



**ÉVALUATION DES MINI-TUNNELS COMME MÉTHODE DE LUTTE CONTRE L'ANTHRACNOSE ET
LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES DANS LA CULTURE DE LA FRAISE**

**NUMÉRO DU PROJET
18-049-CIEL**

DURÉE DU PROJET : AVRIL 2019 / MARS 2022

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Mélanie Normandeau-Bonneau, biol. M.Sc., Roxane Pusnel, biol. M.Sc., Roger Reixach-Vilà, biol. M.Sc. et Pierre Lafontaine, agr. Ph.D

Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière

23 mars 2022

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

ÉVALUATION DES MINI-TUNNELS COMME MÉTHODE DE LUTTE CONTRE L'ANTHRACNOSE ET LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES DANS LA CULTURE DE LA FRAISE

18-049-CIEL

RÉSUMÉ DU PROJET

La drosophile à ailes tachetées (DAT) et l'antracnose (*Colletotrichum spp.*) sont deux ravageurs importants dans la culture de fraises au Québec et qui provoquent d'importantes pertes de rendement. En agriculture conventionnelle, la lutte se fait par le biais d'applications pesticides tandis que les producteurs en régie biologique manquent de ressources pour pallier ces deux problématiques. Ces dernières années, un nouvel équipement a fait son apparition sur le marché : les mini-tunnels rétractables. Les mini-tunnels utilisent le même principe que les grands tunnels, mais ils sont moins dispendieux, plus versatiles en plus de présenter quelques-uns des mêmes avantages. Il s'agit de tunnels bas (environ 28 po) qui recouvrent une butte à la fois et sont présents tout le long de la saison de culture. Un système d'arceaux recouverts d'un film transparent retenus par des élastiques permet de remonter ou descendre les côtés selon le climat. Le film transparent, qui permet de protéger les plants de la pluie et des éclaboussures de sol, principal vecteur de l'antracnose, peut être remplacé par un filet anti-insecte, permettant l'exclusion de la DAT.

Ainsi, nous avons testé les mini-tunnels (plastique seul, filet seul et une combinaison plastique-filet) contre l'antracnose et la DAT dans une parcelle de fraise à jours neutres de la variété Seascape. Leur efficacité a été comparée à un témoin non traité et à un témoin commercial avec des traitements pesticides conventionnels contre la DAT et l'antracnose. En 2019, malgré la faible pression de maladie, nous n'avons observé aucun fruit atteint d'antracnose dans le traitement en combinaison filet 70g et plastique. Nous n'avons, toutefois, eu aucun effet des traitements sur le contrôle de la DAT. En 2020 et 2021, nous avons eu des résultats encourageants sur l'effet des différents traitements sur le contrôle de l'antracnose notamment, avec le traitement en combinaison filet 70g et plastique. Nous avons cependant eu des résultats variables sur leur effet contre la DAT.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif général de ce projet est de développer une nouvelle méthode de contrôle alternative aux pesticides utilisant des mini-tunnels pour lutter contre la drosophile à ailes tachetées (DAT) et l'antracnose dans la culture de la fraise à jours neutres. Les objectifs spécifiques étaient : 1) Évaluer l'efficacité des mini-tunnels recouverts de film transparent pour lutter contre la DAT et l'antracnose dans la fraise; 2) Évaluer l'efficacité des mini-tunnels recouverts de filet de 70g pour lutter contre la DAT et l'antracnose dans la fraise; 3) Évaluer l'efficacité des mini-tunnels recouverts de filet de 70g et de film transparent pour lutter contre la DAT et l'antracnose dans la fraise; 4) Évaluer l'impact des mini-tunnels selon leur couverture sur le rendement des fraises à jours neutres; 5) Évaluer l'impact sur le microclimat sous les mini-tunnels selon leur couverture; 6) Déterminer la rentabilité économique des différentes régies utilisées.

Un essai en plein champ a été conduit sur trois saisons (2019-2021) sur le site de la ferme expérimentale du CIEL à Lavaltrie. La fraise à jours neutres de variété Seascape a été cultivée sur butte de plasticulture (transplantation en mai) et soumis aux traitements suivants : (T1) Témoin non traité, (T2) Témoin traité avec des rotations d'insecticides et fongicides conventionnels, (T3) Culture sous mini-tunnel recouvert d'un plastique clair perforé (épaisseur 1,5 mm), (T4) Culture sous mini-tunnel recouvert de filet de 70g (mailles de 0.85 mm x 1.4 mm) et (T5) Culture sous mini-tunnel recouvert de la combinaison plastique clair perforé et filet de 70g.

Un dispositif expérimental en blocs complets aléatoires comportant 5 traitements avec 4 répétitions par traitement pour un total de 20 parcelles. Les parcelles de chaque traitement étaient constituées d'une butte en rangs doubles de 7,5 m comprenant 50 plants espacés de 12 pouces entre eux. Pour les parcelles protégées, les buttes ont été recouvertes d'une armature de mini-tunnel de 10,5 m, correspondant à 7 arceaux espacés de 1,5 m puis du traitement correspondant (plastique, filet ou une combinaison filet-plastique). Des zones tampons de 7,5 m entre les parcelles ont permis d'éviter les risques de dérives des insecticides appliquées dans les parcelles du témoin conventionnel ainsi que, les parcelles ne se contaminent l'une l'autre. Comme les parcelles avaient une surface trop petite pour permettre l'utilisation de bourdons pour la pollinisation, nous avons dû avoir recours à une technique manuelle. Pour un rendement optimal, la pollinisation des plants de fraises a été assurée sous les filets à l'aide d'un souffleur à feuille (Milwaukee® M18™). L'appareil a été mis au minimum de sa puissance (160 MPH / max : 18,000 RPM) de façon à créer une circulation d'air et de faire bouger délicatement les fleurs et le feuillage. Les plants étaient pollinisées manuellement 2 fois par semaine pendant 15 à 20 secondes par parcelle pendant la période de floraison (de juillet à septembre).

Les parcelles ont été cultivées selon une régie de production commerciale conventionnelle pour les fraises à jours neutres en matière de désherbage et fertilisation. Aucun insecticide et fongicide efficace contre la DAT ou l'antracnose n'ont été utilisés pour le témoin non traité et pour les cultures sous mini-tunnels. Les parcelles du témoin commercial ont été traitées avec des produits homologués pour ces deux ravageurs selon les recommandations figurant sur les étiquettes. Pour les applications contre l'antracnose et la DAT, leurs paramètres et leurs dates d'application sont listés dans le tableau 1 figurant en annexe. Les populations de drosophiles à ailes tachetées (DAT) ont également été suivies dans l'essai et sous les mini-tunnels via un piégeage classique avec des pièges de surveillance de type Drosal® Pro avec un attractif maison (180 ml de vinaigre de cidre, 20 ml d'alcool dénaturé, deux gouttes de savon clair liquide inodore). Chaque semaine du 9 juin jusqu'à la fin de la récolte, les pièges ont été relevés et les DAT ont été identifiées et comptées.

