

Mémoire de Fin d'Etudes



UNIVERSITÉ DE NANTES



laboratoire
agriculture urbaine

AULAB

Laboratoire sur l'agriculture urbaine
2349 Rue de Rouen
Montréal (QC) H2K 1L8
Canada

Master 2 Mention Biologie Végétale (BV) Parcours : Qualité des productions spécialisées

Année universitaire 2017-2018

**Suivi de l'impact des paramètres de l'environnement sur la qualité de
vignes de deux ans cultivées en bac sur un toit à Montréal**

Par : Charlotte DELATOURE

Soutenu à Angers le : 19 septembre 2018

Maître de stage : Mr Éric DUCHEMIN

Mémoire de Fin d'Etudes



UNIVERSITÉ DE NANTES



laboratoire
agriculture urbaine

AULAB

Laboratoire sur l'agriculture urbaine
2349 Rue de Rouen
Montréal (QC) H2K 1L8
Canada

Master 2 Mention Biologie Végétale (BV)
Parcours : Qualité des productions spécialisées

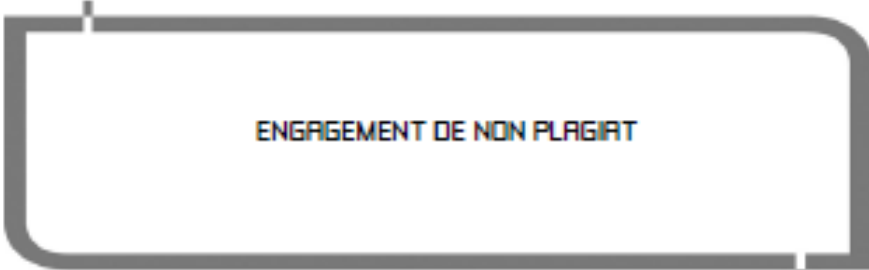
Année universitaire 2017-2018

**Suivi de l'impact des paramètres de l'environnement sur la qualité de
vignes de deux ans cultivées en bac sur un toit à Montréal**

Par : Charlotte DELATOURE

Soutenu à Angers le : 19 septembre 2018

Maître de stage : Mr Éric DUCHEMIN

 ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné (e) CHARLOTTE DELATOUR,
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un
document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation
des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer
toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

Signature :



Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier Mr Eric DUCHEMIN, mon maître de stage, pour m'avoir permis de vivre cette expérience de stage à l'étranger, de m'avoir fait confiance et de m'avoir donné autant de liberté dans mes recherches. Je remercie également chaleureusement Mme Véronique LEMIEUX pour m'avoir inculqué la passion de la vigne, de m'avoir légué la responsabilité de ses vignobles et de m'avoir fait partager la naissance de son entreprise. Un grand merci à Josianne BILODEAU et Marie-Josée VEZINA pour leur aide, leur bonne humeur et leur constante disponibilité. Merci à Clémentine, Charlotte, Claire et Manue pour leur soutien tout au long de ce stage et pour les milliers de bons souvenirs. Je remercie l'Université de l'UQAM de nous avoir accueillis durant toute la durée du séjour au sein de ses locaux. J'adresse un grand merci à la région des Pays de la Loire et l'OFQJ pour avoir soutenu financièrement mon projet de stage. Je remercie l'université d'Angers de soutenir et valoriser les stages à l'étranger en master. Et enfin un grand merci à Mme Sandrine TRAVIER, ma tutrice, pour m'avoir apporté son aide à l'issue de mon stage.

Table des matières

Suivi de l'impact des paramètres de l'environnement sur la qualité de vignes de deux ans cultivées en bac sur un toit à Montréal

I.	Introduction.....	1
I.	Matériel et Méthode.	11
1.	Protocole d'expérimentation pour le test de comparaison des substrats avec sable ou avec du verre finement pilé.	13
2.	Evaluation du stress hydrique par la mesure de température de feuille.....	15
1.	Comparaison entre l'environnement sur le toit et l'environnement au sol en campagne.	17
II.	Résultats.....	19
1.	Effet du verre pilé sur la température de substrat, la rétention d'eau et par conséquent sur la croissance de la vigne.....	19
a)	Capacité au champ et température de substrat.....	19
b)	Evaluation de la qualité du système racinaire.....	19
c)	Evaluation de la qualité du système aérien.....	21
2.	Effet du stress hydrique appliqué aux vignes sur la transpiration et l'état général des plantes	23
3.	Comparaison de l'état des vignes en ville et en campagne.....	25
III.	Discussion.....	25
IV.	Conclusion.....	29
V.	Partie optionnelle.....	35
VI.	Bibliographie.....	37
VII.	Sitographie.....	43
VIII.	Annexes.....	I

Glossaire

Acétylglucoside : groupement rattaché à un squelette de base polyphénolique de flavan C6-C3-C6 constituant un composé de la famille des flavonoïdes (Downey, Dokoozlian, & Krstic, 2006).

Anthocyanes : Ils appartiennent à la famille des flavonoïdes et participent à la protection contre les UV et à la couleur et à la sensation en bouche (Downey et al., 2006)

Coumaroylglucoside : groupement rattaché à un squelette polyphénolique de flavan apportant des propriétés spécifiques aux anthocyanes (Downey et al., 2006).

CWSI ou Crop water stress indicator : Indice évaluant la gravité du stress hydrique d'une culture. Il est calculé à partir du ΔCT et de paramètres de l'environnement et de la culture, tel que les radiations nets, le déficit de pression de vapeur et l'ouverture des stomates. (Jackson, Idso, Reginato, & Pinter, 1981)

Cyanidine non acylé glucosamine glucoside : groupement rattaché à un squelette polyphénolique de flavan apportant des propriétés spécifiques aux anthocyanes (Downey et al., 2006)

Cytokinines : Hormones végétales régulant la croissance des tiges et des racines (Skene & Kerridge, 1967).

ΔCT ou Differential Canopy Temperature : Différence de température entre la canopée (feuille) et l'air ambiant : $\Delta CT = T_{canopée} - T_{air\ ambient}$ (Zyl & Louis, 1984)

Flavonoïde : Les flavonoïdes formés dans les raisins participent par leur présence ou absence à diversifier les qualités gustatives des vins. Ils forment une famille basée à partir d'un même squelette et se différencient par des ajouts de groupements. Ils peuvent s'associer entre eux et à ce jour environ 4000 d'entre eux ont été découverts. Ils participent à l'astringence et l'amertume et concentrent les tannins. Ils ont un rôle dans la défense contre les champignons et les bactéries pathogène. On compte parmi eux les antocyanes, les flavonols (protecteur contre UV) et les tannins (protecteurs contre les herbivores et les insectes) (Downey et al., 2006).

Péonidine : groupement rattaché à un squelette polyphénolique de flavan apportant des propriétés spécifiques aux anthocyanes.

Liste des abréviations

CWSI : Crop Water Stress Indicator

ΔCT : Differential Canopy Temperature ; $\Delta CT = T_{canopée} - T_{air\ ambient}$

EC : Conductivité électrique

FB : Frontenac Blanc

FN : Frontenac Noir

hl : hectolitre

M : Marquette

PP : Petite Perle

S : Sable

V : Verre

Liste des annexes

Annexe I : Evolution de la production de vin en 10^3 hl par pays dont le Canada. (Il Corriere vinicolo, 2016)

Annexe II : Test Anova sur les longueurs de tige selon les substrats et les cépages

Annexe III : Test Anova sur les tailles finales en fonction des substrats et des cépages avec test de comparaisons multiples

Annexe IV : Différences de température entre la canopée et l'air ambiant pour les deux types de substrats au 3 août à gauche et au 16 août à droite

Annexe V : Test Wilcoxon sur les Δ CT sur les 3 dates de prise de mesure

Annexe VI : Plan expérimental avec un dispositif en carré latin

Liste des illustrations

Figure 1 Plan du vignoble sur le toit du Palais des Congrès	10
Figure 2 Dispositif de mesure de la Capacité au champ	12
Figure 3 Méthode de mesure des jeunes racines des vignes.....	14
Figure 4 Marquages sur les vignes pour les mesures de longueurs de tiges.	14
Figure 5 Graphique des moyennes et écarts types des ΔCT en fonction de la présence de verre ou de sable.....	18
Figure 6 Longueur des jeunes racines en millimètre de deux cépages plantés dans un substrat contenant du verre pilé et l'autre du sable	18
Figure 7 Plant de Marquette en Smart Pots avec verre à gauche, Plant de Frontenac Noir en sable à droite. (crédit photo : Charlotte Delatour)	20
Figure 8 Moyenne des longueurs de sarment à la mi-août pour les 4 cépages. (FB et M sont avec du verre et FN et PP sont avec du sable)	20
Figure 9 Simulation de la vitesse de croissance des cépages du 15 mars au 15 juin et croissance réelle du 15 juillet au 2 août.	20
Figure 10 Comparaison des températures de feuilles entre les conditions en sable et en verre (S : sable ; V : verre)	22
Figure 11 ΔCT à plusieurs dates triées par ordre croissant pour les conditions de substrat en sable ou en verre chez des plants non stressés	22
Figure 12 ΔCT pour le groupe de vigne non stressées (N) et les vignes stressées (S).....	22
Figure 13 ΔCT à plusieurs dates triées par ordre croissant pour les conditions non stressé et en stress hydrique.....	24
Figure 14 Symptôme de brûlure sur feuille de Frontenac Blanc dû à un excès de chaleur (crédit photo : Charlotte Delatour).....	24
Tableau I Récapitulatif des observations faites sur la morphologie des deux vignes déracinées.	18

I. Introduction

Les contraintes actuelles économiques, sociétales et environnementales ont conduit l'agriculture urbaine à se développer grandement ces dernières années. De nombreux projets d'entreprise et de sujets de recherche ont vu le jour en agriculture urbaine notamment en culture maraîchère et fruitière.

Très récemment est apparu un mouvement de développement de la viticulture urbaine. Pour le moment, les projets de vignes urbaines sont rares et se limitent à de petits vignobles en pleine terre sur des anciens vignobles urbains, toutefois on voit apparaître des projets novateurs ces dernières années.

Entre autres, le Clos Montmartre à Paris et Neighborhood vineyards à San Francisco constituent des projets associatifs pour promouvoir une histoire, le vin et sa culture. Le Clos-Montmartre, situé au cœur de Paris, ne comporte que 1762 pieds de vigne installés sur un terrain de 1556m². Il a été installé à l'origine, dans les années 1930, pour éviter la construction d'un immeuble qui aurait réduit l'espace ouvert qu'accorde ce vignoble au milieu de la ville. Il est géré aujourd'hui par un comité des fêtes, qui en assure l'entretien et participe à des œuvres caritatives. Le maintien d'un grand nombre de cépages différents, environ 30, dont le Gamay et le Pinot Noir constitue un support d'exposition de la biodiversité viticole. Les raisins sont vinifiés dans les caves de la mairie de Paris et les 500 litres de vin produit annuellement sont vendus au bénéfice d'actions sociales (COFAS, 2017). D'autres vignobles ont été créés pour partager la passion de la vigne et de sa culture. Ainsi, les vignobles de Neighborhood vineyards à San Francisco, Vigne en ville à Angers et Krez-Neroburger à Berlin sont des vignobles mis en place par et pour des passionnés. À nouveau, l'entretien est bénévole et les objectifs sont avant tout de partager des connaissances et la culture sur le vin. Les vignobles sont de petite taille, c'est-à-dire moins d'un hectare, et comportent la majorité du temps uniquement un ou deux cépages. Ainsi, Neighborhood vineyards cultive le Pinot Noir sur 2020m² (Neighborhood vineyards, 2016), Vigne en ville à Angers fait du Chenin Blanc sur un peu plus d'un hectare (Vigne en ville Angers, 2018), Krez-Neroburger possède du Pinot Noir et du Riesling sur 1000m² (Mayer, 2015) et Le Clos-Montmartre fait exception et cultive 30 cépages sur 1556 m² (COFAS, 2017). Les modes de culture suivent les restrictions urbaines en matière de pesticides et tendent à répondre à la volonté récente d'une agriculture plus raisonnée. Les travaux se font donc manuellement et un minimum de produits est appliqué sur les vignes. Au-delà du manque d'espace, la culture de la vigne ne semble pas souffrir d'inconvénients associés à la ville. Pour finir, le chai est le plus souvent indépendant, le vin est donc fait à l'extérieur du vignoble.

