

Évaluation de l'efficacité de pulvérisation à différents volumes de bouillies pour 2 types de pulvérisateurs (électrostatique et axial) en culture de framboise sous tunnel.

François Demers ¹, Christian Lacroix ², Bernard Panneton ³, Marlène Piché ⁴

Numéro du projet : CPEM-2-11-1558

Durée : 05/2012 – 09/2012

FAITS SAILLANTS

L'objectif principal était de comparer la performance d'un pulvérisateur électrostatique et d'un pulvérisateur à jet porté radial utilisé par le producteur de marque FMC en culture de framboise d'automne hors sol sous tunnel. Pour comparer ces deux pulvérisateurs, nous avons évalué ceux-ci à deux niveaux : sur leur qualité de pulvérisation et sur leur efficacité contre les tétranyques, un ravageur connu dans la culture de framboise. La qualité de pulvérisation était évaluée avec un colorant alimentaire ajouté à la bouillie et appliqué sur le feuillage des framboisiers à différent taux d'application, et par la suite, dosé par spectroscopie en laboratoire. Un test de résidus de Bifénazate (Acramite) a également été effectué qui se retrouve l'acaricide employé lors des essais d'efficacité en période de récolte.

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, qui utilise une quantité beaucoup plus importante d'eau. Ceci peut représenter un bénéfice important en temps pour l'opérateur du pulvérisateur. D'autre part, dans le cadre de ce projet, les traitements n'ont pas permis de mettre en évidence une amélioration de la couverture du feuillage par la pulvérisation électrostatique. Celui-ci a déposé autant ou moins de bouillie que le pulvérisateur à jet porté. Par contre, l'augmentation du taux d'application semblait améliorer la pénétration dans le plant. Ces résultats se reflètent sur la quantité de résidus de Bifénazate laissée sur le fruit, qui augmente avec la quantité de bouillie appliquée. Aucun des traitements n'a permis de dépasser la limite maximum résiduelle (LMR) de pesticide.

Cette nouvelle technologie sur le territoire québécois n'est qu'à ses balbutiements. Étant donné la finesse des gouttelettes, d'autres études seraient souhaitables pour préciser davantage la micro distribution de celles-ci sur le feuillage et la dérive. Enfin, à partir des résultats obtenus, nous pensons qu'un meilleur positionnement des buses et de calibration aurait amélioré davantage la couverture pour chacun des pulvérisateurs.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

- 1) Pour valider la qualité de la pulvérisation, des essais de couverture (annexe 1) ont été effectués le 23 juillet 2012 avec un colorant alimentaire ajouté à la bouillie lorsque le framboisier était en floraison et atteignait une hauteur moyenne de 1,8 m. Ces essais étaient effectués pour le pulvérisateur à jet porté et le pulvérisateur électrostatique. À la suite de la pulvérisation, des feuilles naturelles et des feuilles artificielles métallisées ont été récoltées pour chacun des traitements et à différentes positions à l'échelle des plants. Pour ce faire, les feuilles naturelles ont été échantillonnées à 9 positions dans le feuillage; 3 distances du tracteur (côté tracteur, centre des

¹ Club Les Productions Écolo-Max, agronome et conseiller en horticulture

² MAPAQ, agronome et conseiller régional en horticulture pour la région Chaudière-Appalaches

³ Agriculture et Agroalimentaire Canada, chercheur et scientifique en ingénierie et production végétale

⁴ Agriculture et Agroalimentaire Canada, ingénieur en santé de l'environnement

plants et côté éloigné du tracteur) et à 3 hauteurs sur le plant (bas, centre, haut). Les feuilles artificielles ont été échantillonnées à 4 positions (côté tracteur, éloigné du tracteur, pour le milieu et le haut du plant). Par la suite, une analyse spectroscopique a été effectuée pour obtenir la quantité de colorant déposée sur les feuilles dont la surface a été mesurée avec un planimètre pour les feuilles naturelles, alors que l'on connaissait la surface pour les feuilles artificielles. Les traitements étaient de 1007 l d'eau/ha pour le pulvérisateur à jet porté et 153 et 278 l/ha pour le pulvérisateur électrostatique. Les deux pulvérisateurs à l'essai sont représentés aux annexes VII et XI. Le matériel de laboratoire utilisé lors des essais est représenté à l'annexe VIII.