Pour les parcelles recouvertes de plastiques clairs, les mini-tunnels étaient maintenus ouverts la plupart du temps. Le plastique était abaissé sur les armatures pour fermer le tunnel uniquement lors des gels printaniers ou lors d'épisode de pluie. Nous avons privilégié une gestion majoritairement ouverte des plastiques pour éviter la mortalité des plants et/ou les pertes de rendement causées par la chaleur. Les parcelles recouvertes de filets anti-insecte étaient fermées en tout temps, sauf lors des récoltes et des applications pesticides nécessaires (autres que contre l'antracnose et la DAT). Pour les récoltes, seulement la partie récoltée était ouverte, soit entre deux arceaux (1,5 m), ceci pour limiter au maximum le temps où la culture était exposée. De même, en cas de traitement autre que pour l'antracnose ou la DAT, les filets étaient relevés le temps du traitement puis refermés juste après. Pour effectuer les traitements, nous avons utilisé un pulvérisateur de précision alimenté au CO₂ de type sac à dos (Bellspray® MODEL T).

Au total par saison, c'est 18 (22 juillet au 27 septembre 2019), 19 (17 juillet au 18 septembre 2020) et 20 (9 juillet au 13 septembre 2021) récoltes qui ont été réalisées. Les paramètres mesurés durant la saison étaient les suivants : 1) Rendement total et commercialisable (g/plant), à chaque récolte sur toute la saison. À chaque récolte, toutes les fraises mûres étaient cueillies et triées en fonction de leur catégorie (commercialisable, déclassée à cause de l'antracnose ou déclassée car trop petites ou autres maladies). 2) Incidence et sévérité de l'antracnose par estimation visuelle (0-100 % : 0 % = aucun dégât, 100 % = fruits entièrement atteints) sur tous les fruits à la récolte, à chaque récolte. L'incidence de la maladie était calculée via le pourcentage de fruits présentant de l'antracnose, par rapport au nombre total de fruits, et la sévérité via la surface atteinte sur chaque fruit malade. 3)

Incidence et sévérité de l'anthracnose par estimation visuelle (idem que précédemment) sur un échantillon de 50 fruits sains après une période d'incubation, à chaque récolte. Les fruits conservés dans un contenant de plastique de 1L, muni d'une ouverture en filet de 6,25 po² sur le dessus du couvercle, étaient placés pendant 48 à 72h en chambre froide de style Walk-in (Can-trol®) à 5°C, puis placés pendant 24h à température pièce de 20°C. L'incubation en plus de mimer une période d'entreposage (jusqu'à la mise en vente à l'épicerie, puis sur le comptoir du consommateur), permet au champignon d'exprimer des symptômes sur les fruits qui ne sont pas toujours visibles à la récolte. 4) Évaluation des dommages à la culture via deux techniques d'émergence des adultes de DAT; soit dans les fruits incubés (1 fois/semaine), dans chaque parcelle, une récolte sur deux et soit dans des fruits écrasés dans une solution saline (1 fois/semaine), dans chaque parcelle, une récolte sur deux La technique d'incubation consistait à conserver et mettre en incubation 30 fraises saines pour 15 jours à température pièce de 20°C, sur 1 cm de vermiculite dans un contenant de plastique de 1L, muni d'une ouverture en filet de 6,25 po² sur le dessus du couvercle. Les drosophiles adultes émergées des fruits étaient récupérées sur des bandes collantes puis comptées et identifiées afin de confirmer l'espèce. La technique des tests de sel consistait à conserver et mettre en incubation 15 fraises saines pour 7 jours à température pièce de 20°C, dans un contenant de plastique de 1L, muni d'une ouverture en filet de 6,25 po² sur le dessus du couvercle. Les fruits étaient ensuite écrasés et couverts d'une solution saline (1:6) pour faire remonter les larves et pupes. Elles étaient ensuite recueillies et mis en élevage sur diète. Les drosophiles adultes émergées de l'élevage étaient récupérées puis comptées et identifiées afin de confirmer l'espèce visée.

Au cours de la saison de production, nous avons récolté les données du microclimat dans chacun des traitements sous mini-tunnels à l'aide de sondes températures et humidité pour évaluer les différences avec l'extérieur. Les données météorologiques sur la ferme ont également été compilées.

Une analyse des retombées économiques (coûts-bénéfices) sera réalisée en fin de rapport, de façon à déterminer les avantages et les inconvénients agroéconomiques de l'utilisation des mini-tunnels recouverts de plastiques clairs perforés ou de filet anti-insecte.

Les analyses statistiques ont été effectuées sur tous les paramètres mesurés à l'aide du logiciel R. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) afin de déterminer la présence de différences significatives entre les traitements et les moyennes ont ensuite été comparées avec le test de Tukey ($\alpha=0.05$).

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

1) Rendement total et commercialisable

Ces données nous permettent de savoir si les traitements ont eu un effet sur les rendements totaux des plants de fraises. Les résultats sont présentés dans les tableaux 2 à 4 (total des récoltes) en annexe.

En 2019, nos résultats indiquent qu'il y a des différences significatives au niveau du calibre des fruits. Le calibre a été le plus élevé dans le traitement commercial (9,64 g) et le plus bas dans le traitement en combinaison filet 70g et plastique (8,13 g). Le témoin non traité (9,43 g), le traitement filet 70g (9,02 g) et le traitement plastique (8,57 g) n'étaient pas différents entre eux. Parmi ces trois traitements, les deux premiers n'étaient pas différents du traitement commercial alors que les deux derniers n'étaient pas différents du traitement en combinaison filet 70g et plastique.

Au niveau du rendement des fruits commercialisables, les rendements ont été les plus importants dans le témoin non traité (118,80 g), le traitement filet 70g (116,70 g) et dans le traitement commercial (128,65 g). C'est dans le traitement combinaison filet 70g et plastique

(56,94 g) que les rendements ont été les plus bas. Le traitement plastique (91,33 g), quant à lui, n'étaient pas différent des autres traitements.

Les rendements non commercialisables déclassés pour leur poids et autres causes n'indiquent aucune différence. Pour ceux déclassé par l'anthracnose, les résultats indiquent qu'une proportion plus grande de fruits atteint de cette maladie dans le traitement filet 70g (0,59 g) par rapport au mini tunnel combinaison plastique-filet. Les autres traitements n'ont été ni différent de l'un, ni de l'autre. Cependant, la pression de maladie était plutôt faible dans l'essai. Pour ceux déclassé pour la moisissure grise, nous observons que le traitement filet 70g (0,63 g) à une proportion plus grande de fruits atteint de cette maladie que tous les autres traitements. La pression de maladie était, là aussi, faible dans l'essai.

En 2020, nos résultats indiquent qu'il y a des différences significatives au niveau du calibre des fruits. Tout comme en 2019, le calibre a été le plus élevé dans le traitement commercial (10,91 g) et le plus bas dans le traitement en combinaison filet 70g et plastique (9,58 g). Le témoin non traité (10,28 g), le traitement filet 70g (10,40 g) et le traitement plastique (10,10 g) n'étaient quant à eux pas différents ni de l'un ni de l'autre.

Les rendements des fruits commercialisables ainsi que les rendements non commercialisables déclassés pour leur poids et autres causes n'indiquent aucune différence. Il en est de même pour ceux déclassé pour l'anthracnose et la moisissure grise.

En 2021, nos résultats indiquent qu'il y a des différences significatives au niveau du calibre des fruits. Comme les années précédentes, le calibre a été le plus élevé dans le traitement commercial (11,82 g) et le plus bas dans le traitement en combinaison filet 70g et plastique (10,78 g). Les traitements plastique (11,62 g) et filet 70g (11,70 g) étaient équivalent au traitement commercial alors que, le témoin non traité (11,38 g) n'était pas différent des autres traitements.