Aujourd'hui, à notre connaissance, il existe deux vignobles sur toit dans le monde : celui du Palais des Congrès de Montréal créé en 2017 et celui appartenant à la société Rooftop Reds créée en 2016 à Brooklyn. Néanmoins, de nombreux autres vignobles urbains sont susceptibles de voir le jour dans le

cadre d'appel à projet comme c'est le cas des ParisCulteurs¹. La viticulture sur toit est donc une nouveauté qui demande de la recherche et du développement afin de bien contrôler les paramètres de la culture. Elle demande aussi de nombreuses améliorations et optimisations pour que celle-ci soit une activité économiquement rentable et durable. Actuellement, Rooftop Reds pratique des activités connexes pour diversifier leurs activités et faire perdurer leur entreprise. Ainsi, la récolte et l'élaboration de vins sont complétées par la présence d'un bar sur le toit, par l'organisation d'évènements et de stages autour de la viticulture (Rooftop Reds, 2017). La première cuvée, en 2018, produira des centaines de bouteilles se vendant au prix fort.

Tout comme l'agriculture, les objectifs de la culture de vignes sur toit sont multiples. La densification des villes, l'augmentation des populations urbaines, le réchauffement climatique et la recherche d'optimisation des ressources amènent à trouver des alternatives aux cultures traditionnelles. La viticulture urbaine est donc un moyen d'optimiser les cycles de production / consommation en termes d'énergie, de transport, de main d'œuvre et de services écosystémiques.

- o Le vin et la viticulture au Canada et au Québec

Selon Statistique Canada, la consommation de vin au Canada en 2006 était de 13L par personne tandis qu'en 2016 elle était de 16,3L soit une augmentation de 25%. La période de mars 2016 à mars de 2017 a enregistré une augmentation du total des ventes de vin de 3,1% par rapport à la période précédente élevant le chiffre des ventes à 7,2 milliard de dollars (Statistique Canada, 2018). La vente des vins importés a augmenté mais c'est celle des vins canadiens qui a enregistré un bond de 6,9% en seulement un an. Le Québec a été l'état le plus consommateur de vin en termes de part de marché des boissons alcoolisées et le vin rouge a constitué plus de la moitié des ventes suivi du vin blanc à hauteur de 32%. Les vins rouges importés représentent toujours $\frac{3}{4}$ des ventes mais l'intérêt des canadiens pour les vins produits dans leur pays s'est accru (Statistique Canada, 2018). En 2015, la production de vin au Canada était de 141 millions de litre contre 42,6 millions en 2006 soit une production multipliée par plus de 3 en 9 ans selon l'union italienne des vins. En 2014, la superficie des vignobles atteignait 11 129 hectares plaçant le Canada en 28^{ème} position des pays producteurs de vin dans le monde (les Etats-Unis étant à la 6^{ème} position) (Il Corriere vinicolo, 2016) (Annexe I). Le territoire Canadien, bien que vaste, est très peu utilisé pour la culture du vin, en grande majorité à cause de son climat continental humide et subarctique. Les hivers sont donc très rigoureux et la culture de la vigne européenne *Vitis vinifera* n'est pas possible sans une protection contre le gel. Des vignes rustiques obtenues par des croisements d'espèces Nord-Américaines permettent aujourd'hui d'installer des vignobles sur le territoire Canadien (Zerouala, 2014). Cet engouement pour le vin et plus spécifiquement le vin Canadien est probablement

¹ Nous avons appris qu'un tel vignoble devrait être lancé à la fin 2018 à Paris (E. Duchemin, comm. pers.)

dû, selon des professionnels canadiens du vin , aux campagnes de promotion du vin pour la santé et de l'amélioration de la qualité des vins Canadiens.

Le laboratoire sur l'agriculture urbaine AU/LAB a été créé en 2011 à Montréal. Il est aujourd'hui géré par Mr Eric Duchemin, directeur scientifique et président du laboratoire et Mr Jean-Philippe Vermette, directeur intervention et politiques publiques. Le laboratoire emploie, pour la saison 2017/2018, 12 personnes permanentes qui rassemblent un panel de compétences autour de l'agriculture urbaine à savoir des chargés en communication, chargés de projet, ingénieurs de recherche, agronomes, horticulteurs, viticulteurs et formateurs. Les objectifs sont de promouvoir l'agriculture urbaine par le développement de projet, de conseiller les porteurs de projet, de faire progresser les pratiques tant sur le point de vue gestion que sur les techniques agricoles et enfin de former les futurs « urbainculteurs ». Pour la saison 2017/2018, de nombreux projets sont gérés ou accompagnés par l'AU/LAB. Sur le toit du Palais des Congrès, pas moins de 5 projets cohabitent. « Cultivert » s'attache à étudier différentes technologies de toits verts sans irrigation en vue de dépolluer l'air et de réduire les îlots de chaleur. « VERTical » développe des murs végétaux, producteurs de fruits, légumes, herbes aromatiques et fleurs comestibles. Les bacs potagers testent différentes technologies de bacs et permettent la préservation d'espèces et de cultivars rares. Des ruches ont été installées et peuvent contenir jusqu'à 100 000 abeilles qui pollinisent les plantes du toit et enfin les vignes de Vigne en Ville constituent le dernier projet de recherche.

Des études économiques complètent les recherches et visent à déterminer les obstacles au développement de l'agriculture urbaine à Montréal et d'évaluer le rôle de celle-ci comme solution de résilience (laboratoire agriculture urbaine, 2017).

- o Vignes en Ville

Le projet Vignes en Ville, à l'initiative de Véronique Lemieux, est le projet de création de vignoble urbain qui a vu naître en 2017 le deuxième vignoble sur toit dans le monde. L'association de l'AU/LAB avec la collaboration du Palais des Congrès permettent aujourd'hui de mener les premières recherches et expérimentations sur un vignoble sur toit (laboratoire agriculture urbaine, 2017). L'objectif est donc d'alimenter les données sur ce nouveau type de culture. Les données sont d'autant plus nouvelles que l'espèce utilisée n'est pas *Vitis vinifera*, traditionnellement utilisée en Europe. Bien que comportant de nombreuses contraintes comme la restriction spatiale et la nécessité de culture en bac, la culture de la vigne sur toit amène avec elle des opportunités d'optimisation des ressources. En effet, l'occupation de toits vierges permettrait à la fois d'optimiser l'espace disponible mais aussi de réduire les îlots de chaleur afin d'améliorer le cadre de vie des habitants. Ensuite, le dégagement de chaleur des bâtiments en hiver est l'opportunité de réduire le taux de mortalité des vignes l'hiver dans un climat comme celui de

Montréal. Enfin, le recyclage du verre est une industrie onéreuse et sa valorisation par d'autres biais est donc une nécessité économique. Sous forme de verre pilé, celui-ci permet de remplacer le sable, source limitée et onéreuse, et de créer un paillis, limitant ainsi l'évaporation d'eau et l'augmentation de l'incidence des rayons du soleil sur les grappes. D'autres projets s'inscrivent dans le développement de vignoble urbain comme le vignoble en pleine terre de la SAQ (Société des Alcools du Québec) situé sur un ancien terrain appartenant à un hôpital et actuellement sur une zone industrielle.

- o La vigne en ville

La culture de la vigne ne nécessite pas de conditions très exigeantes en particulier dans les premières années de sa vie. Mais un environnement favorable et des techniques culturales adaptées influent énormément sur la future qualité gustative du raisin. En milieu urbain et particulièrement sur un toit, l'environnement de culture est très éloigné des conditions habituelles. Si généralement la vigne est une culture de pleine terre, habituellement située sur des terrains en pente pour permettre l'écoulement de l'eau, le toit est susceptible de permettre un bon drainage. De même pour la luminosité, celle-ci peut être maximisée par la surélévation du toit. Les apports de nutriments, en pleine terre, sont réduits à de la chaux pour maximiser la disponibilité des éléments du sol et les minéraux ne sont apportés qu'en cas de carence avérée (Carbonneau *et al.*, 2018). Le substrat étant totalement différent sur un toit, une fertilisation semble alors nécessaire pour pérenniser la culture.

C'est ainsi que AULAB expérimente l'installation de vignobles sur toit, dans lequel s'inscrit ma recherche. Sur le toit, les vignes en bac sont soumises aux conditions climatiques urbaines qui influent grandement sur leur développement et sur la qualité des raisins. Ces paramètres, additionnés de la présence de verre pilé, induisent des modifications sur la température du sol et sa capacité à retenir l'eau et les nutriments.

Selon Trought *et al.* (2008), un sol peu profond ou avec une grande proportion de gravier peut augmenter sa température du sol de 1 à 2°C. Cela augmente la précocité des vignes, l'épaisseur du cep et le poids des sarments ainsi que le taux de sucre et d'acidité dans les baies. De même, les sols graveleux favorisent une plus grande densité de racines (Trought *et al.*, 2008). Skene & Kerridge (1967) suggèrent que l'augmentation de la croissance des tiges et la précocité des vignes subséquente à l'augmentation de la température du sol seraient dues à une plus grande concentration de cytokinine responsable en partie de la croissance des tiges et des racines ainsi que du débourrement des bourgeons. La température favoriserait aussi la translocation des nutriments vers les parties aériennes (Trought *et al.*, 2008). Les racines à plus haute température ont une longueur plus importante et des racines de diamètre plus fin (Skene & Kerridge, 1967). En chromatographie, la sève présente une répartition des cytokinines différentes ce qui appuie l'hypothèse selon laquelle la température du sol modifie la

croissance par le biais des cytokinines. Dans leur expérience, Zelleke & Kliewer (1980) ont comparé des données de croissance sur du Cabernet Sauvignon à des températures de sol de 25 et 12°C. Cela a mis en exergue une meilleure croissance des vignes à 25°C, une meilleure absorption des cations et une plus grande concentration des éléments Ca, K et Mg dans le limbe. Tromp (1996) a montré chez de jeunes pommiers que la croissance de la tige principale et des tiges secondaires était d'abord positivement corrélée puis négativement à la température du sol. Les résultats dépendaient de la période de l'expérience, des traitements précédents appliqués aux plantes et de l'humidité relative. Cela serait dû à des mécanismes de rétrocontrôle entre les racines et les tiges destinés à optimiser au mieux leur croissance. Ce qui explique le retard de croissance des plantes avec une température de sol plus faible. Egalement, le stress hydrique influe négativement sur la vigueur de la plante, sur la turgescence des tissus et la croissance des organes. En revanche, il améliore la qualité des raisins en agissant notamment sur la concentration des flavonoïdes. Ces derniers, particulièrement les anthocyanes, les flavonols et les tannins participent à la protection contre les UV, les attaques de prédateurs, et au-delà de leur fonction première, au corps, à la couleur et à la sensation en bouche (Downey et al., 2006). Le stress hydrique augmente donc la teneur de certains flavonoïdes par la diminution d'eau contenue dans les baies. Il apparaît aussi que la température extérieure (et pas la luminosité) agit sur certaines voies métaboliques qui cessent au-delà de 30°C. Les températures inhibent ou stimulent la production de certains composés dans la famille des anthocyanes et il semble que les coumaroylglucosides sont produits plus volontiers par climat chaud. Les climats plus froids favoriseraient, pour leur part, la production de péonidine, de cyanidine non acylé glucosamine glucoside et d'acétylglucosides ; ces derniers sont plus volontiers extraits des raisins pour la couleur du vin (Downey et al., 2006).

