 octobre sur des plants sélectionnés en fonction : 1) du type de toile, 2) du substrat utilisé, 3) de la position des plants sur les membranes (haut ou bas) et 4) la position de la membrane dans le dispositif expérimental (exposition à l'ensoleillement – est ou ouest).

Ainsi selon chaque exposition, une section de chaque sorte de toile a été sélectionnée. Puis parmi ces sections, 2 plantes ont été aléatoirement sélectionnées, puis étudiées selon les deux types de substrat. Les mesures se sont arrêtées lorsque les conditions climatiques ont rendu difficile la croissance des plantes (froid).

Analyse de l'influence de l'exposition sur la croissance des végétaux

En analysant les mesures effectuées sur l'effet de l'exposition, on observe une croissance supérieure des plants sur la moitié est des installations pour les plants de fraises et de basilics, tout au long des 42 jours de la période d'étude.

Cependant pour la salade, l'exposition ne semble pas avoir d'influence sur le développement de la plante dont la taille a plus de doublée (croissance moyenne de 2,20 cm) durant la même période.

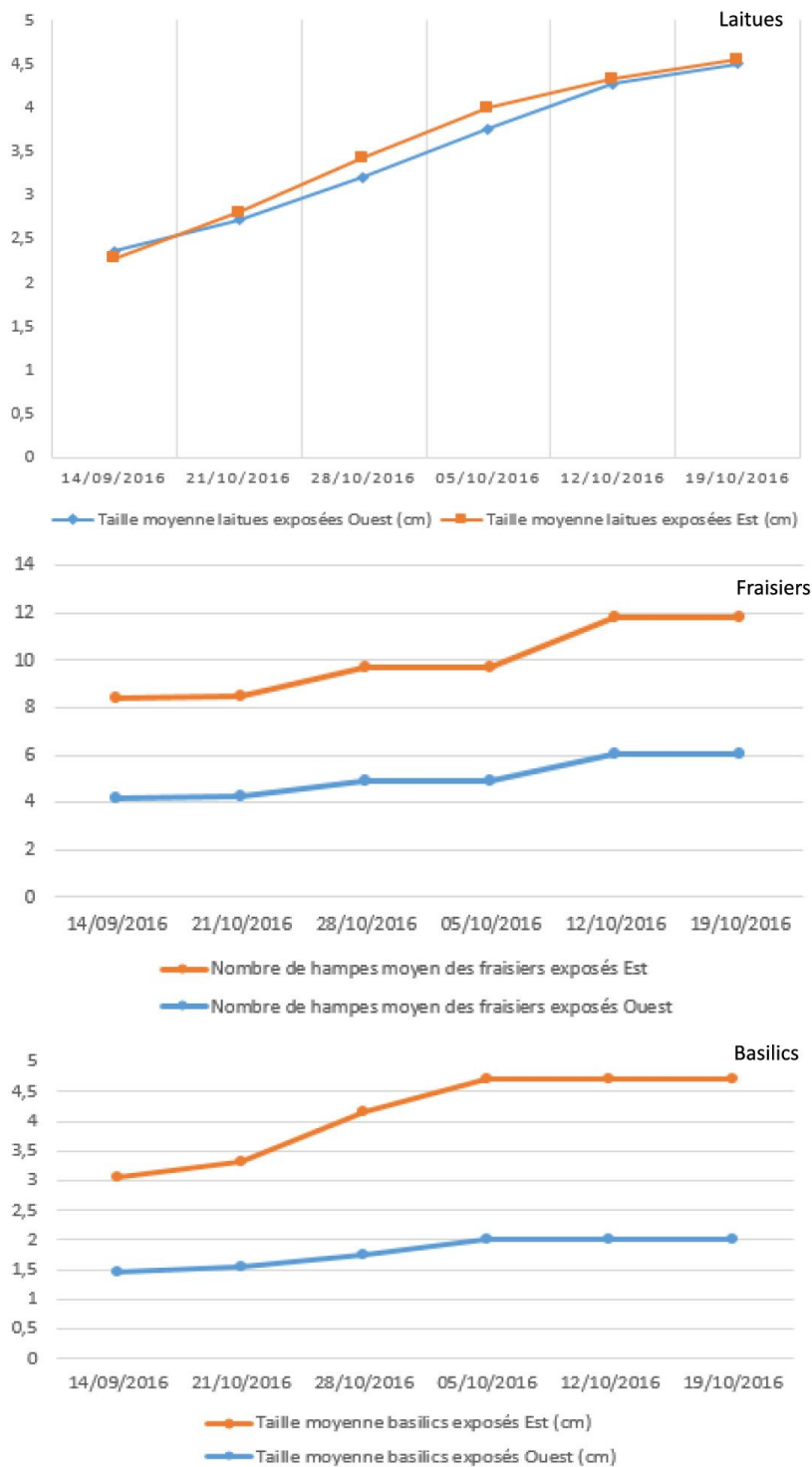


Figure 10. Schémas récapitulatifs de l'évolution de la croissance des plantes étudiées.

Influence du type de membranes et des substrats sur le toit du palais des congrès

Les analyses statistiques réalisées sur les mesures de croissance des plants de laitues, de basilics et de fraises montrent toutes que le type de substrat ou la position des plants sur la

membrane n'ont pas d'influence sur le taux de croissance de plants (tableau 2). De même, pour les plants de basilics et de fraises le type de toiles utilisées pour fabriquer les membranes n'a aucune influence sur leur croissance. Par contre, le type de toile à une influence sur la croissance des plants de laitues. Dans ce dernier cas, la toile Novatex a permis un taux de croissance supérieur des plants de laitues comparativement à ceux mis en culture sur la toile Aquamat, tandis que la toile Econo50 ne se différencie pas, en terme de taux de production des plants de laitues, des deux autres types de toiles.