Au niveau du rendement des fruits commercialisables, les rendements ont été les plus important dans le traitement commercial (431,30 g). C'est dans le témoin non traité (284,43 g) que les rendements ont été les plus bas. Les traitements plastique (350,99 g), filet 70g (380,01 g) et en combinaison filet 70g et plastique (368,22 g) n'étaient pas différents entre eux. Parmi ces trois traitements, le premier n'était pas différent du témoin non traité alors que les deux derniers n'étaient pas différents du traitement commercial.

Les rendements non commercialisables déclassés pour leur poids et autres causes n'indiquent aucune différence. Pour ceux déclassé par l'anthracnose, les résultats indiquent qu'une proportion plus grande de fruits atteint de cette maladie dans le témoin non traité (22,47 g). Les traitements avec plastique, plastique seul (1,34 g) et en combinaison filet 70g et plastique (0,85 g) ont eu moins de fruits atteints. Les traitements commercial (5,73 g) et filet 70g (7,43 g) n'étaient pas différents des autres traitements. Pour ceux déclassé pour la moisissure grise, nous observons que, tout comme en 2019, le traitement filet 70g (6,67 g) à une proportion plus grande de fruits atteint de cette maladie que tous les autres traitements.

Des échantillons de fruits effectués sur la ferme expérimental en 2020 ont fait ressortir une résistance du champignon *Colletotrichum acutatum* aux fongicides du groupe 11. Nous avons donc enlevé le groupe 11 (Cabrio EG, Pristine WG et Evito 480 SC) de la rotation en 2021 puisque, ceux-ci représentaient 63 et 64% des produits phytosanitaires appliqué en 2019 et 2020 respectivement.

Ces résultats montrent que la production des plants est somme toute uniforme pour les trois années dans les parcelles d'essai et que les traitements ont très faiblement influencé les rendements totaux des fraisiers. De façon générale, les calibres ont été légèrement plus faibles dans le traitement en combinaison filet 70g et plastique. Il est possible que ceci ait été causé par la mauvaise circulation d'air sous ce système qui a mené à la formation de fruit qui avaient des akènes atrophiés, signes distinctifs d'une mauvaise pollinisation.

2) Incidence et 3) sévérité de l'anthracnose sur les fruits

Ces données nous permettent de déterminer l'influence des traitements sur la quantité de fruits atteints par l'anthracnose à la récolte et après une période d'incubation. Ces données sont présentées aux figures 1 à 6 (moyenne des récoltes).

À la récolte

En 2019, nos résultats indiquent qu'il n'y a aucune différence entre les différents traitements pour l'incidence de l'anthracnose sur les fruits. Il est possible qu'à cause de la grande variabilité du témoin non traité, les différences n'ont pu être exprimées. À noter, qu'aucun fruit malade n'était présent dans le traitement en combinaison filet 70g et plastique. Au niveau de la sévérité de l'anthracnose sur les fruits les résultats montrent que le traitement filet 70g avait des fruits avec plus de surface malade que le traitement en combinaison filet 70g et plastique.

En 2020, nos résultats indiquent qu'il n'y a aucune différence entre les différents traitements pour l'incidence et la sévérité de l'anthracnose sur les fruits. Encore une fois, il est possible que la grande variabilité des résultats ait jouer un rôle à exprimer des différences. À noter, qu'une très faible proportion de fruits malades était présente dans les traitements plastique et en combinaison filet 70g et plastique.

En 2021, nos résultats indiquent des différences entre les différents traitements pour l'incidence et la sévérité de l'anthracnose sur les fruits. Le témoin non traité est le traitement dans lequel nous avons retrouvé le plus de fruits atteints de la maladie et également avec le plus de surface la plus affectée. Le témoin commercial, le traitement plastique et le traitement combinaison ont eu statistiquement une incidence et une sévérité plus basse que le témoin non traité. Le traitement filet 70g n'étaient ni différent du témoin non traité ni des autres traitements pour l'incidence, mais différent du témoin non traité, mais pas des autres traitements pour la sévérité. À noter, que tout comme en 2020, une très faible proportion de fruits malades était présente dans les traitements plastique et en combinaison filet 70g et plastique.

Après incubation

En 2019, le traitement filet 70g a eu plus de fruits atteints de la maladie que tous les autres traitements. À noter, qu'aucun fruit malade n'était présent dans les traitements plastique et en combinaison filet 70g et plastique.

En 2020, nos résultats indiquent des différences entre les traitements pour l'incidence et la sévérité de l'anthracnose sur les fruits. C'est dans le témoin non traité dans lequel nous avons retrouvé le plus de fruits atteints de la maladie et également avec la surface la plus affectée. Il a été statistiquement différent du traitement en combinaison plastique et filet 70g où il y avait le moins de fruits malades et de surface affectée. Le traitement commercial était non différent du témoin non traité et du traitement en combinaison plastique et filet 70 g pour les fruits atteints et non différent du témoin non traité pour la surface la plus affectée. Les traitements plastique et filets 70g étaient également non différent du témoin non traité et du traitement combinaison plastiques et filet 70 g pour l'incidence. Pour la sévérité, le traitement plastique était plus faible que le témoin commercialisable et non différent du traitement combinaison plastiques et filet 70 g. Le traitement filet 70 g n'était ni différent de l'un, ni de l'autre.

En 2021, nos résultats indiquent les mêmes différences entre les traitements pour l'incidence et la sévérité de l'anthracnose sur les fruits. C'est dans le témoin non traité dans lequel nous avons retrouvé le plus de fruits atteints de la maladie et avec la surface la plus affectée. Tous les autres traitements ont une incidence et une sévérité statistiquement plus faible. À

noter qu'une très faible proportion de fruits malades était présente dans les traitements plastique et en combinaison filet 70g et plastique.

L'ensemble des résultats montrent des observations encourageantes sur l'efficacité des différents traitements à contrôler l'anthrachnose, notamment les traitements plastique et en combinaison filet 70g et plastique.

4) Incidence de la DAT dans les fruits

Ces données nous permettent de documenter l'influence des traitements sur la quantité de fruits infestés par la DAT après une période d'incubation ou testés au sel. Ces données sont présentées aux figures 7 à 11 (moyenne des récoltes).

En 2019, la pression des DAT a été relativement faible dans l'essai. Les premiers adultes ont été capturés à la fin août sans toutefois causer des dommages majeurs aux récoltes. Après l'incubation des fruits, nos résultats indiquent qu'il n'y a aucune différence entre les traitements. Il est possible qu'à cause de la grande variabilité du traitement commercial, les différences n'ont pu être exprimées. À noter, qu'une faible proportion de DAT était présente dans le traitement plastique.

En 2020, les captures de l'insecte dans la région de Lanaudière ont été plutôt hâtives (9 juillet) mais aucune capture n'a été observé avant le 20 juillet sur le site d'essai. La pression des DAT semble également avoir été plutôt faible. Après l'incubation des fruits, nos résultats indiquent qu'il n'y a aucune différence entre les traitements. Pour ce qui est des tests de sel, les résultats montrent que le témoin non traité était le traitement avec le plus d'émergence. Les traitements commercial, plastique et combinaison plastique et filet 70 g sont ceux qui ont eu le moins de larves. Le traitement filet 70g n'était ni différent du témoin non traité, ni des autres traitements. Les résultats étaient, également, très variables.