On peut évaluer le stress hydrique pour la vigne en calculant la différence de température entre la canopée et la température extérieure qu'on écrit ΔCT (Anderson, 1936; Idso *et al.*, 1981; Tormann, 1986). Dans le cas des vignes, ΔCT est corrélée avec l'humidité du sol (Zyl & Louis, 1984). Selon Zyl & Louis (1984), l'écart de ΔCT entre un milieu humide et un milieu sec est peu corrélé au potentiel hydrique des feuilles (ouverture des stomates) dans le cas des vignes. Pour les vignes, un ΔCT de 1,62°C à 1,16°C correspond à un régime hydrique du sol critique de 30% à 50% d'eau disponible. Ce stress peut aussi se mesurer grâce aux paramètres d'élongation de tige, d'augmentation de la circonférence de tige et du diamètre des baies.

Les objectifs sont donc d'évaluer la croissance et la vigueur des vignes en fonction des substrats avec le verre ou le sable. Ceci est mis en parallèle avec les caractéristiques des cépages présents sur le toit et des mesures de paramètres morphologiques et environnementaux. Le deuxième objectif est de tester un outil permettant l'évaluation du stress hydrique de la vigne et sera évoqué à partir du ΔCT pour faciliter l'étude du stress hydrique dans les prochaines recherches.

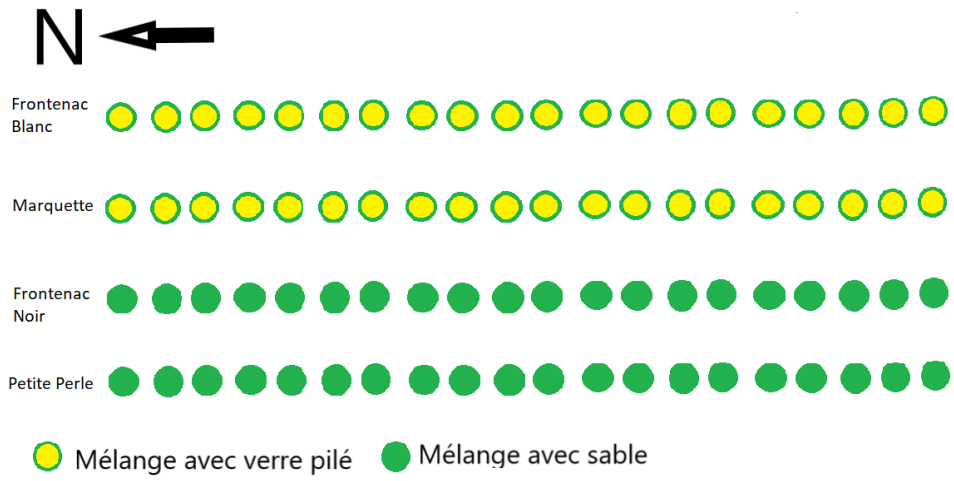


Figure 1 Plan du vignoble sur le toit du Palais des Congrès (schéma : Charlotte Delatour)

Enfin, le dernier objectif est de déterminer si une différence de développement est rencontrée entre le vignoble sur le toit et un vignoble classique en pleine terre hors de la ville. Les adaptations des vignes à leur environnement seront discutées par l'étude de leur croissance, de leur résistance au stress hydrique, de leur taux de chlorophylle et de la quantité de symptômes rencontrés suite à des carences ou des ravageurs.

I. Matériel et Méthode.

Le vignoble d'expérimentation utilisé dans le cadre de cette recherche est situé sur une partie des 1390m² du toit du Palais des Congrès de Montréal. Le bâtiment se trouve en plein cœur de la ville non loin du fleuve Saint Laurent. La ville est à la même latitude que Bordeaux mais ne possède pas le même climat. En effet, les courants d'air polaire apportent des hivers rigoureux et des températures en dessous de -20°C. Le climat, classé comme étant continental humide, présente des étés tempérés. Cependant, il a été enregistré des records historiques de température cet été, notamment un maximum de 36,6°C le 2 juillet dépassant le dernier record enregistré en 1963 (Gouvernement du Canada, 2011). Le vignoble, situé au 5^e étage, est orienté Nord-Sud et il est surplombé par de nombreux gratte-ciels. Les plants de vignes espacés de 60cm sont installés sur 4 lignes de 20 plants, elles-mêmes espacées d'1,20m (Figure 1). Les pots cylindriques, appelés Smart Pots, sont en géotextile et sont donc perméables. Ils font 40cm de hauteur, un volume de 100 L et contiennent chacun un mélange de 40% d'argile (terreau aquatique de Fafard), 5% de perlite, 35% de sable ou de verre finement pilé de l'entreprise Tricentris et 20% de terreau de chez Fafard. Les vignes ont été bâchées pendant l'hiver pour résister au froid² et ont subi une taille de printemps le 11 mai afin de ne laisser que 2 à 4 bourgeons. Le 29 mai, un compost Biosol 1,2-0,7-0,6 (15L) a été ajouté et incorporé à la surface du substrat en tant que fertilisant. Les vignes sont arrosées durant l'été lorsque cela semble nécessaire par appréciation de la pluviométrie, de la température et de l'état des vignes.

Les vignes, Frontenac Blanc, Frontenac Noir, Marquette et Petite Perle, sont des espèces nord-américaines développées par l'université du Minesotta en 1996. Elles ont été obtenues par le croisement entre *Vitis riparia* x *Vitis lumbrusca* et sont des hybrides F1. Leur principale qualité est leur excellente résistance au froid (Christensen, 2000 ; Olding, 2015)

² Un suivi des températures a été effectué durant l'hiver et la température dans le terreau est restée au-dessus de -10°C tout l'hiver, malgré un hiver rigoureux avec des températures de -35°C.

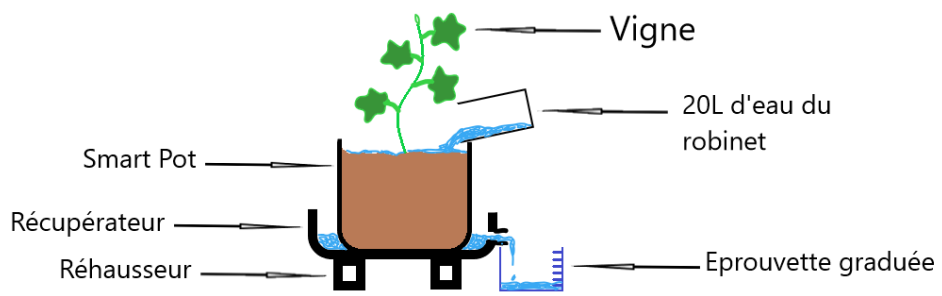


Figure 2 Dispositif de mesure de la Capacité au champ (schéma : Charlotte Delatour)

1. Protocole d'expérimentation pour le test de comparaison des substrats avec sable ou avec du verre finement pilé.

Afin de tester le verre recyclé comme élément potentiel dans le terreau servant à la croissance des vignes urbaines, du verre finement pilé est introduit dans le terreau du vignoble sur le toit du Palais des Congrès. Comme il a été mentionné précédemment dans l'introduction, l'utilisation du verre s'inscrit dans une perspective de recyclage de verre de bouteilles qui ne sont ni consignées ni fondu. Ainsi, l'usage du verre permettrait l'établissement d'une économie circulaire et la diminution du transport de sable.

Toutefois, dans l'optique de son utilisation plus fréquente en incorporation dans un terreau, il est primordial d'estimer ses potentialités en tant que substrat par la mesure de différents paramètres et de le comparer au sable. Dans un souci de concision, les vignes plantées dans le substrat contenant du verre broyé seront appelées « vignes en verre » et celles plantées dans un substrat contenant du sable seront appelées « vignes en sable ».

○ Percolation

La capacité au champ du substrat contenant du verre est comparée à celui contenant du sable. Pour cela, deux bacs sont installés sous deux vignes pour récupérer l'eau. Après une période de sécheresse de 4 jours, 20 L d'eau sont déversés dans un Smart Pot contenant du verre pareillement dans un Smart Pot contenant du sable. L'eau percolée est ainsi récupérée et son volume déterminé (Figure 2).

○ Température

Afin de suivre l'effet du verre sur la température du substrat, celle-ci est mesurée par un thermomètre infrarouge placé à 10-15 cm du substrat préalablement gratté pour faire apparaître la couche de profondeur 15-20cm. Cette mesure est faite pour 30 pots avec verre et 30 pots avec sable à 3 dates différentes entre 9h et 12h. Les moyennes sont ensuite calculées et testées statistiquement avec le test de Wilcoxon.

Ces mesures de paramètres environnementaux sont ensuite mises en parallèle avec des mesures physiologiques. Pour cela, deux items sont testés pour répondre à cette question à savoir la partie racinaire et la partie aérienne.



Figure 3 Méthode de mesure sur jeune racine de vigne Marquette, à Montréal, le 30 juin (crédit photo : Charlotte Delatour)



Figure 4 Marquages sur les vignes pour les mesures de longueurs de tiges, à Montréal le 28 août (crédit photo : Charlotte Delatour)

- Mesures physiologiques

Deux plants sont déracinés juste après la taille de printemps et au stade boutons floraux et nettoyés de manière à préserver un maximum de racines. Des données qualitatives et quantitatives sont prises pour rendre compte au mieux de la qualité du système racinaire. Ainsi, un bilan des blessures, atrophies et présence de jeunes racines est effectué et le poids sec du système racinaire est évalué à l'aide d'une balance de précision, celui-ci n'étant qu'une approche du poids sec réel. Les longueurs maximales de la racine principale et de 30 jeunes racines (uniquement la partie blanche) sont mesurées (Figure 3) et testées statistiquement avec un test de Student.

Pour rendre compte de la qualité du système aérien, un bilan des chloroses, maladies et carences est fait. Sur une période d'un mois entre le 6 juillet et le 7 août, les longueurs des tiges principales de 15 vignes par cépage sont mesurées grâce à un mètre ruban. Elles sont relevées 5 fois à environ une semaine d'intervalle.

Chaque tige mesurée est marquée au marqueur indélébile à la base et chaque tronçon de 150cm est noté au marqueur sur la tige pour accélérer la prise de mesure (Figure 4). La chlorophylle est elle aussi prise avec l'appareil de la marque AtLEAF, qui évalue le ratio de densité optique entre deux longueurs d'onde (640nm et 940nm correspondant au pic d'absorbance des chlorophylles), sur 60 feuilles par cépage à trois dates différentes au mois de juillet. Enfin, le statut hydrique des plantes est estimé grâce à la mesure de la température de la surface foliaire des vignes. Les températures de feuillages sont mesurées (30 feuilles par cépage) avec le thermomètre infrarouge vers 12h à quatre dates différentes au mois de juillet et août (une feuille côté ensoleillé et l'autre à l'ombre).

Pour chaque série de mesure, un bilan de l'environnement des vignes est fait concernant la météo, la température de substrat, son pH et son EC, la pluviométrie, le vent et la luminosité.

2. Evaluation du stress hydrique par la mesure de température de feuille

Le statut hydrique est un paramètre primordial pour la croissance et la maturation du raisin. Ce dernier est relativement difficile à estimer avec les outils couramment utilisés par les agriculteurs/viticulteurs. Cependant, il est possible de calculer un indice, nommer le Crop Water Stress Index (CWSI), permettant de savoir si la plante est en stress hydrique (Jackson *et al.*, 1981). Il consiste à mesurer l'évapotranspiration, qui est réduite lors d'un stress hydrique, par la mesure de la température des feuilles. En effet, il existe une relation inversement proportionnelle entre l'évapotranspiration et la température des feuilles. Cette dernière est aussi régulée par des facteurs de l'environnement, à savoir les radiations nets, l'humidité relative et la vitesse du vent. Grâce à la formule développée par

(Jackson *et al.* (1981) mettant en relation les paramètres de l'environnement et la température des feuilles, le statut hydrique peut être évalué. Ainsi, pendant 3 semaines, 4 vignes (une par cépage) sont privées d'eau par l'apposition d'une bâche blanche à la base des vignes empêchant l'irrigation de celles-ci par la pluie. Les températures de 30 feuilles par vigne « stressée » sont relevées à la fin de la première semaine et à la fin de la 3^{ème} semaine.

