



# ÉVALUATION DE LA DÉRIVE DE PULVÉRISATION ET DE LA MICRO DISTRIBUTION DES GOUTTELETTES POUR 2 TYPES DE PULVÉRISATEURS (ÉLECTROSTATIQUE ET AXIAL) EN CULTURE DE FRAMBOISES SOUS TUNNEL

CPEM-2-12-1619

Durée du projet : 05/2013 - 11/2013

#### RAPPORT FINAL

Réalisé par : François Demers<sup>1</sup>, Christian Lacroix<sup>2</sup>, Bernard Panneton<sup>3</sup>, Marlène Piché<sup>4</sup>

25 avril 2014

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.

<sup>4</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, ingénieur en santé de l'environnement



<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Club Les Productions Écolo-Max, agronome et conseiller en horticulture

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> MAPAQ, agronome et conseiller régionale en horticulture pour la région Chaudière-Appalaches

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, chercheur et scientifique en ingénierie et production végétal

# ÉVALUATION DE LA DÉRIVE DE PULVÉRISATION ET DE LA MICRO DISTRIBUTION DES GOUTTELETTES POUR 2 TYPES DE PULVÉRISATEURS (ÉLECTROSTATIQUE ET AXIAL) EN CULTURE DE FRAMBOISES SOUS TUNNEL

#### CPEM-2-12-1619

## **RÉSUMÉ DU PROJET**

L'objectif principal était de comparer la couverture et la dérive de pulvérisation d'un pulvérisateur électrostatique et d'un pulvérisateur à jet porté radial de marque FMC utilisés par le producteur en culture de framboise d'automne hors sol sous tunnel. L'évaluation de la microdistribution (couverture) a été réalisée à l'aide d'une bouillie contenant des pigments fluorescents pulvérisés avec les 2 types de pulvérisateurs. Le taux d'application des pulvérisateurs était de 300 L/ha. La dérive a été évaluée avec le même taux d'application à l'aide d'un traceur (colorant alimentaire) dans la bouillie, et des mesures ont été prises au sol, sur les parois des tunnels et sur l'opérateur des pulvérisateurs.

Dans le contexte précis des essais faits en situation commerciale, la pulvérisation électrostatique a permis d'obtenir une efficacité comparable au pulvérisateur à jet porté sur la base de couverture de feuillage par analyse d'image. Ainsi, les mesures obtenues par traitement d'image résultant d'une pulvérisation d'un colorant fluorescent montrent qu'à une échelle spatiale de l'ordre du cm, il existe peu de différence entre la couverture obtenue avec le pulvérisateur conventionnel et celle obtenue avec le pulvérisateur électrostatique. Le pulvérisateur électrostatique procure une légère amélioration de la répartition puisqu'à certaines positions dans le couvert végétal, la couverture au verso des feuilles n'était pas significativement différente de celle au recto des feuilles, alors qu'avec le pulvérisateur conventionnel, la couverture au recto était toujours significativement supérieure à celle au verso des feuilles. En ignorant la distinction entre le recto et le verso des feuilles, les 2 pulvérisateurs donnent une couverture comparable partout dans le couvert végétal. En conclusion, cette expérience montre que l'utilisation d'un pulvérisateur électrostatique à un taux comparable (300 L/Ha) améliore la couverture de façon marginale par rapport au pulvérisateur conventionnel. Ce détail peut être essentiel dans certaines cultures où l'on veut une couverture parfaite lors de l'utilisation de fongicides préventifs ou le contrôle d'acariens situés au revers des feuilles.

D'autre part, pour ce qui de l'évaluation de la dérive qui comparait l'efficacité de capture pour les 2 pulvérisateurs à l'essai, nous concluons que grâce à sa configuration de type tour, le pulvérisateur électrostatique projette peu de gouttes au-dessus de la canopée. Par contre, les fines gouttelettes issues du pulvérisateur électrostatique qui se retrouvent dans l'air sédimentent très lentement et elles représentent un risque d'exposition aux pesticides pour l'opérateur qui circule dans le tunnel où il reste un brouillard en suspension. Avec le pulvérisateur conventionnel, ce risque semble inexistant ou à tout le moins sous le seuil de détection dans cette étude.

# OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Pour valider la couverture du feuillage, de la bouillie (300 L d'eau/ha) contenant des pigments fluorescents a été pulvérisée sur des framboisiers sous tunnel à l'aide d'un pulvérisateur radial conventionnel et à l'aide d'un pulvérisateur électrostatique. Le but était

de visualiser la couverture à petite échelle sur des feuilles. Des photographies à haute résolution et sous lumière UV ont été prises. Il y avait deux séries de photographies (annexe A, figures A1 et A2), une montrant des feuilles entières et l'autre une petite portion de feuille. Le treillis superposé donne une dimension de référence. Pour chacun des pulvérisateurs, trois applications ont été effectuées (3 répétitions). Après chaque pulvérisation, des feuilles étaient recueillies à 9 positions sur le rang. Dans un plan perpendiculaire à l'orientation des rangs de framboises, des feuilles étaient recueillies aux positions verticales bas (B), centre (C) et haut (H), et aux positions latérales intérieures (I : côté du rang où le pulvérisateur a circulé lors de l'application), centre (C) et éloigné (E). Il y avait donc 9 positions pour le prélèvement des feuilles dénotées par : B : I, C : I, H : I, B : C, C : C, H : C, B : E, C : E et H : E. A chacune de ces 9 positions, 4 feuilles étaient prélevées pour des photographies au verso de chaque feuille et 4 autres feuilles étaient prélevées pour des photographies au recto (annexe D). Pour chaque feuille, une photographie de toute la feuille était prise et 5 photographies d'une portion de la feuille étaient prises, réparties autant que possible sur une diagonale le long de la feuille. Cela donne un total de 432 photos de feuilles entières et 2160 photos de portions de feuilles. En pratique, 400 photos de feuilles entières et 2114 photos de portions de feuilles ont été prises. Un programme a été créé sous Matlab TM pour effectuer le traitement des images (annexe A, figure A3).

Pour valider la dérive, les 2 pulvérisateurs à l'essai, c'est-à-dire l'axial, électrostatique (annexe B, figure B1) était étalonné pour un taux 300 L/ha. La bouillie utilisée était une solution faite d'eau et de colorant alimentaire rouge. La concentration des colorants dans les cuves des pulvérisateurs était de 30 g/L. Suite aux applications, le dosage de colorant a été fait par spectroscopie. Les arrosages ont été faits à l'intérieur de 2 tunnels. Trois types de surface d'échantillonnage ont été utilisés : 1) des plaques métalliques déposées au sol pour évaluer la quantité de bouillie perdue au sol; 2) des chaînes métalliques, installées audessus de la végétation pour évaluer la quantité de bouillie sortant de la végétation; 3) des surfaces autocollantes placées sur l'habit de protection de l'opérateur du pulvérisateur pour évaluer son exposition au produit. Les surfaces d'échantillonnage sont métallisées pour assurer la conduction électrique et la capture efficace des gouttelettes produites par le pulvérisateur électrostatique (Annexe B, Figure B 2).

Pour chaque arrosage, 6 plaques métalliques de dimension connue (15 cm de diamètre) ont été déposées au sol, réparties dans les entre-rangs et sur le rang pulvérisé (sous le tracteur). Sur la même ligne perpendiculaire, 5 chaînes de 20 cm de longueur ont été fixées au-dessus de la végétation, accrochées à un support métallique (annexe C, figure C 1). Cette ligne perpendiculaire a été répétée 3 fois à l'intérieur du tunnel, à un minimum de 5 m d'intervalle et ne débutant pas avant 10 m de l'entrée du tunnel (annexe C, figure C2). Des disques de vinyle autocollant ont aussi été placés sur l'habit de protection de l'opérateur en groupe de 9 ronds placés en rond, à 6 positions différentes sur le corps : front, poitrine gauche, poitrine droite, cuisse gauche, cuisse droite, dos (annexe C, figure C 3). Un total de 69 échantillons par arrosage ont été placés au sol et en l'air ainsi que 54 ronds de vinyle sur l'opérateur. Les deux types d'arrosage ont été répétés 3 fois (2 traitements\*3 répétitions). Puisque nous disposions de 2 tunnels, les arrosages ont été randomisés pour éviter l'effet tunnel.

Pour les analyses, les plaques métalliques ont été retirées des pétris et glissées dans des sacs de plastique de type ziploc, pré-identifiés. Les autres surfaces ont été analysées directement dans les tubes. Une quantité d'eau a été ajoutée en prenant garde de ne pas trop diluer l'échantillon. L'échantillon doit permettre une lecture de transmittance au spectrophotomètre à l'intérieur de la plage de lecture établie par la courbe de calibration de l'appareil. La quantité de colorant récupérée est reportée par unité de surface (cm²). Connaissant la concentration de la bouillie dans le réservoir, on peut ensuite établir le

pourcentage de récupération (taux de récupération) : la quantité de bouillie récupérée sur la quantité appliquée (L/ha). Pour les chaînes de métal, puisque la surface totale exposée n'était pas connue, l'analyse porte essentiellement sur la comparaison de la quantité totale de colorant récupérée entre les 2 traitements. Les données ont été analysées avec l'outil statistique R en utilisant une analyse de variance, basé sur un modèle linéaire.

#### **RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS**

Test sur la microdistribution des gouttelettes évalué par la comparaison du feuillage par analyse d'images du pulvérisateur conventionnel vs électrostatique sur des framboises sous tunnel.