En 2021, les premières captures ont été rapportée dans la région autour du 7 juillet mais les premières captures ont été observée début août sur le site d'essai. Elles sont également restées plutôt faibles durant la saison. Après l'incubation des fruits et les tests de sel, nos résultats indiquent qu'il n'y a aucune différence entre les traitements. Les résultats étaient, encore une fois, très variables.

L'ensemble des résultats ne permettent pas de tirer des conclusions claires sur l'effet des différents traitements sur le contrôle de la DAT.

5) Données météorologiques

Ces données nous permettent de documenter l'influence des traitements sur le microclimat. Ces données sont présentées aux figures 12 à 14 (moyenne de la saison).

Les données météos recueillis en plein air et sous les différents traitements montrent des courbes identiques. Ainsi, il apparaît que la température moyenne et l'humidité relative moyenne ne sont pas différentes sous mini-tunnels ou à l'extérieur.

À noter, que la gestion des traitements avec plastiques est très intensive, surtout en début de saison lors de l'implantation. Bien que les températures et humidités sous ce système sont identiques aux conditions environnantes, le plastique noir et le plastique clair réfléchissent les rayons solaires. Ceux-ci peuvent se retrouver coincé sous le système et venir affecter grandement le développement des plants et contribuer à la mortalité de ceux-ci (évapotranspiration plus intense). Il est donc primordial de bien gérer les ouvertures et fermetures des plastiques

6) Rentabilité économique

Le tableau 5 en annexe indique les coûts pour le matériel au mètre linéaire pour les 3 types de productions sous mini-tunnels et conventionnelle. Il en coûterait plus cher aux producteurs de produire en production mini-tunnels (plastique : 19,71\$/m linéaire, filet 70g : 21,74\$/m linéaire, combinaison filet 70g et plastique : 25,84\$/m linéaire) comparativement aux buttes conventionnelles en plasticulture (0,47\$/m linéaire). Il faut considérer qu'une partie du matériel acheté pour une production mini-tunnel ainsi que les filets anti-insectes sont réutilisables d'une année à l'autre et que ce sont des structures relativement permanentes, ce qui permet d'amortir les coûts à travers les années d'utilisation.

Le tableau 6 en annexe indique les coûts à l'hectare pour les traitements fongicides et insecticides pour les 3 types de productions sous mini-tunnels et conventionnelle. Étant donné que les productions sous mini-tunnels visent à réduire voire éliminer les traitements fongicides et insecticides, il en coûterait évidemment plus cher en production conventionnelle. On estime les applications fongicides contre l'antracnose entre 10-11 par saison et les applications insecticides contre la DAT autour de 8 en production conventionnelle tout dépendamment de la pression de la maladie/population, soit environ 121,20\$/ha pour les fongicides et 125,05\$/ha pour les insecticides. Évidemment, en cas d'un dépassement d'un seuil de l'antracnose ou d'infestation de la DAT dans le système, il faudra effectuer les traitements nécessaires dans les productions sous mini-tunnels.

Finalement, en comparant les différentes productions, on constate que les rendements commercialisables en g/plant ont été globalement similaires dans les productions mini-tunnels et dans les buttes conventionnelles, cela indique que les revenus générés ont pu être équivalents entre les différentes régies.

Ainsi, le contrôle offert sans traitement contre l'antracnose par le traitement en combinaison filet 70g et plastique peut venir influencer les revenus générés grâce à un rendement plus élevé. Cette différence pourrait être appréciable pour les producteurs à l'échelle d'un champ complet et le gain offert pourrait donc se traduire en des revenus totaux plus élevés dans une production sous mini-tunnels en combinaison. En soit, ce facteur vient assurer un potentiel de rendement plus intéressant et qui permet d'absorber une bonne partie des coûts du système.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Le rapport final et la fiche synthèse seront publiés sur le site Agri-Réseau. De plus, si le comité accepte, ces documents pourront être partagés à l'Association des Producteurs de Fraises et de Framboises du Québec (APFFQ) afin de rejoindre les producteurs et les intervenants du secteur.

Estimer le nombre d'entreprises touchées par les résultats du projet	L'ensemble des producteurs de fraises du Québec
--	---

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Notre hypothèse de départ était que nous pourrions lutter contre la drosophile à ailes tachetées (DAT) et l'antracnose dans la culture de la fraise à jours neutres grâce à l'utilisation des mini-tunnels couvert de divers matériaux (plastique, filet 70g et combinaison filet 70g et plastique) comme méthode alternative aux pesticides.

Au terme des trois ans du projet, nous avons eu des résultats encourageants pour le contrôle de l'antracnose, notamment les traitements plastique et en combinaison filet 70g et plastique. Malheureusement, il n'est pas possible de conclure sur leur efficacité quant au contrôle de la drosophile à ailes tachetées (DAT).

PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION

Nom des responsables du projet :

Mélanie Normandeau Bonneau, biol M.Sc.

Téléphone : (450) 589-7313 #227

Courriel : m.normandeau@ciel-cvp.ca

Pierre Lafontaine, Ph.D., agr.

Téléphone : (450) 589-7313 # 223

Courriel : p.lafontaine@ciel-cvp.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du Volet 3.1 du programme Prime-Vert - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

ANNEXE(S)

Tableau 1. Liste des traitements insecticides et fongicides de les saison 2019, 2020 et 2021.

Saison		2019				2020				2021									
Liste des traitements	Consignes	Date du traitement	Produit utilisé	Dose	Cibles		Date du traitement	Produit utilisé	Dose	Cibles		Date du traitement	Produit utilisé	Dose	Cibles				
					Anth	DAT				Anth	DAT				Anth	DAT			
Non traité	Aucun traitement contre l'antracnose et la DAT																		
Systématique	Traitement tous les 7 jours (alternance)	10 juillet	Prisitne WG	1,45 kg/ha	X		9 juillet	Cabrio EG	1 kg/ha	X		6 juillet	Quadris Top	0,87 L/ha	X				
		16 juillet	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X		15 juillet	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X	X	15 juillet	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X				
		19 juillet	Delegate WG	280 g/ha		X		Delegate	280 ml/ha		X	19 juillet	Quadris Top	0,87 L/ha	X				
		24 juillet	Evito 480 SC	280 ml/ha	X		23 juillet	Pristine WG	1,45 kg/ha	X	X	21 juillet	Entrust	292 ml/ha		X			
		29 juillet	Entrust	292 ml/ha		X		Entrust	292 ml/ha		X	26 juillet	Exirel	1000 ml/ha		X			
		31 juillet	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X		28 juillet	Evito 480 SC	280 ml/ha	X		27 juillet	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X				
		6 août	Entrust	292 ml/ha		X		Exirel	1000 ml/ha		X	3 août	Delegate	280 ml/ha		X			
		9 août	Pristine WG	1,45 kg/ha	X		6 août	Quadris Top	0,87 L/ha	X			Quadris Top	0,87 L/ha	X				
		15 août	Delegate	280 ml/ha		X		Delegate	280 ml/ha		X	10 août	Entrust	292 ml/ha		X			
		20 août	Cabrio EG	1 kg/ha	X		12 août	Cabrio EG	1 kg/ha	X			Switch 62,5 WG	975 g/ha	X				
		23 août	Entrust	292 ml/ha		X		Entrust	292 ml/ha		X	17 août	Exirel	1000 ml/ha		X			
		30 août	Evito 480 SC	280 ml/ha	X		19 août	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X			Quadris Top	0,87 L/ha	X				
			Delagate	280 g/ha		X		Exirel	1000 ml/ha		X	24 août	Delegate	280 ml/ha		X			
		9 septembre	Switch 62,5 WG	975 g/ha	X		27 août	Pristine WG	1,45 kg/ha	X			Switch 62,5 WG	975 g/ha	X				
			Entrust	292 ml/ha		X		Delegate	280 ml/ha		X	31 août	Entrust	292 ml/ha		X			
Mini-tunnel plastique	Aucun traitement contre l'antracnose et la DAT, sauf si nécessaire*																		
Mini-tunnel filet																			
Mini-tunnel combi																			
Nombre total d'application					8	7				11	12				10	8			

*Advenant le cas où une maladie fongique ou un insecte autre que l'antracnose ou la DAT serait hors de contrôle.