1. Comparaison entre l'environnement sur le toit et l'environnement au sol en campagne.

Les vignes, habituellement plantées en pleine terre, sont plantées dans des pots en géotextile mais sont aussi dans un environnement peu commun à savoir sur le toit-plat du palais des Congrès de Montréal au cinquième étage en plein cœur de la ville. L'atmosphère comme le substrat y sont très différents et l'adaptation des méthodes de culture est donc inévitable. Pour apprécier les différences entre ces milieux de culture et pouvoir répondre aux problèmes qui peuvent être rencontrés sur le toit, les quatre cépages du palais des congrès font l'objet de prises de données afin d'évaluer leur qualité. Pour cela, les vignes sont comparées à des vignes de même cépage et de même âge plantées en pleine terre dans un vignoble situé en province à 55kms au sud-est de Montréal. L'objectif est d'évaluer si le développement des vignes est semblable ou si les conditions urbaines ont une influence négative sur les vignes.

Pour cela, des mesures sont faites à un jour d'intervalle au Palais des Congrès et en campagne. Les longueurs des tiges principales sont mesurées à l'aide d'un mètre ruban sur 10 vignes par cépages sur le toit du palais et 17 vignes d'un vignoble classique. Cette méthode permet d'évaluer si les vignes ont la même vitesse de croissance jusqu'à la date de prise de mesures. Les longueurs de tige ne sont pas relevées sur les Petit Perle, ce cépage étant absent du vignoble en campagne. La teneur en chlorophylle est mesurée avec l'appareil AtLEAF. Celui-ci est utilisé sur les 3 cépages à raison de 30 feuilles par cépage. La vitesse d'évolution des vignes devait être suivie grâce aux stades phénologiques selon la grille modifiée par B.G. Coombe de Lorenz *et al.* (1995) qui liste 47 stades phénologiques (Coombe, 1995). Cependant, si nous avons été en mesure d'avoir cette vitesse d'évolution pour le Palais des Congrès, ceci ne fut pas possible dans le cas du vignoble en campagne, celui-ci étant moins accessible, les relevés n'ont pu être fait dans les temps.

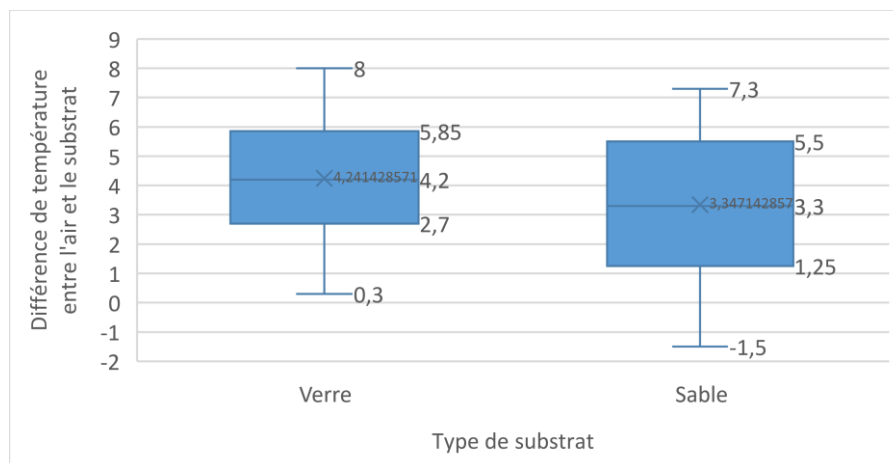


Figure 5 Graphique des moyennes et écarts types des ΔCT en fonction de la présence de verre ou de sable.

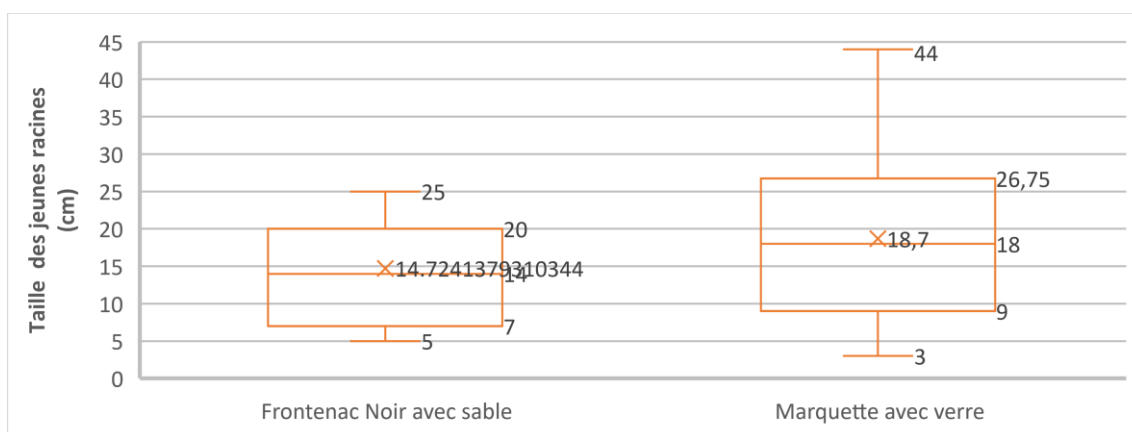


Figure 6 Longueur des jeunes racines en millimètre de deux cépages plantés dans un substrat contenant du verre pilé et l'autre du sable

Tableau I Récapitulatif des observations faites sur la morphologie des deux vignes déracinées.

Vigne	Description système racinaire	Longueur de la racine primaire en cm	Qualité des jeunes racines	Atrophie maladie
Frontenac Noir avec sable	Le système racinaire démarre plus en profondeur. Une section d'environ 15 cm est très peu ramifiée en surface puis les ramifications augmentent et les racines plongent jusqu'en profondeur	60	Présence de jeunes racines ramifiées jusqu'à 1 mm de diamètre	NS
Marquette avec verre pilé	Le système racinaire se situe plus en surface et les racines ne colonisent pas le fond avec seulement du verre	51	Racines d'environ 1 mm de diamètre	NS

II. Résultats

1. Effet du verre pilé sur la température de substrat, la rétention d'eau et par conséquent sur la croissance de la vigne

a) Capacité au champ et température de substrat

La mesure de capacité au champ montre que le Smart Pot contenant du verre a retenu 13L sur les 20L et celui en verre a retenu 14,4L. Les quantités de substrat placées dans les pots n'étant pas très homogènes et l'expérience n'ayant été faite que sur deux pots, les résultats ne sont qu'un aperçu des différences potentielles de capacité au champ entre les deux substrats.

Les températures de substrats prises à l'aide d'un thermomètre infrarouge ont d'abord fait l'objet d'une étude comparative pour déterminer quel était l'endroit le plus représentatif pour prendre les mesures de substrat. Il s'est révélé que les mesures sur le côté du Smart Pot était représentatives de la quantité de chaleur accumulée par la surface noire en géotextile mais non représentatives de la température de substrat. En effet, le sol au contact du géotextile reste malgré tout plus frais avec une température moyenne de 26°C contre une température moyenne de géotextile de 38°C. Ceci met en évidence le caractère isolant du Smart Pot en dépit de sa couleur foncée. Une petite différence entre la température du substrat à l'ombre et celui au soleil, en moyenne 1°C, oblige une prise de mesure constamment au soleil (choix arbitraire).

La prise des températures sur 3 périodes différentes a pu mettre en évidence que le substrat avec le sable a une température plus élevée de 1,1°C par rapport au substrat contenant le verre (Figure 5). Cette différence, bien que faible, est significative à 5% d'incertitudes. Les températures n'ont pu être comparées selon l'intensité d'éclairement ou encore de la quantité d'eau contenue dans le sol, les outils de mesure n'étant pas mis en place.

b) Evaluation de la qualité du système racinaire

Lorsque l'on mesure les jeunes racines apparues entre avril et mai, on observe une différence de longueur moyenne entre le plant en sable et le plant en verre. En effet, les racines avec le sable sont légèrement plus courtes avec une moyenne de 14,72 mm tandis que les longueurs des racines avec le verre ont une moyenne de 18,7 mm (Figure 6). Cette différence est néanmoins non significative si l'on fixe le taux d'erreur à 5% la p-value étant de 0,109. Lors du déracinement, il a été observé que la vigne en sable avait sa racine primaire plus longue que le plant avec le verre avec une différence de presque 10cm (Tableau I). Les racines du plant en verre sont très étoffées et démarrent dès le collet. Celles de la vigne en sable plongent plus profondément dans le Smart Pot et sont moins étoffées (Figure 7).



Figure 7 Plant de Marquette en Smart Pots avec verre à gauche, Plant de Frontenac Noir en sable à droite, à Montréal le 30 juin. (crédit photo : Charlotte Delatour)

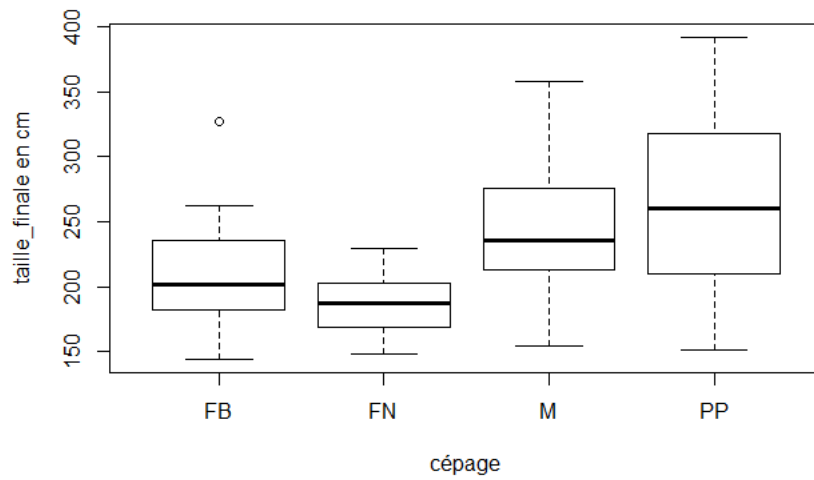


Figure 8 Moyenne des longueurs de sarment à la mi-août pour les 4 cépages. (FB et M sont avec du verre et FN et PP sont avec du sable)

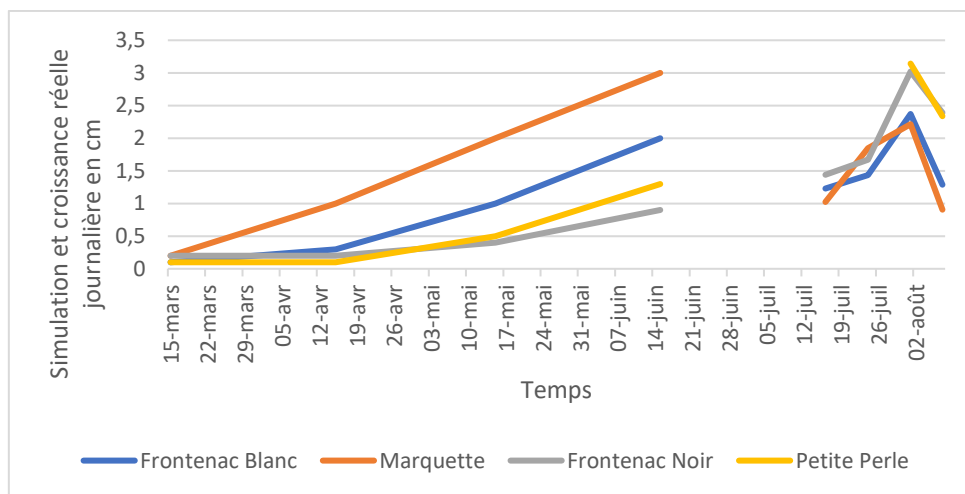


Figure 9 Simulation de la vitesse de croissance des cépages du 15 mars au 15 juin et croissance réelle du 15 juillet au 2 août.

c) Evaluation de la qualité du système aérien

○ Longueur de tige principale et croissance

Une différence de croissance sur les 2 semaines entre le mois de juillet et août est observée entre les deux conditions de substrat. Le plan d'expérimentation présente un biais dans la répartition homogène des cépages entre les deux substrats (Figure 1). Malgré cela, il semble que la différence de croissance soit due à la présence de verre ou de sable dans le Smart Pot et non aux caractéristiques des cépages (Annexe II).