Le dénombrement des échantillons par traitement et position est présenté au tableau 1. Il est clair qu'à cause des problèmes de qualité d'image, le design expérimental n'est plus balancé. Si toutes les images avaient été disponibles pour l'analyse, il y aurait 60 images pour chaque cas (3 répétitions x 4 feuilles/répétition x 5 images/feuille = 60 images). Le nombre moyen d'images pour chaque cas était 29,3 images avec un minimum de 9. Le déséquilibre dans la répartition des échantillons entre les traitements et les positions a été pris en compte lors des analyses statistiques (voir plus loin). Des mosaïques de photo de feuilles entières ont été préparées pour donner une idée générale des résultats (annexe A). L'observation visuelle montre qu'à l'échelle de la feuille, il n'y a pas de différences évidentes entre les résultats obtenus avec le pulvérisateur conventionnel et ceux avec le pulvérisateur électrostatique.

Pour poursuivre l'analyse des données, une transformation a été appliquée sur la surface relative (SR) mesurée. En effet, les données montrent beaucoup de valeurs proches de 0, ce qui donne des distributions de données montrant peu de symétrie. La transformation suivante a été appliquée :

 $SRt=\sqrt{SR}+\sqrt{(SR+1)}$ 

**Tableau 1 :** Nombre d'échantillons (Score) par type de pulvérisateur (E pour électrostatique et J pour conventionnel), par côté de feuille (R pour recto et V pour verso), par position latérale sur le rang (I, C ou E) et par position verticale sur le rang (B, C ou H).

Nombre de Score	Étiquettes de colonnes		
Étiquettes de lignes	R	v	Total général
E	220	172	392
ı	58	39	97
В	15	9	24
С	15	15	30
Н	28	15	43
С	88	53	141
В	31	23	54
С	31	17	48
Н	26	13	39
E	74	80	154
В	32	33	65
С	22	21	43
Н	20	26	46
J	373	291	664
I	137	109	246
В	42	36	78
С	49	37	86
Н	46	36	82
С	118	97	215
В	40	31	71
С	32	28	60
Н	46	38	84
E	118	85	203
В	40	25	65
С	35	27	62
Н	43	33	76
Total général	593	463	1056

La variable transformée *SRt* présente une distribution plus symétrique (figure 1). Des comparaisons de moyennes ont été faites indépendamment pour chacune des 9 positions sur le rang. Les moyennes étaient établies pour la combinaison pulvérisateur et côté de la feuille (c.-à-d. 4 conditions par position). Les tests statistiques ont été faits à l'aide de la méthode de Dunnet-Tukey-Kramer telle que mise en œuvre par Lau (2013). Cette méthode tient compte du fait que le nombre d'échantillons varie d'un traitement à l'autre et que les variances ne sont pas égales. Le seuil de probabilité de p<0.05 a été utilisé pour déterminer les moyennes qui sont statistiquement différentes. Les résultats (figure 2) montrent que :

- 1. aux 9 positions pour le pulvérisateur conventionnel, la couverture au recto est significativement supérieure à celle au verso;
- 2. pour le pulvérisateur électrostatique, la couverture au recto n'est pas significativement différente de celle au verso pour les positions H: C, C: C, C: E, B: I. Ailleurs, la couverture au recto est significativement supérieure à celle au verso. Pour faciliter la comparaison des 2 pulvérisateurs, d'autres comparaisons de moyennes ont été effectuées en groupant les données pour les 2 côtés de feuille (figure 3). Les résultats montrent que partout, sauf aux positions C: I et B: I, il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus avec les 2 pulvérisateurs. En C: I et B: I, la couverture était significativement supérieure avec le pulvérisateur conventionnel.

### Recto

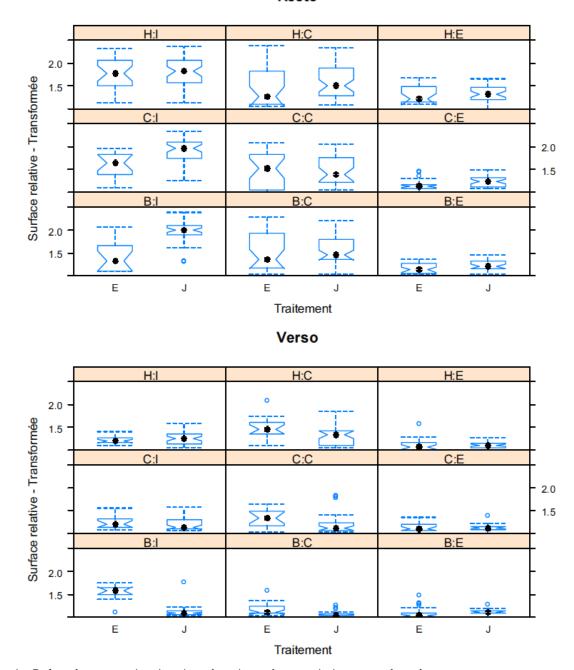
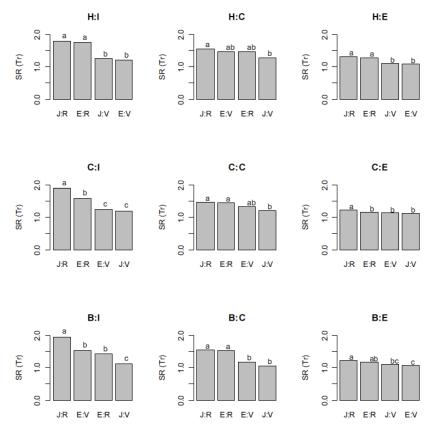
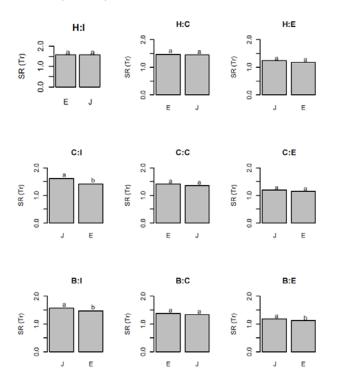