Traitemet entretien 2020 : La tétranyque à deux points et la punaise terne ont dû être contrôlée dans l'essai, les traitements ont dû être effectués également sous les traitements filets pour prévenir les dommages aux fruits si les ravageurs se retrouvaient piégé à l'intérieur de ceux-ci.

Traitemet entretien 2021 : La tétranyque à deux points, la punaise terne et le blanc du fraisier ont dû être contrôlée dans l'essai, les traitements ont dû être effectués également sous les traitements filets pour prévenir les dommages aux fruits si les ravageurs se retrouvaient piégé ou si la maladie se propageait à l'intérieur de ceux-ci.

Tableau 2. Rendement commercialisable ($\geq 6g$), non commercialisable ($< 6g$ ou autre), non commercialisable (anthracnose et moisissure grise) et total en fonction des traitements, en g/plant à la récolte, total de la saison 2019 (18 récoltes).

2019		Commercialisable						Non commercialisable						TOTAL			
Tx	Traitement	$\geq 6g$				< 6g + Autres		Anthracnose		Moississeuse grise							
		Calibre (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)							
1	Témoin non traité	9,43	\pm 0,24	ab	118,80	\pm 14,51	a	28,12	\pm 1,45	a	0,36	\pm 0,46	ab	0,14	\pm 0,17	b	
2	Témoin commercial (Systématique aux 7 jours)	9,64	\pm 0,39	a	128,65	\pm 28,71	a	29,62	\pm 4,18	a	0,26	\pm 0,10	ab	0,06	\pm 0,12	b	
3	Mini-tunnels Plastique	8,57	\pm 0,23	bc	91,33	\pm 27,53	ab	30,17	\pm 7,37	a	0,05	\pm 0,10	ab	0,00	\pm 0,00	b	
4	Mini-tunnels Filet 70g	9,02	\pm 0,64	abc	116,70	\pm 34,04	a	43,00	\pm 17,14	a	0,59	\pm 0,34	a	0,63	\pm 0,33	a	
5	Mini-tunnels Combinaison Plastique-Filet 70g	8,13	\pm 0,16	c	56,94	\pm 10,74	b	39,03	\pm 7,78	a	0,00	\pm 0,00	b	0,06	\pm 0,10	b	
Valeur de P		0,0012			0,0095			0,0529			0,0447			0,0021		0,0078	

Tableau 3. Rendement commercialisable ($\geq 6g$), non commercialisable ($< 6g$ ou autre), non commercialisable (anthracnose et moisissure grise) et total en fonction des traitements, en g/plant à la récolte, total de la saison 2020 (19 récoltes).

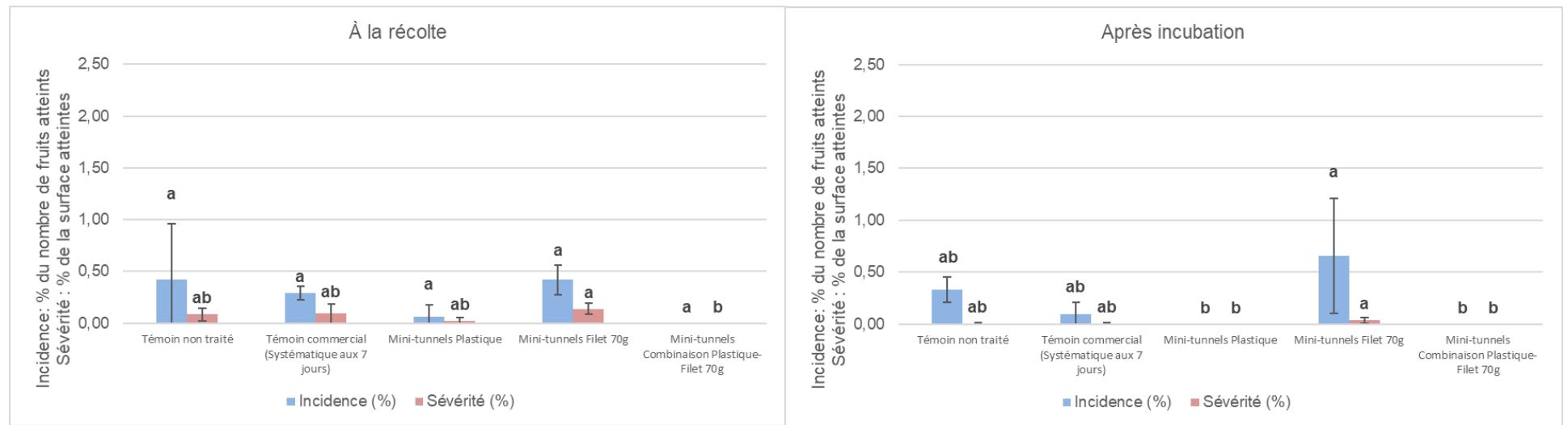
2020		Commercialisable						Non commercialisable						TOTAL			
Tx	Traitement	$\geq 6g$				< 6g + Autres		Anthracnose		Moississeuse grise							
		Calibre (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)							
1	Témoin non traité	10,28	\pm 0,44	ab	155,83	\pm 30,42	a	60,90	\pm 12,10	a	4,15	\pm 1,78	a	2,22	\pm 1,52	a	
2	Témoin commercial (Systématique aux 7 jours)	10,91	\pm 0,28	a	211,81	\pm 42,78	a	65,67	\pm 12,02	a	11,73	\pm 10,03	a	4,56	\pm 2,96	a	
3	Mini-tunnels Plastique	10,10	\pm 0,36	ab	152,71	\pm 13,38	a	55,75	\pm 11,99	a	0,35	\pm 0,37	a	0,49	\pm 0,36	a	
4	Mini-tunnels Filet 70g	10,40	\pm 0,26	ab	142,47	\pm 88,31	a	48,00	\pm 15,15	a	3,76	\pm 4,31	a	5,80	\pm 3,61	a	
5	Mini-tunnels Combinaison Plastique-Filet 70g	9,58	\pm 0,47	b	145,12	\pm 32,88	a	56,77	\pm 8,04	a	0,28	\pm 0,21	a	2,08	\pm 1,43	a	
Valeur de P		0,0040			0,2913			0,4479			0,0512			0,0623		0,1256	

Tableau 4. Rendement commercialisable ($\geq 6g$), non commercialisable ($< 6g$ ou autre), non commercialisable (anthracnose et moisissure grise) et total en fonction des traitements, en g/plant à la récolte, total de la saison 2021 (20 récoltes).