Il reste cependant un doute quant à la différence réelle de croissance puisque les mesures ont été faites tardivement dans la saison. En effet, si l'on compare les longueurs finales des tiges (entre la naissance du sarment de l'année et l'apex), elles ne suivent pas la même logique que la croissance.

Les longueurs finales obtenues en août se différencient, elles, par rapport aux cépages. Ainsi, on obtient, après Anova, une différence de longueur significative entre les cépages atteignant 80cm entre la moyenne des Petite Perle et la moyenne du Frontenac Noir (Annexe III).

On obtient, à l'issue de la saison, quatre profils différents de croissance de tige. Le Frontenac Blanc et le Marquette présentent une croissance précoce et rapide en début de saison tandis que le Frontenac Noir et le Petite Perle sont tous deux plus tardifs. En revanche, sur la totalité de la saison les deux Frontenac ont globalement une croissance moindre par rapport au Marquette et au Petite Perle. Une simulation de la croissance est visible Figure 9 qui est établie sur la base des hypothèses de croissance obtenues. Les points de la Figure 9 sont reliés pour permettre une meilleure vision de la croissance des tiges.

○ Quantité de baies par vigne

Le décompte des baies et la présence ou l'absence de grappe ne sont pas concluant puisque les vignes sont encore jeunes et présentent très peu de grappes à deux ans.

○ Statut hydrique des vignes

Le statut hydrique des plants en verre et en sable, calculé à partir du ΔCT , a montré des différences significatives. La médiane pour les plants en sable est de $-1,5^{\circ}C$ et celle pour les plants en verre de $-0,65^{\circ}C$ soit une différence d'environ un degré (Figure 10). L'indice de statut hydrique nous est donné par le ΔCT . Plus le résultat est négatif plus la température de l'air est grande par rapport à la canopée et donc plus la feuille est fraîche par rapport à son environnement. Cela s'explique par une transpiration intense qui implique la baisse de température de la feuille. Pour obtenir une telle transpiration, il est nécessaire que la plante ait une quantité suffisante d'eau à prélever dans le sol et donc qu'elle ne soit

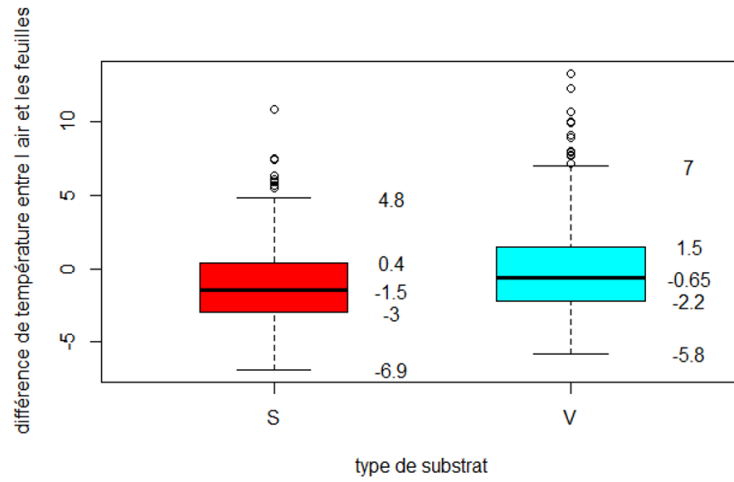


Figure 10 Comparaison des températures de feuilles entre les conditions en sable et en verre (S : sable ; V : verre)

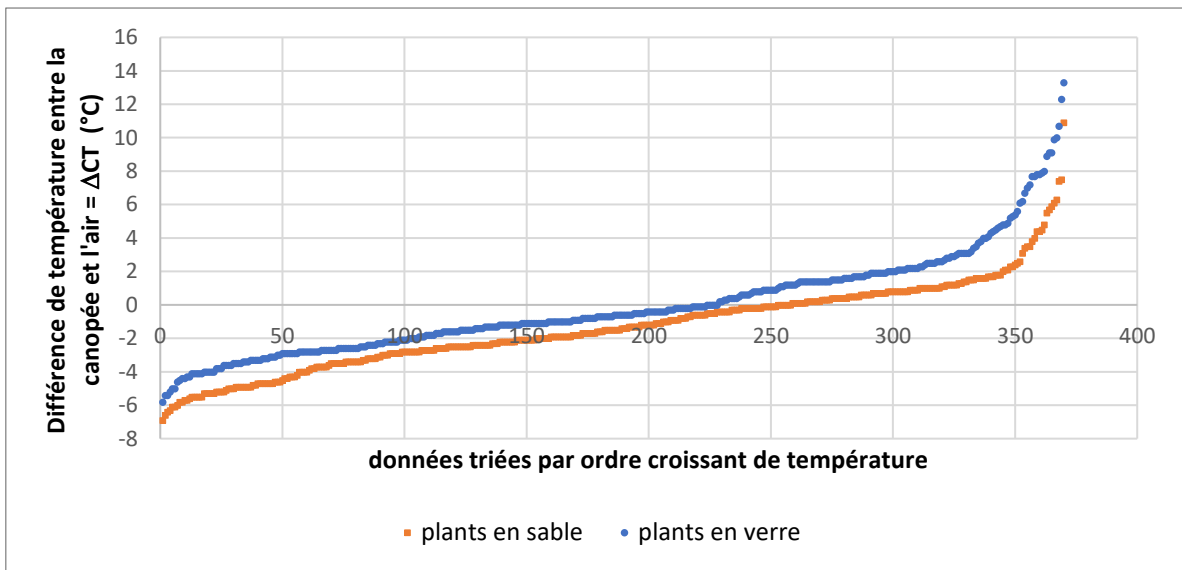


Figure 11 ΔCT à plusieurs dates triées par ordre croissant pour les conditions de substrat en sable ou en verre chez des plants non stressés

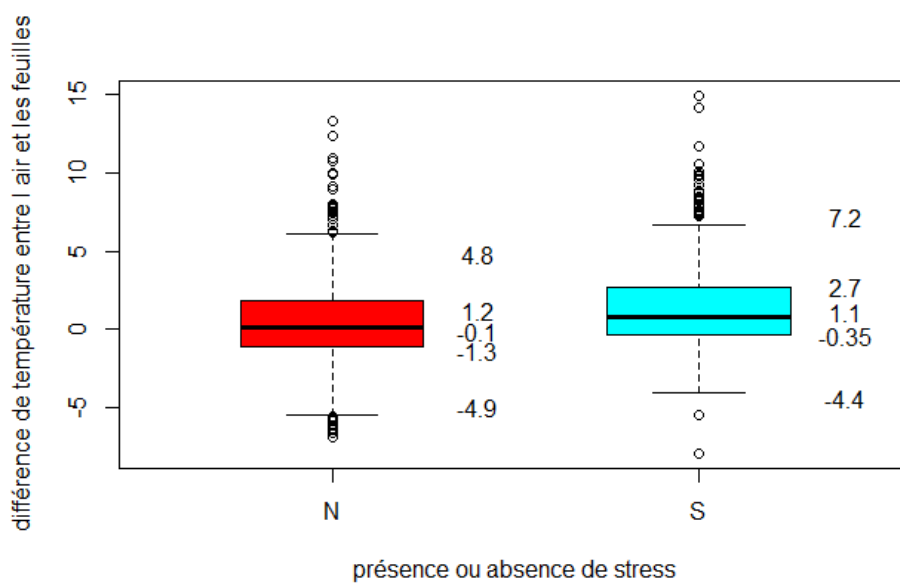


Figure 12 ΔCT pour le groupe de vigne non stressées (N) et les vignes stressées (S)

pas en stress hydrique. Les plants en sable sont alors dans de meilleures conditions hydriques que ceux en verre (Figure 10) (Annexe V).

La température des feuilles ne suit pas une loi linéaire comme on pourrait le penser mais une loi polynomiale. La température augmente d'abord rapidement puis se stabilise sur un faible intervalle de température et enfin augmente de manière exponentielle (Figure 11 ; Figure 133). Les feuilles ont donc des températures qui couvrent une large gamme d'environ 20°C avec au minimum 7°C de moins que l'air ambiant contre 13°C de plus que l'air ambiant pour le maximum observé. Les ΔCT ont augmenté entre la première et la dernière date de mesure montrant une augmentation du stress hydrique dû à la canicule (Annexe IV).

- Teneur en chlorophylle

Sur l'intervalle d'un mois qui a séparé la première mesure de chlorophylle et la dernière, aucune différence n'a été mise en évidence. Les teneurs en chlorophylle n'ont pas été impactées par les conditions de canicule du mois de juillet. En revanche, on observe nettement une différence de teneur en chlorophylle selon le cépage. En effet, le cépage Petite Perle présente une moyenne de 29,28 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de chlorophylle totale tandis que les cépages Frontenac Blanc, Frontenac Noir et Marquette présentent respectivement 20,55 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 19,84 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ et 17,96 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ en moyenne de chlorophylle. Ces taux de chlorophylle sont uniquement dû au cépage et à la couleur des feuilles. L'outil doit être calibré pour chaque cépage différent ou n'être utilisé que sur un seul cépage. Ainsi, la différence entre les types de substrat ne peut être détectée sans une correction des valeurs.

- Bilan des maladies et des carences

A la fin août, un échantillon de feuilles a été envoyé dans un laboratoire afin de détecter la présence de champignons ou de bactéries. Les feuilles étaient parfaitement indemnes d'un quelconque ravageur.

De même, un échantillon de pétioles a été envoyé dans un laboratoire agréé pour évaluer des carences potentielles. Les résultats ne sont pas encore disponibles.

2. Effet du stress hydrique appliqué aux vignes sur la transpiration et l'état général des plantes

Dans l'expérience de mise en condition de stress hydrique, les températures présentent de légères différences qui se sont révélées significatives avec le test de Wilcoxon (Annexe V). Les différences entre les médianes sont identiques aux résultats de test entre les substrats puisqu'on obtient une médiane égale à -0,1°C pour les plants non stressés et 1,1°C pour les plants stressés (Figure 122). Les résultats pour les 4 cépages ont été combinés pour maximiser le nombre de données. Cela n'a pas d'incidence sur les résultats.