Figure 1 : Boîtes à moustache des données de surfaces relatives transformées.

Note: L'encoche au niveau de chaque boîte est une estimation approximative d'un intervalle de confiance pour la médiane (indiquée par un point noir). À une position donnée (p. ex. H : I), lorsque les encoches des 2 boîtes se recoupent, il est fort probable qu'il n'y ait pas de différence significative entre les 2 traitements (J pour pulvérisateur conventionnel et E pour électrostatique).



**Figure 2 :** Comparaison de moyennes par position sur le rang pour les combinaisons pulvérisateur (J ou E) et côté de feuille (R ou V).



**Figure 3 :** Comparaison de moyennes entre les pulvérisateurs en groupant les données de 2 côtés de feuille.

Test de dérive sur le sol (figure 4) : L'effet du traitement, de la position sur la ligne et de l'interaction entre ces 2 facteurs sont tous statistiquement significatifs. Pour le pulvérisateur conventionnel, le dépôt aux positions 2, 3 et 4 est significativement supérieur au dépôt à la position 1. Les positions 2 et 4 sont sous les rangs de part et d'autre du pulvérisateur, et la position 3 est l'entre-rang sous le pulvérisateur. Pour l'électrostatique, le dépôt à la position 3 est significativement inférieur au dépôt à la même position avec le pulvérisateur conventionnel.

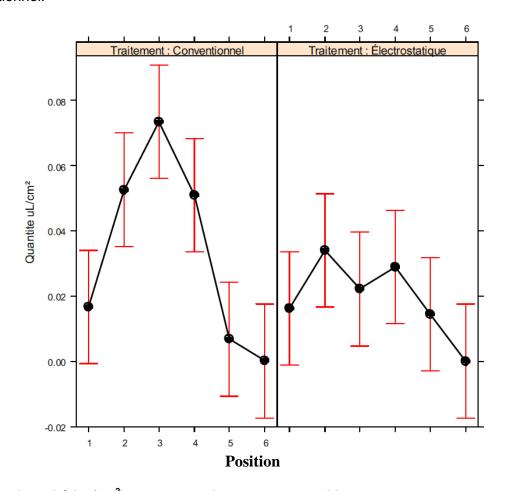


Figure 4 : Quantité (µL/cm²) au sol par traitement et par position.

Test de dérive dans l'air (figure 5): Les effets du traitement, de la position sur la ligne et de l'interaction entre ces 2 facteurs sont tous statistiquement significatifs. En général, il y a moins de bouillie recueillie avec le pulvérisateur électrostatique. Avec le conventionnel, les quantités recueillies aux positions 1 et 2 ne sont pas statistiquement différentes; la quantité recueillie à la position 3 est statistiquement supérieure à celle recueillie aux positions 1 et 2; les quantités recueilles aux positions 4 et 5 sont statistiquement inférieures à celles recueillies aux positions 1 et 2. Avec l'électrostatique, il n'y a pas d'effet de position et les quantités ne diffèrent pas significativement de celles obtenues avec le pulvérisateur conventionnel aux positions 4 et 5. Le pulvérisateur conventionnel envoie plus de bouillie dans l'espace au-dessus des rangs en hauteur et allant du rang à droite au rang à gauche de l'entre-rang où passe le pulvérisateur. La quantité au-dessus du rang de droite est significativement supérieure aux quantités au-dessus de l'entre-rang et du rang de gauche

illustrant l'effet de rotation du flot d'air induit par le pulvérisateur conventionnel qui propulse plus de bouillie vers le haut du côté droit.