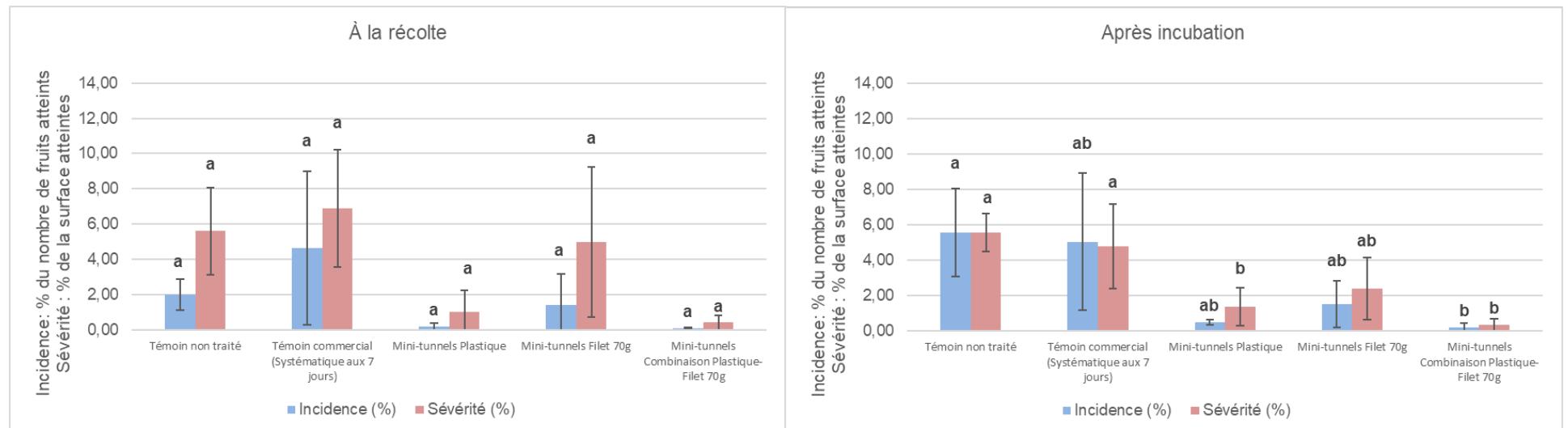
2021		Commercialisable						Non commercialisable						TOTAL			
Tx	Traitement	$\geq 6g$				< 6g + Autres		Anthracnose		Moississeuse grise							
		Calibre (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)		Poids/plant (g)							
1	Témoin non traité	11,38	\pm 0,60	ab	284,43	\pm 34,65	c	85,00	\pm 30,20	a	22,47	\pm 12,23	a	1,31	\pm 1,32	b	
2	Témoin commercial (Systématique aux 7 jours)	11,82	\pm 0,51	a	431,30	\pm 43,28	a	107,59	\pm 5,92	a	5,73	\pm 5,15	ab	1,70	\pm 0,75	b	
3	Mini-tunnels Plastique	11,62	\pm 0,10	a	350,99	\pm 38,76	bc	71,60	\pm 13,29	a	1,34	\pm 1,12	b	0,61	\pm 0,53	b	
4	Mini-tunnels Filet 70g	11,70	\pm 0,32	a	380,01	\pm 53,52	ab	79,73	\pm 30,97	a	7,43	\pm 11,81	ab	6,67	\pm 1,65	a	
5	Mini-tunnels Combinaison Plastique-Filet 70g	10,78	\pm 0,18	b	368,22	\pm 23,27	ab	85,35	\pm 17,39	a	0,85	\pm 1,14	b	1,39	\pm 1,03	b	
Valeur de P		0,0088			0,0004			0,2033			0,0143			0,0001		0,0011	

**Les moyennes suivies d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

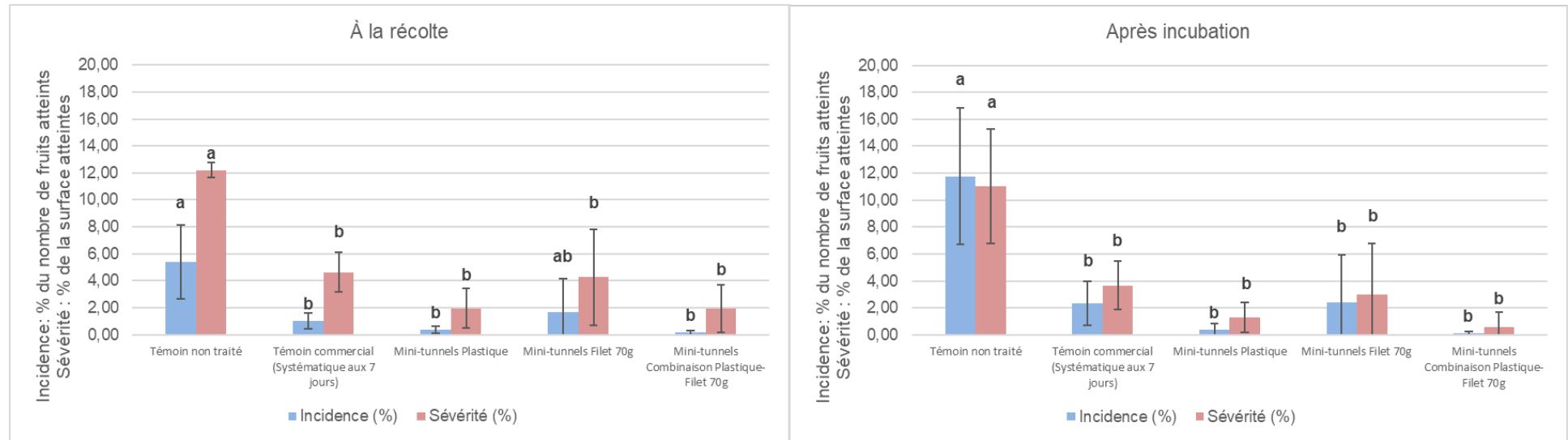
Figures 1-2. Incidence (en pourcentage du nombre de fruits atteints) et sévérité (en pourcentage de la surface atteintes) de l'anthracnose sur les fruits à la récolte et après incubation, total de la saison 2019.



Figures 3-4. Incidence (en pourcentage du nombre de fruits atteints) et sévérité (en pourcentage de la surface atteintes) de l'anthracnose sur les fruits à la récolte et après incubation, total de la saison 2020.