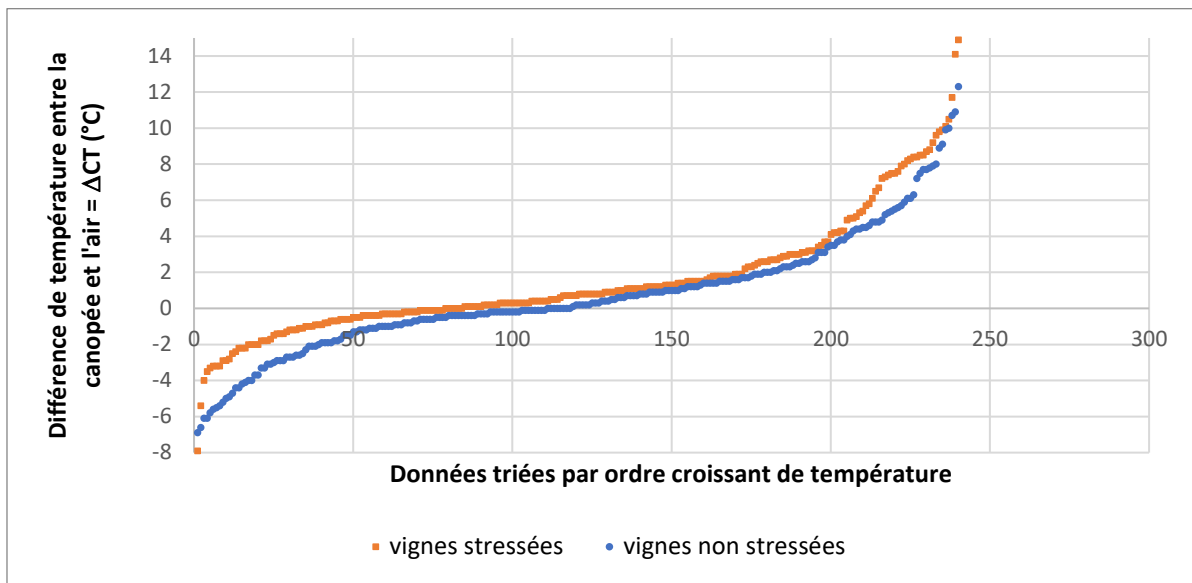


Figure 13 ΔCT à plusieurs dates triées par ordre croissant pour les conditions non stressé et en stress hydrique



Figure 14 Symptôme de brûlure sur feuille de Frontenac Blanc dû à un excès de chaleur, à Montréal le 11 août (crédit photo : Charlotte Delatour)

Les profils de courbe (Figure 13) pour les données de température triées par ordre croissant présentent à nouveau la même loi polynomiale. En effet, la majorité des feuilles suivent une loi linéaire mais un petit groupe de feuilles ont soit une température très basse, soit une température très haute.

Des tests effectués en laboratoire ont fait suite à l'apparition de symptômes foliaires (Figure 14). Le diagnostic a confirmé des brûlures dues à un stress hydrique ou des chaleurs excessives.

3. Comparaison de l'état des vignes en ville et en campagne

Les prises de mesure en campagne n'ont été faites qu'une seule fois pour des raisons pratiques. Le peu de vignes présentes dans le vignoble rural ne permet pas de comparer avec précision la culture en pleine terre et la culture en pot sur toit. Il résulte malgré tout de cette comparaison quelques conclusions : les tiges principales des Marquette présentent une moyenne de 66cm de long dans le vignoble en campagne et ont donc eu une croissance réduite comparée aux vignes de ce cépage présentes sur le toit qui ont une moyenne de 141,9cm à la même date. Les moyennes des longueurs de tige principale des deux autres cépages ne sont pas significativement différentes.

En ce qui concerne les teneurs en chlorophylle, celles-ci dépendent avant tout du type de cépage (comme indiqué plus haut). Les teneurs sont quand même légèrement plus importantes en ville qu'en campagne avec une moyenne de 18,05 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de chlorophylle totale pour les vignes en ville et 16,55 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ pour les vignes en campagne.

III. Discussion

Les conclusions obtenues à l'issue de l'étude comparative des racines n'est qu'hypothétique étant donné que les cépages ne sont pas les mêmes. Malgré cela, les cépages n'ont pas montré d'écart de vigueur et de vitesse d'enchaînement des stades phénologiques. Si on pose l'hypothèse que les cépages sont très proches et doivent avoir le même profil racinaire alors les substrats l'ont impacté. Le caractère angulaire du verre broyé et ses propriétés physiques notamment de conductivité thermique diminuent son pouvoir de rétention d'eau et d'accumulation de chaleur. Ainsi, les vignes dans les Smart Pots avec le verre ont souffert plus volontiers de la sécheresse et ont un sol légèrement plus frais que les substrats avec du sable. Les racines en sable se sont donc développées de manière plus homogène dans le pot optimisant ainsi sa surface d'absorption tout en favorisant la croissance aérienne au détriment des jeunes racines. A l'inverse, les jeunes racines des vignes en verre sont plus longues pour permettre une plus grande absorption de l'eau et des minéraux lors des irrigations impliquant une diminution de la croissance des parties aériennes. La granulométrie du verre crée des espaces plus importants dans le sol permettant aussi aux racines de grandir plus aisément. Comme le suggère Skene & Kerridge (1967), les racines plongent plus profondément dans les pots en sable en réponse à une plus grande

température. Enfin, les vignes en verre ne colonisent pas le fond des Smart Pots à cause de la présence d'une couche de verre d'environ 5cm.

Bien que les observations précédentes aillent en faveur du sable, l'expérience n'a pas pu conclure de choix entre le sable et le verre étant donné que les granulométries choisies n'étaient pas les mêmes initialement (verre plus grossier que le sable).

De plus, le stress hydrique engendré par la présence du verre peut être bénéfique pour la qualité gustative des baies qui se chargent plus volontiers en composés de type flavonoïdes. Cette perspective pourra être étudiée à partir de la quatrième année des vignes.

Les profils de croissance, obtenus par synthèse des vitesses de croissance et longueur finale, présentent quatre profils différents. Ainsi, les substrats ont influencé la précocité et la vitesse de croissance des vignes en augmentant celle-ci pour le verre. On suppose qu'en début de saison la disponibilité importante en eau, l'aération du substrat et la luminosité (non mesurée) ont favorisé les vignes en verre. Cependant, il apparaît que le cépage Petite Perle est plus tardif que les autres ce qui influencerait la croissance au-delà de l'effet unique du substrat. D'autre part, la taille maximale des cépages divergent puisque les deux Frontenac sont en moyenne plus petits que les Marquette et le Petite Perle. On pourrait donc penser que les Frontenac pourraient atteindre une plus grande taille et une meilleure vigueur s'ils étaient permutés entre les substrats selon leur caractéristique précoce ou tardive.

Comme indiqué précédemment, les vignes en verre ont plus souffert de stress hydrique que celles en sable. Les mois de juillet et août ont connu une canicule à Montréal ce qui a impacté la totalité des vignes en particulier les cépages en verre. Bien qu'un stress hydrique soit favorable aux qualités gustatives des baies, la localisation du vignoble en plein centre-ville et sur un toit engendre d'importantes accumulations de chaleur. Cela exige une attention accrue quant au manque d'eau et impose la nécessité d'une bonne irrigation. Cette dernière n'ayant pas été assez conséquente, la répercussion de la canicule s'est matérialisée par la sénescence d'un grand nombre de feuilles.

D'autre part, les températures de feuilles suivent à chaque relevé une loi polynomiale. Une faible quantité de feuilles a des températures beaucoup plus faibles que la moyenne et, de même, un petit groupe de feuilles a une température beaucoup plus élevée que la moyenne. Cela indique probablement que lors de fortes chaleurs, certaines feuilles bloquent totalement leur transpiration et accumulent ainsi la chaleur. Les feuilles moins exposées, d'autre part, transpirent plus intensément et donc abaissent leur température pour compenser le déficit de transpiration.

L'étude de stress hydrique a confirmé l'utilité de l'indice ΔCT . Celui-ci, est un bon indicateur du statut hydrique des vignes. Les températures de feuilles obtenues ont montré un stress hydrique plus important chez les vignes privées d'irrigation.

Ces résultats, bien que significatifs, ne coïncident pas avec une réelle différence de stress. Si l'expérience précédente entre les deux types de substrats montrait une différence de température de 1°C entre les deux conditions, un vrai stress hydrique aurait montré logiquement une plus grande différence.

Le test de stress hydrique a donc été faussé par les conditions météorologiques exceptionnelles qu'a connu Montréal durant l'été. Les 80 vignes du Palais des Congrès n'ont pas été assez irriguées pour maintenir un statut hydrique optimal. Malgré cela, les vignes dites « non stressées » étaient dans de meilleures conditions puisque la transpiration était légèrement plus élevée que les vignes « stressées ».

Enfin, la comparaison du vignoble sur le toit et celui en pleine terre en campagne a montré l'intérêt du toit au niveau thermique. En effet, le cépage Marquette a souffert du froid durant l'hiver réduisant considérablement sa vigueur au printemps. Le Marquette du toit en revanche, a été protégé du froid grâce au microclimat de Montréal et au dégagement de chaleur du toit ce qui lui a permis d'atteindre des longueurs très importantes et donc avoir une bonne vigueur. Les autres cépages ont eu une croissance similaire et des taux de chlorophylle sensiblement identiques. La vigueur chez une vigne n'est pas recherchée lorsqu'elle est assez mature pour produire du raisin. En revanche, dans ses premières années, un bon développement et une bonne vigueur sont nécessaires afin d'assurer sa survie pour les hivers et les années suivantes.

IV. Conclusion

Les intérêts d'un vignoble sur le toit sont multiples puisque la vigne constitue un nouveau type d'approche du verdissement et apporte avec elle de nombreux avantages. En effet, c'est une plante pérenne et résistante aux grandes chaleurs comme au froid. Elle demande peu d'entretien notamment en termes d'intrants et d'irrigation. Sa plantation nécessite néanmoins d'adapter les techniques de sa culture et de mettre au point un substrat adapté à l'environnement des toits en ville. Dans un souci d'évolution vers des économies circulaires et de culture plus responsable, le verre broyé a été testé en incorporation dans le substrat.

Le premier objectif était donc d'évaluer les potentialités du verre broyé en remplacement du sable. Il a donc été soulevé que la présence du verre ou du sable dans le substrat impacte la qualité des vignes. Il a été montré que le verre réduisait la croissance et la résistance au stress hydrique des vignes par rapport au sable. Cependant, le choix initial de granulométrie de verre différait de la granulométrie du sable faussant ainsi la comparaison. Egalement, la répartition d'un type de substrat par cépage ne permet pas d'attester réellement la validité des résultats. Malgré cela, les caractéristiques chimiques et physiques du verre ne sont pas les mêmes que celles du sable. Des prévisions de résultats similaires peuvent être faites quant à l'accumulation plus importante de chaleur et d'eau par le sable. Ainsi, l'environnement du toit déjà soumis à des excès de chaleur privilégierait le choix du sable en incorporation dans les substrats. De plus, le sable utilisé est d'origine continentale, il n'y a donc pas d'enjeux environnementaux concernant son extraction dans les carrières. En revanche, il faudrait pouvoir estimer l'énergie utilisée pour son transport jusqu'en ville et la comparer à l'énergie dépensée dans le broyage du verre. Une étude plus approfondie sur un type de cépage uniquement complèteraient les conclusions déjà apportées et confirmeraient leur exactitude.

Ensuite, un questionnement sur la fiabilité d'un indice de stress hydrique a été soulevé. Le test qui évaluait ce stress a mis en exergue les facultés de résistance et de résilience des vignes. Le ΔCT , outil potentiellement utile à la gestion de l'irrigation, a permis de détecter un plus grand stress hydrique chez les vignes non irriguées. Cependant, cette expérience a été compromise par la canicule durant les mois de juillet et août et l'absence d'irrigation suffisante. La disposition d'un système de goutte-à-goutte serait un choix judicieux pour optimiser l'irrigation et éviter de nouvelles pertes.

Pour finir, le comportement du vignoble sur le toit a été comparé à un vignoble en pleine terre en campagne. Ceci, par la comparaison de paramètres physiologiques comme la croissance et la teneur en chlorophylle. Les conclusions obtenues à l'issue de la comparaison ont essuyé des biais importants. Une étude plus approfondie avec un vignoble en pleine terre plus grand et des mesures sur l'environnement et le substrat serait un moyen de comparer plus précisément ces deux milieux. Malgré tout, les mesures ont confirmé l'intérêt de protection thermique du toit notamment sur le cépage Marquette. En effet, ce dernier a souffert de l'hiver rigoureux du Canada en campagne alors qu'il a été préservé sur le toit du Palais des Congrès.