Il y a donc moins de perte au sol avec l'électrostatique dans l'entre-rang où circule le tracteur, mais aux autres positions, la perte au sol est la même avec les 2 pulvérisateurs. Par contre, les pertes au sol mesurées sont très faibles : avec le pulvérisateur conventionnel à la position 3 (le niveau le plus élevé mesuré), on a mesuré 0.07 μL/cm², ce qui représente 2,3 % du taux d'application nominal de 300 L/ha (*c.-à-d.* 3 μL/cm²). Donc, même s'il existe une différence entre les 2 technologies pour ce qui est des pertes au sol, ces pertes sont si faibles que la différence a peu d'importance en pratique.

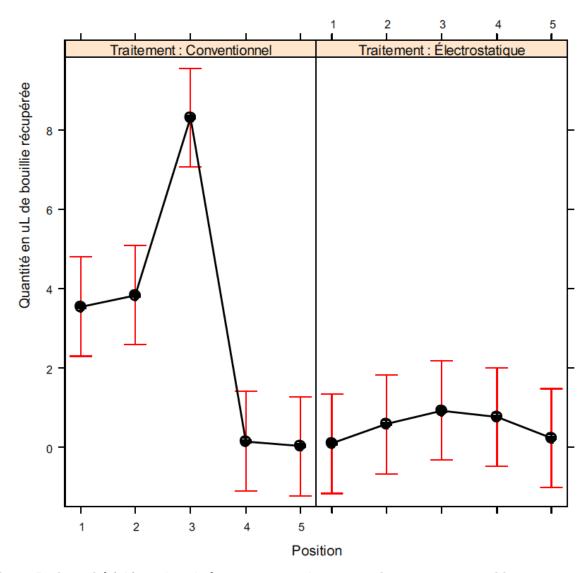


Figure 5 : Quantité (µL) sur les chaînettes suspendues par traitement et par position.

Test de dérive sur l'opérateur (figure 6): Les données ne permettent pas de faire des statistiques. À toutes les positions, les quantités recueillies pour le traitement avec le pulvérisateur conventionnel étaient inférieures au seuil de détection. Pour le traitement avec le pulvérisateur électrostatique, des quantités au-dessus du seuil de détection ont été mesurées sur la poitrine (gauche et droite), sur le front et dans le dos. Rien n'a été détecté au niveau des cuisses. Ce sont donc les surfaces verticales qui ont été exposées, ce qui suggère que le dépôt s'est effectué principalement par impact dû au déplacement de l'opérateur à travers un nuage de gouttes en suspension. Il n'y avait pratiquement pas de sédimentation des gouttes puisqu'il n'y a pas eu de dépôt mesurable sur les cuisses (l'opérateur est assis et le dessus des cuisses est à l'horizontal).

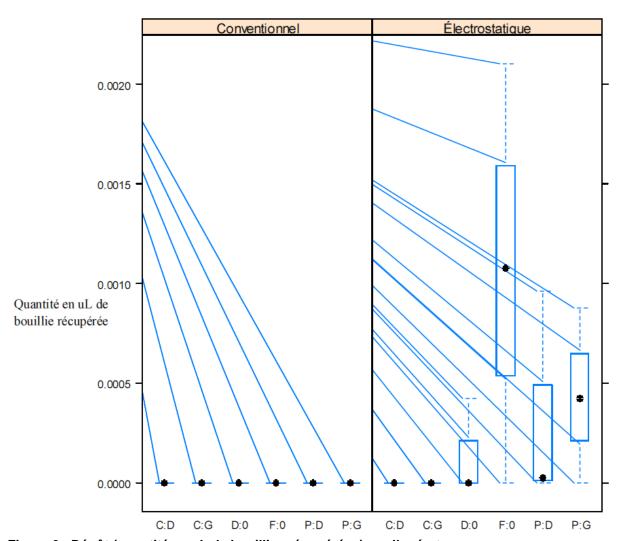


Figure 6 : Dépôt (quantité en µL de bouillies récupérées) sur l'opérateur

#### CONCLUSION

D'une part, les mesures obtenues par traitement d'image montrent qu'à une échelle spatiale de l'ordre du cm, il existe peu de différence entre la couverture obtenue avec le pulvérisateur conventionnel et celle obtenue avec le pulvérisateur électrostatique. Le pulvérisateur électrostatique procure une légère amélioration de la répartition puisqu'à certaines positions dans le couvert végétal, la couverture au verso des feuilles n'était pas significativement différente de celle au recto des feuilles alors qu'avec le pulvérisateur conventionnel, la couverture au recto était toujours significativement supérieure à celle au verso des feuilles. En ignorant la distinction entre le recto et le verso des feuilles, les 2 pulvérisateurs donnent une couverture comparable partout dans le couvert végétal. En conclusion, cette expérience montre que l'utilisation pulvérisateur électrostatique améliore la couverture de façon marginale par rapport au pulvérisateur conventionnel.