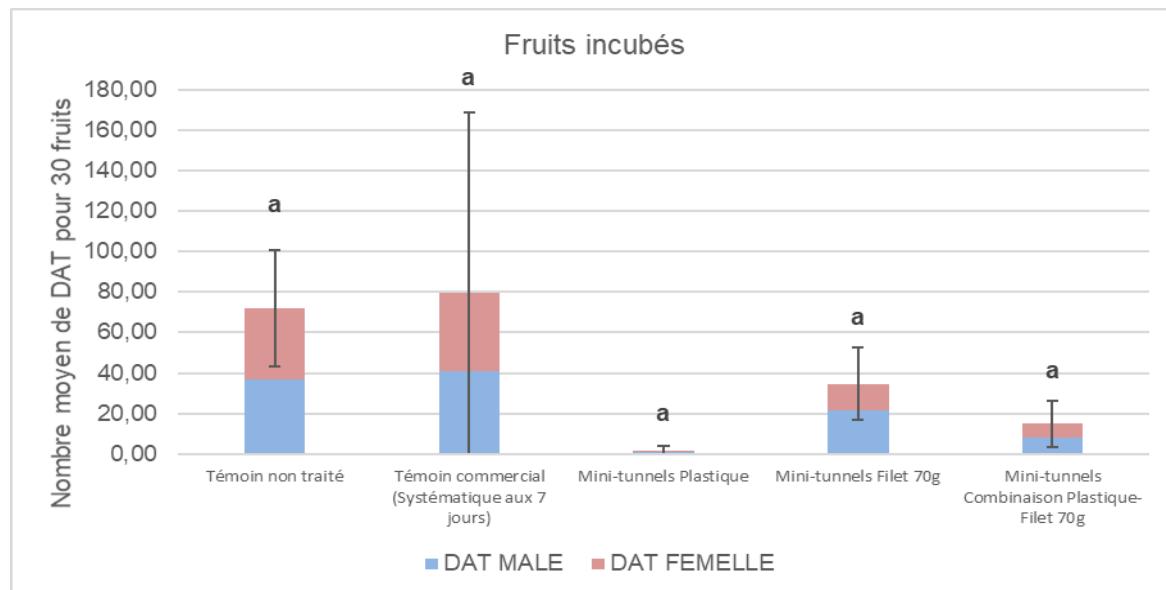


Figures 5-6. Incidence (en pourcentage du nombre de fruits atteints) et sévérité (en pourcentage de la surface atteinte) de l'anthracnose sur les fruits à la récolte et après incubation, total de la saison 2021.

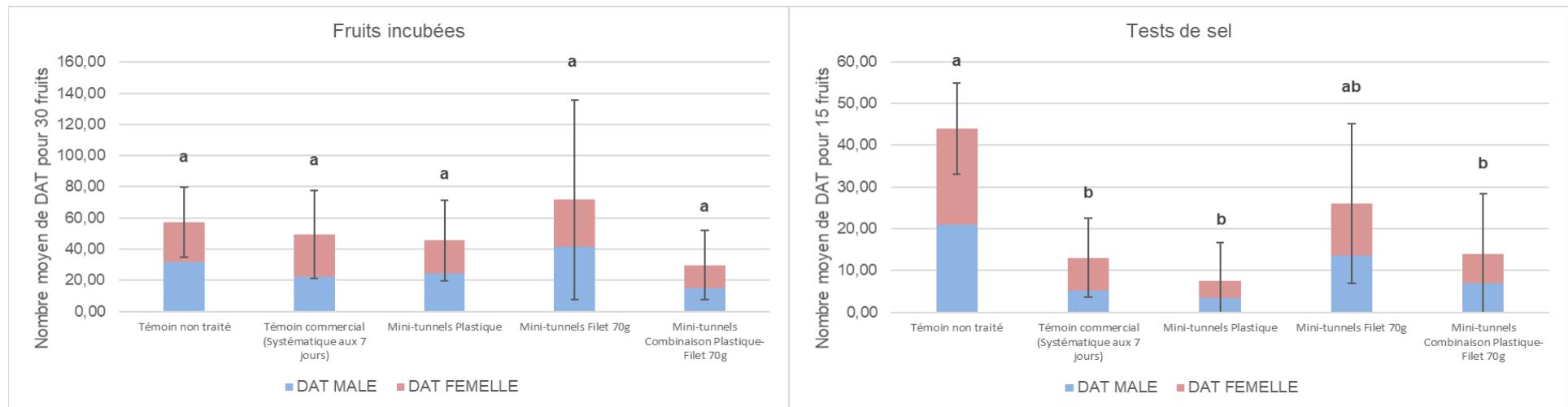


**Les moyennes suivies d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

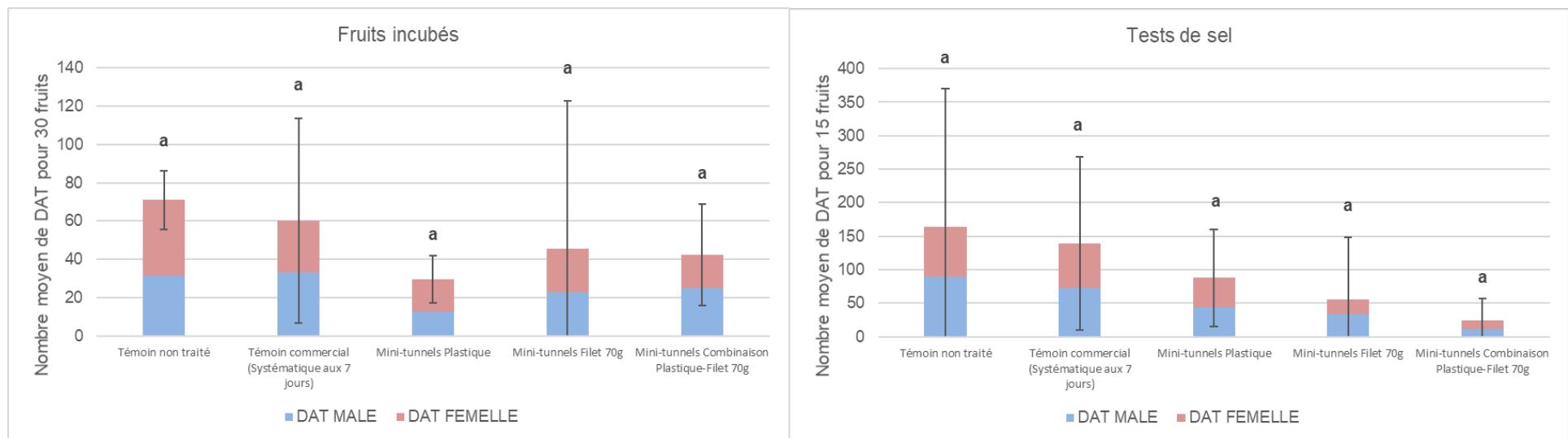
Figure 7. Nombre moyen de drosophiles à ailes tachetées (DAT) retrouvée dans 30 fruits après incubation, total de la saison 2019. Pas de test de sel en 2019, ajouté au protocole à partir de 2020.



Figures 8-9. Nombre moyen de drosophiles à ailes tachetées (DAT) retrouvée dans 30 fruits après incubation ou 15 fruits testés à l'eau salée, total de la saison 2020.



Figures 10-11. Nombre de drosophiles à ailes tachetées (DAT) retrouvée dans 30 fruits après incubation ou 15 fruits testés à l'eau salée, total de la saison 2021.



**Les moyennes suivies d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Figures 12-14. Températures ($^{\circ}\text{C}$) et humidités relatives (%) moyennes dans les différents traitements, saisons 2019-2021.