Tableau 2. Résultats des analyses statistiques sur le taux de croissance des plants de laitues, basilics et fraises au projet VERTICAL sur le toit du Palais des congrès.

Périodes de tests	Taille moyenne des plants de laitues	Nombre moyen de hampes de fraisiers	Taille moyenne des plants de basilics
Résultat de l'ANOVA pour la croissance des plants selon le type de toile			
1er semaine	NS	NS	NS
2ème semaine	S**	NS	NS
3ème semaine	S**	NS	NS
4ème semaine	S**	NS	NS
5ème semaine	S**	NS	/
6ème semaine	S**	NS	/
Résultat de l'ANOVA pour la croissance des plants selon le type de substrat			
1er semaine	NS	NS	NS
2ème semaine	NS	NS	S**
3ème semaine	NS	NS	NS
4ème semaine	NS	NS	NS
5ème semaine	NS	NS	/
6ème semaine	NS	NS	/
Résultat de l'ANOVA pour la croissance des plants selon la position sur la toile			
1er semaine	NS	NS	NS
2ème semaine	NS	NS	NS
3ème semaine	NS	NS	NS

4ème semaine	NS	NS	NS
5ème semaine	NS	NS	/
6ème semaine	NS	NS	/

Légende : * Significatif à 0,05 de niveau de probabilité, ** Significatif à 0,01 de niveau de probabilité, NS : Non significatif à 0,05 de niveau de probabilité.

Influence du type de membranes en serre

L'expérimentation dans la serre effectuée avec des plants de laitue et deux types de membranes (Econo50 et Aquamat) montre qu'important la membrane ou le substrat, ceux-ci n'ont pas d'impact statistiquement significatif sur le taux de croissance des plants (figures 12). Ce qui correspond aux observations présentées ci-dessus.

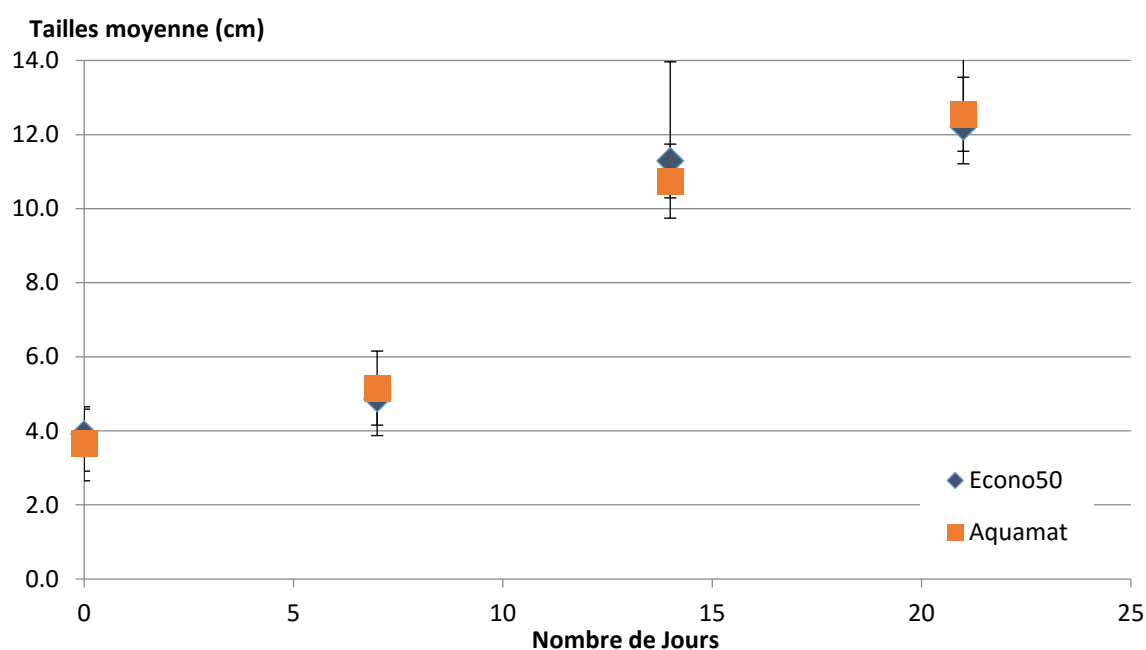


Figure 12. Croissance des plants de laitue sur le prototype installé dans la serre expérimentale de l'UQAM.

Conclusion

Cette recherche a permis de tester 3 types de production (laitues, basilics et fraises) envisagée dans le cadre de la Ferme Vertical sur la toit du Palais des congrès. Il a souligné les défis au niveau des besoins en eau des trois membranes, tout en nous donnant des indicateurs sur la croissance des plants selon la membrane et le substrat utilisé. A la lumière de ces résultats, il nous apparaît que le membre Novatex ne correspond pas à nos besoins,

tandis que les membranes Econo50 et Aquamat peuvent apporter des solutions dans divers contextes. Il nous reste aussi à tester la durabilité sur le long terme des deux membranes.

Il apparaît aussi que l'utilisation de pochetons pour l'insertion des plants lors de l'installation de la ferme au printemps est une approche qui permet d'assurer une certaine forme de résilience hydrique aux plants.

Un autre élément apparu lors de la recherche est la gestion du développement des algues sur les membranes, tout particulièrement durant la phase de recherche dans les serres de l'UQAM. Il est apparu que la production avec le prototype développé dans un environnement de production en serre comporte de nombreux défis que nous devons relever.