- 2) Pour valider l'efficacité de pulvérisation, nous avons évalué les traitements sur la population de tétranyques dans les tunnels. Six traitements ont été réalisés dans un dispositif en blocs complets avec quatre répétitions (annexe II). Les interventions phytosanitaires ont été réalisées avec l'acaricide ACRAMITE (Bifénazate). Les traitements sont représentés aux figures 7 et 8, et les résultats aux annexes III, IV, V et VI. Les traitements ont été effectués à deux reprises, soit le 13 juillet et le 19 août 2012.
- 3) Enfin, un test de résidus de l'acaricide ACRAMITE (Bifénazate) a été effectué pour chacun des traitements, une journée après le traitement du 19 août. Les échantillons ont été envoyés au laboratoire d'expertise agroalimentaire. Les résultats sont représentés à la figure 9.

Ce projet était en collaboration avec *Les Productions Horticoles Demers inc.* au 796, chemin Saint-Joseph à St-Nicolas, dans la région de Québec. L'espacement entre les rangs de framboise est de 2,4 m avec un espacement sur le rang de 30 cm. Les plants étaient cultivés hors sol en sac de coco. La structure du tunnel permet de couvrir trois rangs de framboises; celle-ci est représentée aux annexes I (section B) et VII. Plusieurs tunnels sont adjacents. La forme arrondie du tunnel offre un dégagement plus important au centre que sur les côtés. Cette structure permet la circulation de la machinerie de chaque côté du rang central, exclusivement. Il est donc difficile d'assurer une répartition uniforme de la pulvérisation à l'intérieur d'un tunnel.

RÉSULTATS (en résumé)

Les tests de couverture pour les feuilles naturelles sont représentés ci-dessous et sont tirés du rapport de l'annexe 1.

Comparaison entre les traitements à chaque position. Pour toutes les positions, le pulvérisateur à jet porté a déposé plus ou autant de bouillie sur le feuillage que le pulvérisateur électrostatique. Il n'y a aucune des 9 positions où on a observé une différence statistiquement significative entre les deux traitements à l'aide du pulvérisateur électrostatique (150 et 275 l/ha). Les quelques différences significatives ($p < 0.05$) tirées des figures 1 et 2 et de l'annexe 1 sont représentées dans le tableau 1. **Il est aussi possible de comparer, pour chacun des traitements pris séparément, l'effet de la position** (figure 2). Pour les trois traitements, il y a clairement un gradient horizontal (figure 2). Ce gradient est plus prononcé pour le pulvérisateur électrostatique à 150 l/ha. En ce qui concerne le dépôt sur l'ensemble du plant (figure 3), le pulvérisateur à jet porté (JP) a placé sur les plants une plus grande fraction de la bouillie pulvérisée que le pulvérisateur électrostatique utilisant un taux d'application de 150 et 275 l/ha.

Tableau 1 : Comparaison entre les traitements à chaque position pour les feuilles naturelles

Côté tracteur au milieu du plant (Mt):	Jet porté (JP) > Électrostatique à 150 l/ha (ESS_150)
--	---

Centre du plant en haut (Hc) :	Jet porté (JP) > Electrostatique à 150 l/ha (ESS_150)
Côté tracteur au milieu du plant (Mt):	Jet porté (JP) > Electrostatique à 150 l/ha (ESS_150)
Centre du plant en haut (Hc):	Jet porté (JP) > Electrostatique à 150 l/ha (ESS_150)
Centre du plant à mi-hauteur (Mc):	Jet porté (JP) > Electrostatique à 150 l/ha (ESS_150) Jet porté (JP) > Electrostatique à 275 l/ha (ESS_275)
Centre du plant en bas (Bc):	Jet porté (JP) > Electrostatique à 150 l/ha (ESS_150)
Côté éloigné à mi-hauteur (Me) :	Jet porté (JP) > Electrostatique à 150 l/ha (ESS_150)
Côté éloigné au bas du plant (Be):	Jet porté (JP) > Electrostatique à 275 l/ha (ESS_275)