D'autre part, pour l'essai évaluant la dérive par la capture de la pulvérisation. Nous avons constaté que les pertes au sol sont négligeables, quel que soit le pulvérisateur (<2.3 %). Pendant la pulvérisation, il y a plus de gouttelettes projetées au-dessus du couvert végétal avec le pulvérisateur conventionnel. L'opérateur est exposé à un brouillard de petites gouttes en suspension dans l'air du tunnel lors de la pulvérisation électrostatique alors qu'aucune exposition de ce type n'a été détectée avec le pulvérisateur conventionnel.

On conclut donc que grâce à sa configuration de type tour, le pulvérisateur électrostatique projette peu de gouttes au-dessus de la canopée. Par contre, les fines gouttelettes issues du pulvérisateur électrostatique qui se retrouvent dans l'air sédimentent très lentement et elles représentent un risque d'exposition aux pesticides pour l'opérateur qui circule dans le tunnel où il reste un brouillard en suspension. Avec le pulvérisateur conventionnel, ce risque semble inexistant, ou à tout le moins sous le seuil de détection dans cette étude.

Pour la pulvérisation sous tunnel, il est important de mettre en œuvre des mesures de protection personnelle efficaces pour protéger l'opérateur du pulvérisateur d'une contamination aux pesticides. Comme le tunnel représente un milieu partiellement clos, les fines gouttes peuvent y rester en suspension longtemps et ne pas subir le même effet de dispersion que celui qui se produit en plein champ sous l'effet du vent et de la turbulence atmosphérique. Avec le pulvérisateur électrostatique sous tunnel, il semble que le risque d'exposition est accru par rapport à l'utilisation d'un pulvérisateur conventionnel muni de buses produisant une pulvérisation plus grossière. Il est donc encore plus important de mettre en place des mesures de protection personnelle lors de l'application de pesticides avec un pulvérisateur électrostatique sous tunnel. Nous recommandons le port d'une combinaison jetable, de gants jetables, de bottes de caoutchouc lavables et d'un casque ventilé muni de filtres appropriés pour les aérosols contenant des pesticides. Comme mesure alternative, on pourrait faire les applications avec un tracteur muni d'une cabine ventilée en pression positive avec un filtre d'admission d'air au charbon. Cette étude portait sur l'application sous-tunnel. La suspension des gouttelettes dans l'air pourrait devenir un risque de dérive et de contamination dans une situation de vent orienté dans le sens du tunnel. Pour une pulvérisation en grand champ, toute application sous des conditions météorologiques inadéquates constituerait un risque de dérive et de contamination pour les zones environnantes.

Cette technologie nouvelle de l'électrostatique sur le territoire québécois a permis de mettre en évidence une couverture un peu plus uniforme au verso des feuilles à certaines positions. Ce détail peut être essentiel dans certaines cultures où l'on veut une couverture parfaite lors de l'utilisation de fongicides préventifs ou le contrôle d'acariens situés au revers des feuilles. Par contre, la finesse des gouttelettes issues du pulvérisateur électrostatique suscite des

interrogations sur la dérive, si ce pulvérisateur était utilisé à l'extérieur. Le fournisseur de cet équipement avant-gardiste évolue.

#### POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

François Demers agr.
Club Les Productions Écolo-Max
418-563-0385
ecolo-max@hotmail.com

#### REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, ainsi qu'à l'implication de – « Les Productions Horticoles Demers ». Nous remercions également Réjean Demers (Les Productions Horticoles Demers); Carl Veilleux (BSL); Christian Lacroix, agr., Marlène Piché, Bernard Panneton chercheur (ACC), pour leur expertise en pulvérisation.

## **ANNEXE A**

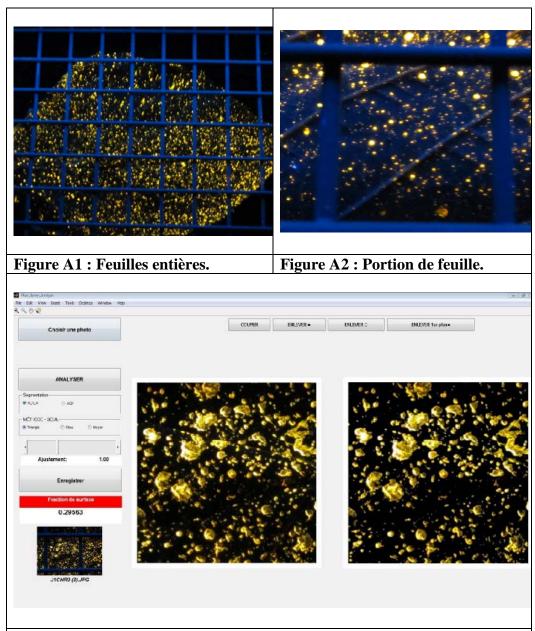


Figure A3 : Interface du programme de traitement d'image

## **ANNEXE B**



Figure B1 À gauche : Pulvérisateur à jet porté; À droite : Pulvérisateur électrostatique