Pour conclure, les expériences réalisées sur le toit ne permettent pas de faire un choix entre l'utilisation du verre ou du sable et sur l'obtention de baies de qualité pour la vinification. En effet, les vignes de deux ans sont trop jeunes pour permettre de tester les raisins. De surcroît, l'utilisation du verre apporte des questionnements sur sa durabilité. D'un point de vue environnemental, le verre broyé est obtenu par concassage des bouteilles usagées, ce qui nécessite de l'énergie. Les bouteilles, fabriquées à partir de sable fin type sable de rivière, sont issues d'un processus long, onéreux et coûteux pour

l'environnement. Leur utilisation en incorporation dans un substrat ne permet pas de construire une économie circulaire. Le recyclage des bouteilles semble alors plus durable. Le sable, utilisé habituellement dans les substrats, provient de carrières continentales n'influençant pas les systèmes marins, fluviaux et lacustres. Pour finir, des fragments de plastiques ont été retrouvés au sein du verre broyé diminuant encore sa durabilité.

De nombreux biais dans l'expérience ont compliqué l'étude statistique des résultats et biaisé les conclusions. Notamment, la répartition des cépages dans les substrats et dans l'espace et la répartition du paillis de cacao n'ont pas été randomisées. L'incorporation non homogène du verre et du sable et leur différence de granulométrie ont pu influencer aussi les données. Enfin, l'arrivée tardive de certains outils de mesure n'a pas permis de faire des relevés en début de saison en particulier météorologiques.

Recommandations pour les futurs tests qui permettront de confirmer les conclusions déjà obtenues :

- Test sur le verre broyé :

Le choix d'un substrat permettant une plus grande rétention d'eau réduirait les risques de stress hydrique et par conséquent une perte de vigueur des vignes. En effet, l'environnement du toit semble sensible aux excès de chaleur dus au microclimat de la ville de Montréal et de l'absence d'ombre. La perte de données a été un des défis rencontrés tout au long de la saison.

L'absence d'un tuteurage efficace a aussi porté préjudice à l'expérience puisqu'une petite partie des vignes ont cassé ou ont plié à cause du vent réduisant encore les données. De ce fait, un bon maintien des vignes pourrait palier ces risques et serait profitable pour la croissance des vignes. De plus, une règle graduée de type Vernier serait utile à l'évaluation de la croissance en complément de la mesure de longueur de tige. Cela multiplierait le nombre de données de manière simple et rapide.

Pour garantir la fiabilité des résultats, l'irrigation devra être plus soutenue que cette année et identique pour tous les Smart Pots. Une irrigation par goutte-à-goutte serait un dispositif adapté pour suivre au mieux les quantités d'eau fournies aux vignes.

Le plan expérimental qui aurait pu être fait initialement est visible en Annexe VI.

- Test sur le stress hydrique

Ce test a montré l'efficacité de l'indice ΔCT pour évaluer le stress hydrique. Afin de déterminer une valeur critique de stress hydrique à ne pas dépasser et une fourchette idéale pour optimiser la vigueur des vignes et la qualité des raisins, des essais avec différentes fréquences d'irrigation pourraient être effectués. Cela constituerait un sujet de recherche distinct du test précédent soulevant des questionnements complexes.

- Test sur le vignoble en ville et en campagne

Cette expérience est complexe à mettre en place et n'apporte pas vraiment d'éléments pour l'amélioration des vignes sur toit. La multiplication des différences d'environnement, notamment la comparaison plant en pot et en pleine terre ou plant en campagne et en ville, rend difficile l'analyse des résultats. Les paramètres sont trop nombreux et la gestion de vigne sur toit doit être complètement différente d'une gestion classique d'un vignoble. L'objectif est alors d'innover et de tester de nouvelles techniques de culture pour les vignes. Une expérience sur plusieurs types de terreaux serait alors envisageable.

V. Partie optionnelle

Avant mes recherches sur le vignoble du palais des Congrès, j'ai tout d'abord réuni toutes les connaissances concernant les vignobles urbains existant déjà dans le monde. J'ai réuni tous les modèles au sein de fiches pour en connaître les informations relatives au modèle économique, technique et historique du vignoble.

En dehors des activités de recherche sur le vignoble du palais des Congrès, plusieurs activités associées aux différents projets du laboratoire AULAB ont mobilisé l'équipe pour créer un toit entièrement végétalisé. Ainsi, j'ai pu contribuer à la préparation des plants, depuis les semis en serre jusqu'à leur plantation dans les bacs. J'ai pu participer à la disposition des bacs biotop, Smart Pots et des bacs alternatifs, à leur remplissage avec différents mélanges de terreaux et aux travaux de décompaction pour certains bacs. Une autre partie des activités concernait la mise en place des murs végétalisés à savoir la construction des structures métalliques, la mise en place de l'irrigation, la pose des feutres et la plantation dans ces derniers. Des structures en bois en modèle classique ou hydroponie ont été construites sur le toit pour accueillir des plants de fraisiers.

Le projet de Vigne en ville comportait non seulement un volet recherche mais aussi l'établissement d'un vignoble au siège social de la SAQ (Société des alcools du Québec) en pleine terre comprenant environ 160 vignes et à l'ITHQ (Institut technique d'hôtellerie du Québec) comprenant 60 vignes. J'ai donc mis en place avec l'équipe les Smart Pots sur les toits de l'ITHQ et j'ai planté différents cépages dans deux types de substrat élaborés en collaboration avec Véronique Lemieux, viticultrice, et Marie-Josée Vézina, ingénieur agronome. Le plan du vignoble a été pensé pour permettre des expérimentations ultérieures. La maintenance du vignoble du palais des Congrès m'était en partie assigné, j'ai donc préparé les vignes à la sortie de l'hiver, mis en place le tuteurage, apposé un terreau en guise de fertilisation et taillé les vignes. J'ai pu assurer l'entretien des trois vignobles pendant une période de trois semaines avec suivi de l'irrigation, des traitements à l'ail préventifs, des ravageurs et notamment celui du scarabée japonais a été effectué.

Un des objectifs principaux des stagiaires était de pouvoir être indépendant dans son travail, d'aller chercher les informations auprès de professionnels et d'apporter des idées neuves aux multiples projets du laboratoire. Chacun pouvait alors apporter ses idées sur un autre projet, donner des idées d'amélioration pour les faire progresser plus rapidement. Des réunions mensuelles étaient organisées pour échanger en équipe sur tous les sujets.

Enfin, la totalité de l'équipe a participé à la rénovation d'un container, réalisé pour faire office de vitrine à l'agriculture urbaine dans une zone urbaine sensible.

VI. Bibliographie

Anderson, D. B. (1936). Relative Humidity or Vapor Pressure Deficit. *Ecology*, 17(2), 277-282.

<https://doi.org/10.2307/1931468>

Carbonneau, A., Deloire, A., Torregrosa, L., Pellegrino, A., & Jaillard, B. (2015). *Traité de la vigne* (Dunod). Paris.

Christensen, L. P. (2000). *Raisin production manual* (University of California Agriculture and natural resources).

COFAS. (2017). Comité des Fêtes et d'Actions Sociales de Montmartre - Paris 18ième. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <https://www.comitedesfetesdemontmartre.com/>

Coombe, B. G. (1995). Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian journal of grape and wine research* 1, 100-110.

Downey, M. O., Dokoozlian, N. K., & Krstic, M. P. (2006). Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 257-268.

Gouvernement du Canada, E. et C. climatique. (2011, octobre 31). Rapport de données quotidiennes pour juillet 2018 - Climat - Environnement et Changement climatique Canada. Consulté 27 juillet 2018, à l'adresse http://climat.meteo.gc.ca/climate_data/daily_data_f.html?hlyRange=1994-02-01%7C2018-07-24&dlyRange=1994-07-26%7C2018-07-24&mlyRange=%7C&StationID=10761&Prov=QC&urlExtension=_f.html&searchType=stnProx&

optLimit=yearRange&Month=7&Day=26&StartYear=2018&EndYear=2018&Year=2018&selRowPerPage=25&Line=0&txtRadius=25&optProxType=city&selCity=45%7C31%7C73%7C39%7CMontr%7C3%A9al&selPark=&txtCentralLatDeg=&txtCentralLatMin=0&txtCentralLatSec=0&txtCentralLongitudeDeg=&txtCentralLongMin=0&txtCentralLongSec=0&timeframe=2

Idso, S. B., Jackson, R. D., Pinter, P. J., Reginato, R. J., & Hatfield, J. L. (1981). Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, 24, 45-55. [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(81\)90032-7](https://doi.org/10.1016/0002-1571(81)90032-7)

Il Corriere vinicolo. (2016). Superfici e produzione mondo per sito. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.uiv.it/statistica/superfici-vitate-e-produzione-di-vino-nel-mondo-dettaglio-per-principali-paesi-e-differenza-produzioneconsumo/>

Jackson, R. D., Idso, S. B., Reginato, R. J., & Pinter, P. J. (1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*, 17(4), 1133-1138. <https://doi.org/10.1029/WR017i004p01133>

Laboratoire agriculture urbaine. (2017). Recherche et projets. Consulté 28 juin 2018, à l'adresse <http://www.au-lab.ca/recherche/>

Lorenz, D. H., Eichhorn, K. W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 100-103. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x>

Mayer, D. (2015). Der Hauptstadtwinzer. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.hauptstadtwinzer.de/>

Neighborhood vineyards. (2016). Neighborhood vineyards. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.neighborhoodvineyards.org/>

Olding, P. (2015). *The Urban Vineyard*. Paul Olding.

Rooftop Reds. (2017). Rooftop Reds Brooklyn. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.rooftopreds.com/>