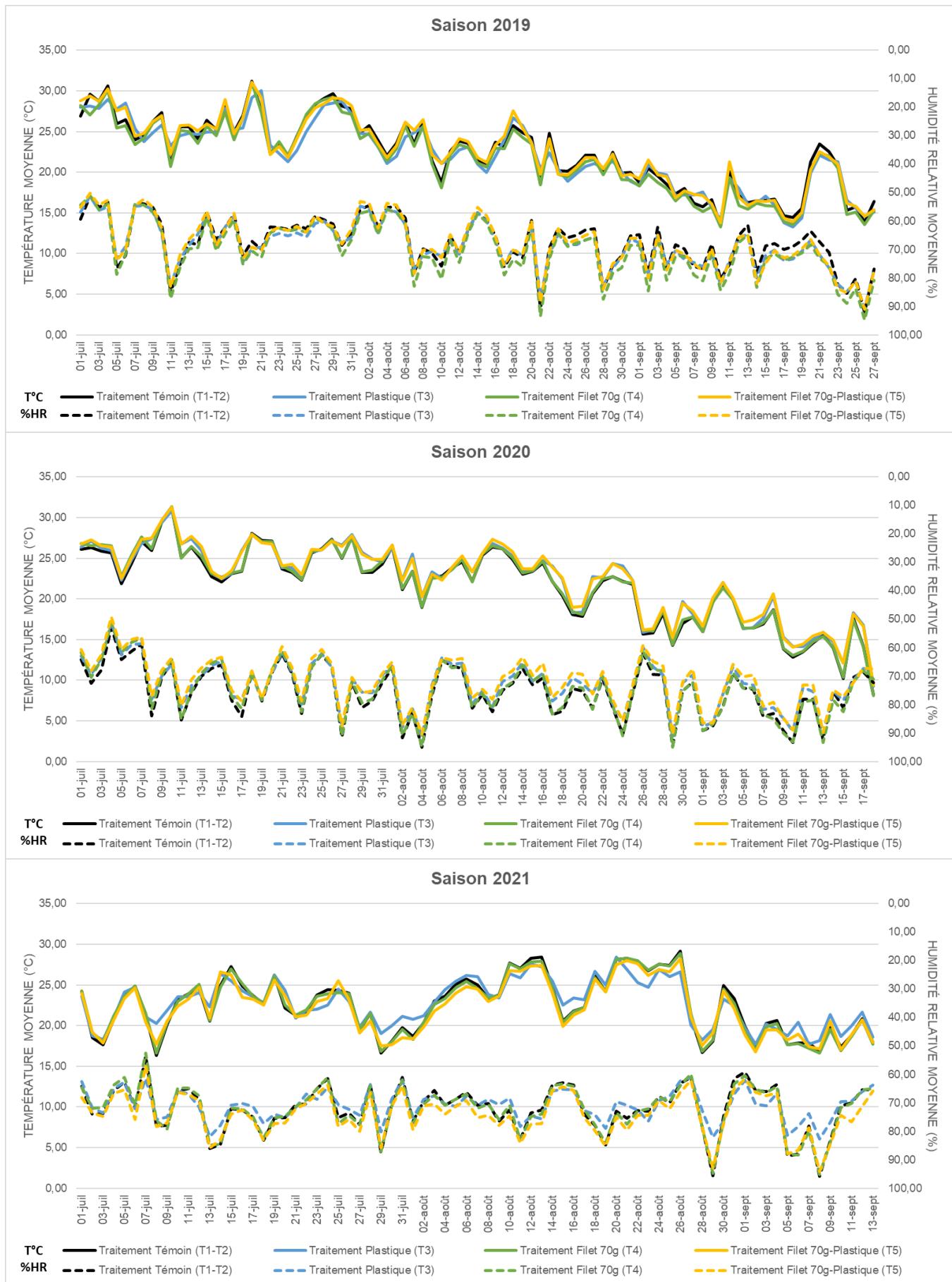


Tableau 5 : Coûts* en mètre linéaire pour le matériel, 3 types de productions sous mini-tunnels vs production conventionnelle.

	Mini-tunnel plastique	Mini-tunnels filet 70g	Mini-tunnels combinaison filet 70g et plastique	Production conventionnelle
Tuyau goutte-à-goutte AquaTraxx PBX (5/8" x 15 mm x 8")	0,31 \$ /m linéaire	0,31 \$ /m linéaire	0,31 \$ /m linéaire	0,31 \$ /m linéaire
Armature de mini-tunnels**				
- Arceaux tunnel (22 pour 100')	9,53 \$ /m linéaire	9,53 \$ /m linéaire	9,53 \$ /m linéaire	-
- Piquets (22 pour 100')	3,03\$ /m linéaire	3,03\$ /m linéaire	3,03\$ /m linéaire	-
- Élastiques (22R x 8' pour 100')	1,26\$ /m linéaire	1,26\$ /m linéaire	1,26\$ /m linéaire	-
- Arceaux rang (2)	0,96 \$ /m linéaire	0,96 \$ /m linéaire	0,96 \$ /m linéaire	-
- Poteaux d'ancrage (2)	0,36 \$ /m linéaire	0,36 \$ /m linéaire	0,36 \$ /m linéaire	-
Plastique clair perforé (1R pour 100') (1,5mm x 2,35 m x 33,5 m)	4,10\$ /m linéaire	-	4,10 \$ /m linéaire	-
Filet 70g (3,1m x 100m)**	-	6,13 \$ /m linéaire	6,13 \$ /m linéaire	-
Paillis de plastique noir (10mm)	0,16 \$ /m linéaire	0,16 \$ /m linéaire	0,16 \$ /m linéaire	0,16 \$ /m linéaire
Total	19,71 \$ /m linéaire	21,74 \$ /m linéaire	25,84 \$ /m linéaire	0,47 \$ /m linéaire

*Prix Dubois Agrinovation, mars 2021.

** Coûts non amortis. Considérer un amortissement sur +10 ans pour les armatures de mini-tunnels et sur environ 5 ans pour les filets anti-insectes.

Tableau 6 : Coûts* à l'hectare pour les traitements fongicides et insecticides, 3 types de productions sous mini-tunnels vs production conventionnelle.

	\$/qt	Mini-tunnel plastique	Mini-tunnels filet 70g	Mini-tunnels combinaison filet 70g et plastique	Production conventionnelle
Fongicides (Anthracnose)					
- Actinovate SP (BIO)	140\$/504g	-	-	-	118,06\$ /ha
- Botector (BIO)	228\$/1kg	-	-	-	228\$ /ha
- Cabrio EG	340\$/2.27kg	-	-	-	149,78\$ /ha
- Evito 480 SC	1030\$/4.8L	-	-	-	60,08\$ /ha
- Pristine WG	375\$/2.83kg	-	-	-	212,01\$ /ha
- Quadris Top	727\$/10.125L	-	-	-	71,80\$ /ha
- Switch 62.5 WG	194\$/793kg	-	-	-	0,24\$ /ha
- Diplomat 5SC	700\$/5L	-	-	-	129,64\$ /ha
Total	-	0\$, sauf si seuil élevé	0\$, sauf si seuil élevé	0\$, sauf si seuil élevé	≈ 121,20\$ /ha
Insecticides (DAT)					
Delegate	352\$/840g	-	-	-	176\$ /ha
- Entrust 240SC	164\$/1L	-	-	-	59,70\$ /ha
- Exirel	623\$/3.79L	-	-	-	246,57\$ /ha
- Up-Cyde 2.5 EC	61\$/1L	-	-	-	17,96\$ /ha
Total	-	0\$, sauf si infestation	0\$, sauf si infestation	0\$, sauf si infestation	≈ 125,05\$ /ha

*Prix Centre Agricole Bienvenue, 2021.

** À noter que d'autres produits peuvent être disponible contre ces deux ravageurs.