Figure B2 À gauche : Disque de métal au sol; À droite : Chaîne de métal au-dessus de la végétation

## **ANNEXE C**

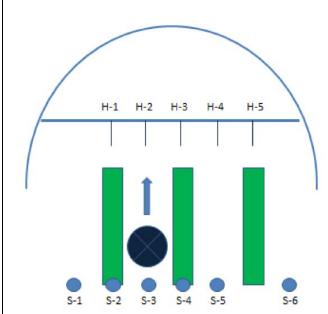


Figure C1 Présentation d'une ligne d'échantillons à l'intérieur du tunnel

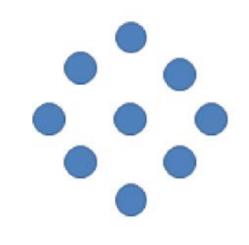
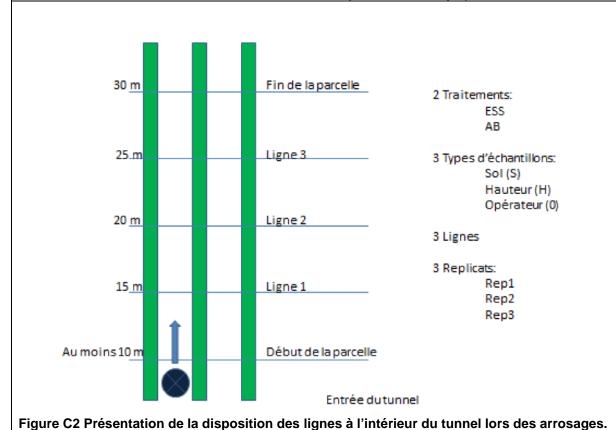


Figure C3 Présentation de l'application des ronds de vinyle sur l'habit de protection de l'opérateur (« patch » d'environ 10 cm de diamètre formée de 9 ronds de vinyle)



ANNEXE D.