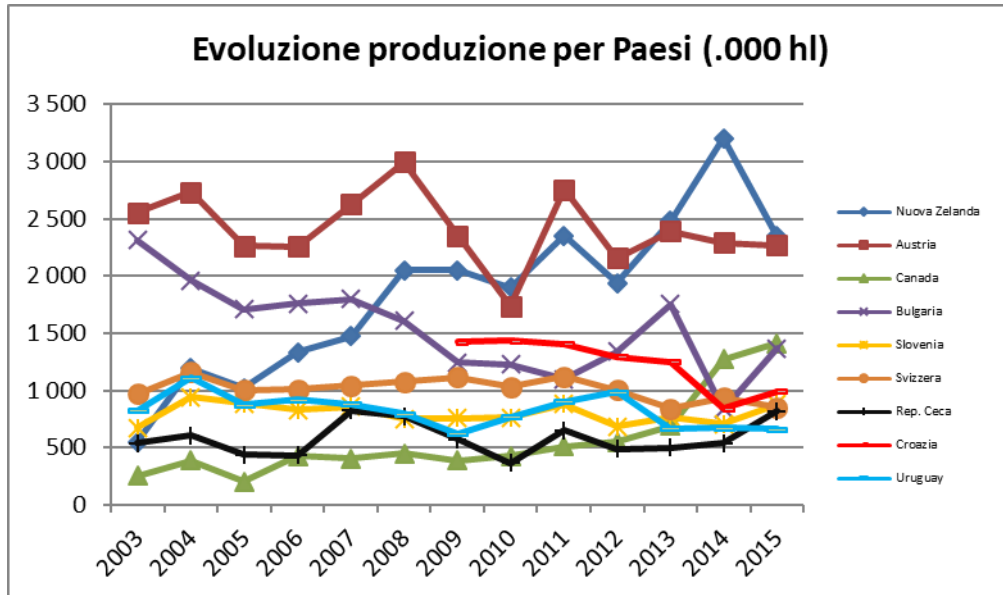
- Skene, K. G. M., & Kerridge, G. H. (1967). Effect of Root Temperature on Cytokinin Activity in Root Exudate of *Vitis vinifera* L. *PLANT PHYSIOLOGY*, 42(8), 1131-1139. <https://doi.org/10.1104/pp.42.8.1131>
- Statistique Canada. (2018, mai). Contrôle et vente des boissons alcoolisées, exercice se terminant le 31 mars 2017. Consulté à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/180510/dq180510a-fra.pdf>
- Tormann, H. (1986). Canopy temperature as a plant water stress indicator for nectarines. *South African Journal of Plant and Soil*, 3(3), 110-114. <https://doi.org/10.1080/02571862.1986.10634203>
- Tromp, J. (1996). Sylleptic Shoot Formation in Young Apple Trees Exposed to Various Soil Temperature and Air Humidity Regimes in Three Successive Periods of the Growing Season. *Annals of Botany*, 77(1), 63-70. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0008>
- Trought, M. C. T., Dixon, R., Mills, T., Greven, M., Agnew, R., Mauk, J. L., & Praat, J.-P. (2008). The impact of differences in soil texture within a vineyard on vine vigour, vine earliness and juice composition. *OENO One*, 42(2), 67. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.2.828>
- Vigne en ville Angers. (2018). Vigne en Ville Angers. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <https://www.facebook.com/VigneEnVilleAngersOfficiel/>
- Zelleke, A., & Kliewer, W. M. (1980). Effect of root temperature, rootstock and fertilization on bud-break, shoot growth and composition of 'Cabernet Sauvignon' grapevines. *Scientia Horticulturae*, 13(4), 339-347. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(80\)90092-8](https://doi.org/10.1016/0304-4238(80)90092-8)
- Zerouala, L. (2014, juillet 29). La culture de la vigne au Québec ; Tout ce que vous devez savoir. Consulté 24 mai 2018, à l'adresse <https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/61561/la-culture-de-la-vigne-au-quebec-tout-ce-que-vous-devez-savoir?r=vigne+culture>
- Zyl, V., & Louis, J. (1984). *Interrelationships among soil water regime, irrigation and water stress in the grapevine (Vitis vinifera L.)* (Thesis). Stellenbosch : Stellenbosch University. Consulté à l'adresse <http://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/68424>

VII. Sitographie

- COFAS. (2017). Comité des Fêtes et d'Actions Sociales de Montmartre - Paris 18ième. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <https://www.comitedesfetesdemontmartre.com/>
- Gouvernement du Canada, E. et C. climatique. (2011, octobre 31). Rapport de données quotidiennes pour juillet 2018 - Climat - Environnement et Changement climatique Canada. Consulté 27 juillet 2018, à l'adresse http://climat.meteo.gc.ca/climate_data/daily_data_f.html
- Il Corriere vinicolo. (2016). Superfici e produzione mondo per sito. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.uiv.it/statistica/superfici-vitate-e-produzione-di-vino-nel-mondo-dettaglio-per-principali-paesi-e-differenza-produzioneconsumo/>
- Laboratoire agriculture urbaine. (2017). Recherche et projets. Consulté 28 juin 2018, à l'adresse <http://www.au-lab.ca/recherche/>
- Mayer, D. (2015). Der Hauptstadtwinzer. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.hauptstadtwinzer.de/>
- Neighborhood vineyards. (2016). Neighborhood vineyards. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.neighborhoodvineyards.org/>
- Rooftop Reds. (2017). Rooftop Reds Brooklyn. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <http://www.rooftopreds.com/>
- Statistique Canada. (2018, mai). Contrôle et vente des boissons alcoolisées, exercice se terminant le 31 mars 2017. Consulté à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/180510/dq180510a-fra.pdf>
- Vigne en ville Angers. (2018). Vigne en Ville Angers. Consulté 25 mai 2018, à l'adresse <https://www.facebook.com/VigneEnVilleAngersOfficiel/>
- Zerouala, L. (2014, juillet 29). La culture de la vigne au Québec ; Tout ce que vous devez savoir. Consulté 24 mai 2018, à l'adresse <https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/61561/la-culture-de-la-vigne-au-quebec-tout-ce-que-vous-devez-savoir?r=vigne+culture>

VIII. Annexes

Annexe I : Evolution de la production de vin en 10³hl par pays dont le Canada. (Il Corriere vinicolo, 2016)



Annexe II : Test Anova sur les longueurs de tige selon les substrats et les cépages

Analysis of Variance Table

Response: croissance

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
substrat	1	3082.6	3082.63	11.1611	0.001506 **
vigne	2	38.9	19.47	0.0705	0.932003
Residuals	55	15190.7	276.19		

Annexe III : Test Anova sur les tailles finales en fonction des substrats et des cépages avec test de comparaisons multiples

Analysis of Variance Table

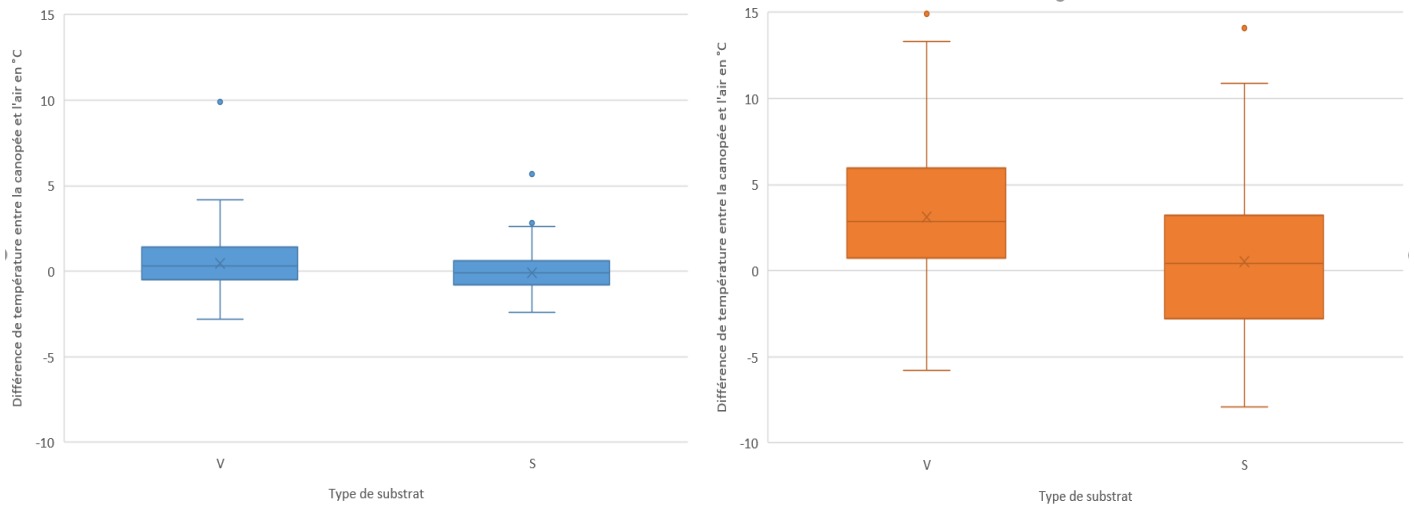
Response: taille_finale

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
substrat	1	388	387.7	0.1381	0.7115819
vigne	2	57871	28935.6	10.3088	0.0001577 ***
Residuals	55	154379	2806.9		

\$vigne

	diff	lwr	upr	p adj
FN-FB	-18.27241	-69.525783	32.98096	0.7810379
M-FB	40.20000	-11.053370	91.45337	0.1731116
PP-FB	61.21330	9.052721	113.37388	0.0152820
M-FN	58.47241	7.219044	109.72578	0.0193220
PP-FN	79.48571	27.325135	131.64629	0.0009468
PP-M	21.01330	-31.147279	73.17388	0.7106717

Annexe IV : Différences de température entre la canopée et l'air ambiant pour les deux types de substrats au 3 août à gauche et au 16 août à droite



Annexe V : Test Wilcoxon sur les ΔCT sur les 3 dates de prise de mesure

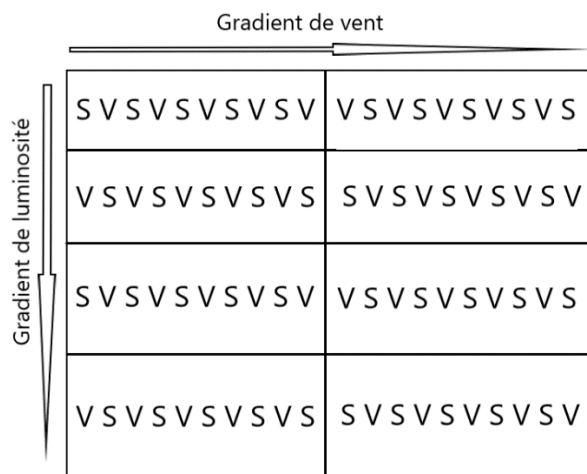
Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: diff_temp by Substrat

W = 53266, p-value = 1.765e-07

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Annexe VI : Plan expérimental avec un dispositif en carré latin (schéma : Charlotte Delatour)



Chaque rectangle correspond à un bloc. Un seul cépage est présent pour simplifier l'expérimentation.

« V » et « S » correspondent chacun à une vigne placée dans un Smart Pot soit avec du verre (V) soit avec du sable (S). Deux gradients ont été placés perpendiculairement l'un à l'autre à savoir le gradient de luminosité dû à la trajectoire prise par le soleil et un gradient de vent placé selon l'orientation des vents dominants. Le même nombre de pots a été maintenu.

	Diplôme: Master Mention : Biologie Végétale (BV) Parcours : Qualité des productions spécialisées
Auteur(s) : Charlotte DELATOURE Date de naissance* : 09/09/1993 Nb pages : 59 Annexe(s) : 6 Année de soutenance : 2018	Organisme d'accueil : AULAB Adresse : Laboratoire sur l'agriculture urbaine 2349 Rue de Rouen Montréal (QC) H2K 1L8 Canada Maître de stage : Éric DUCHEMIN
<p>Titre français : Suivi de l'impact des paramètres de l'environnement sur la qualité de vignes de deux ans cultivées en bac sur un toit à Montréal.</p> <p>Titre anglais : Evaluation of the environmental parameter impact on the quality of 2-year-old vines planted in pot onto a roof in Montreal.</p>	
<p>Résumé :</p> <p>La culture de la vigne a été testé sur un toit à Montréal. L'objectif est d'étudier l'impact du sol, contenant du verre broyé ou du sable, sur la croissance de la vigne. De même, la qualité des vignes est évaluée par la quantification de la chlorophylle et du stress hydrique par une technique de mesure de température foliaire. Cette expérience montre que le sable retient mieux l'eau et garde mieux la chaleur que le verre ce qui augmente la vigueur et la croissance des vignes. Ensuite, la résistance au stress hydrique a été mesuré par la technique de mesure de température foliaire entre des vignes irriguées et quatre vignes stressées. La différence de température de canopée a confirmé son potentiel en tant qu'indicateur du stress hydrique. Finalement, un vignoble en campagne a été comparé au vignoble du toit ce qui a prouvé le caractère thermo protecteur du toit pendant l'hiver.</p>	
<p>Abstract :</p> <p>The culture of vines on top of roofs is investigated in Montreal. The goal is studying the soil impact on the vine growth, which contain ground glass or sand. Also, the quality of the vine is explore by quantifying the chlorophyll and the water stress with a foliar temperature technique. This shows that the sand retains better the water and keeps better heat than glass that increase the vigor and the growth of vines. In a second part, the water stress resistance is studying by the same technique between the irrigated vines and four vines without any water supply. The differential canopy temperature seems to be a good water stress indicator. Finally, a vineyard in country is compare to the experimental vineyard which show the thermal protective power of the roof for the vines.</p>	
<p>Mots-clés : agriculture urbaine, stress hydrique, toit, verre pilé, vignes</p> <p>Key Words: urban agriculture, water stress, roof, ground glass, vines</p>	