# MOSAÏQUES DE PHOTOGRAPHIE DE FEUILLES ENTIÈRES

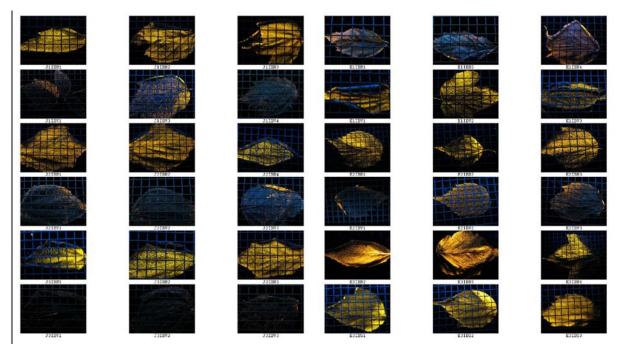


PLANCHE INTÉRIEUR-BAS. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

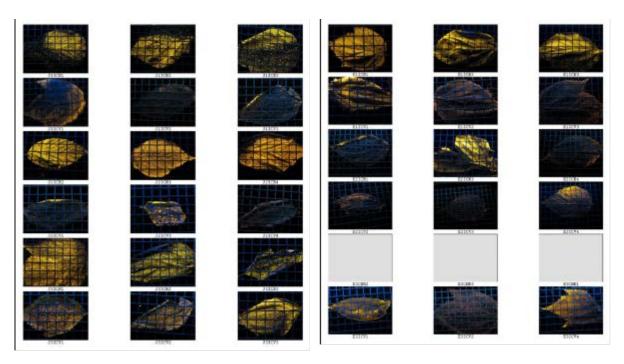


PLANCHE INTÉRIEUR-CENTRE. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

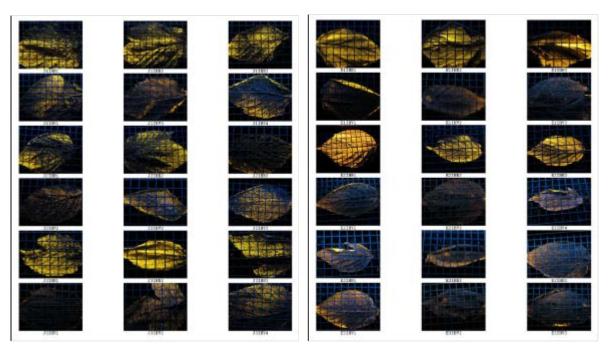


PLANCHE INTÉRIEURE-HAUT. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

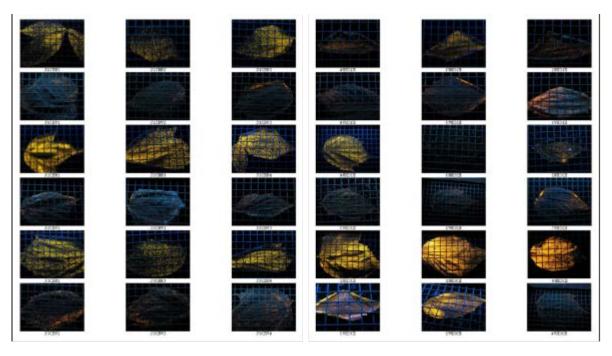


PLANCHE CENTRE-BAS. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

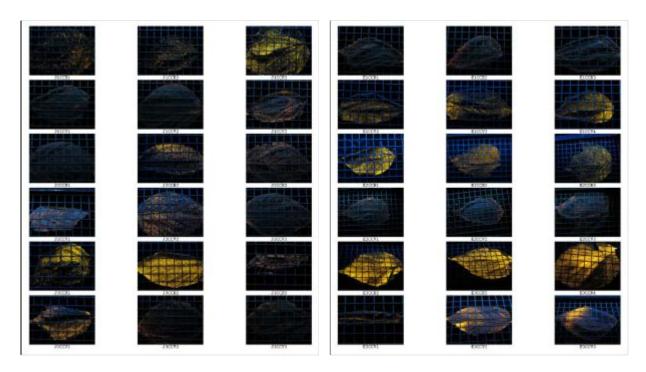


PLANCHE CENTRE-CENTRE. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSATIQUE À DROITE.

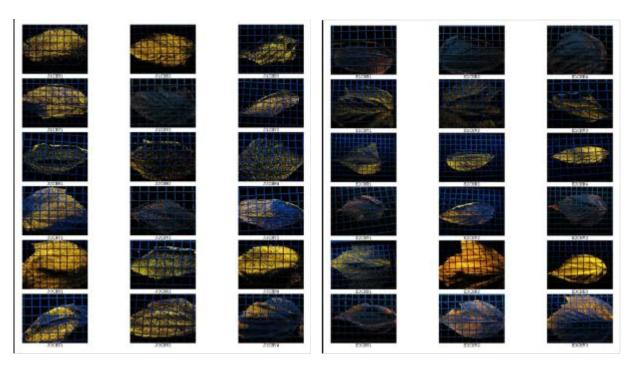


PLANCHE CENTRE-HAUT. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

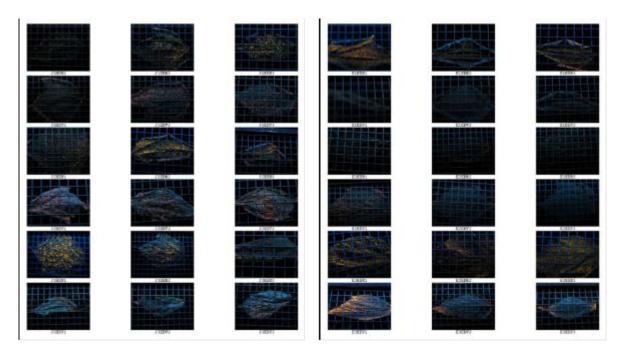


PLANCHE ÉLOIGNÉ-BAS. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

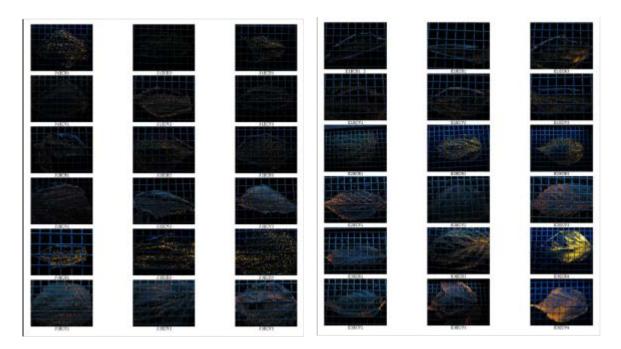


PLANCHE ÉLOIGNÉ-CENTRE. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.

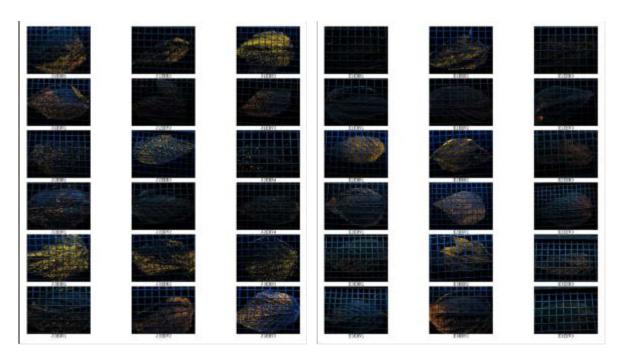


PLANCHE ÉLOIGNÉ-HAUT. CONVENTIONNEL À GAUCHE, ÉLECTROSTATIQUE À DROITE.