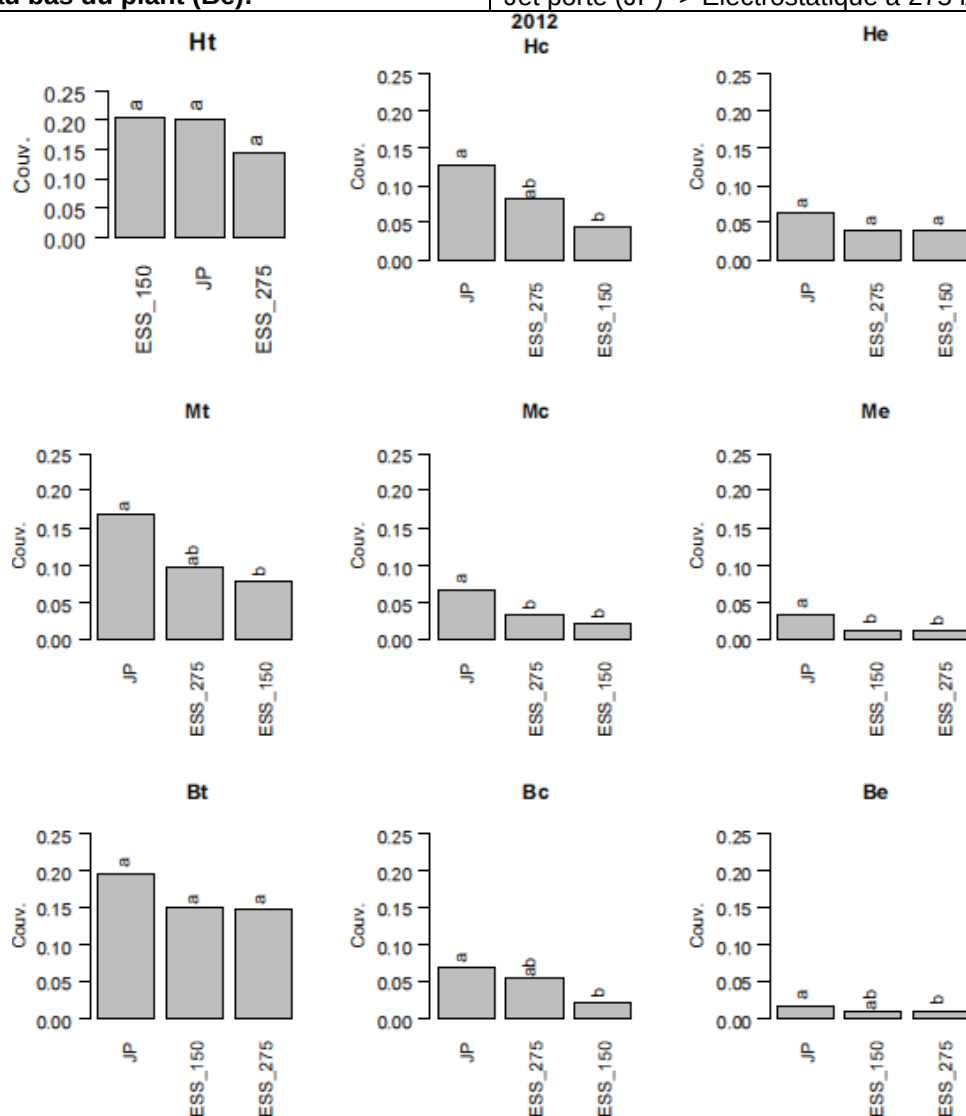


Figure 1 : Comparaison entre les traitements à chaque position

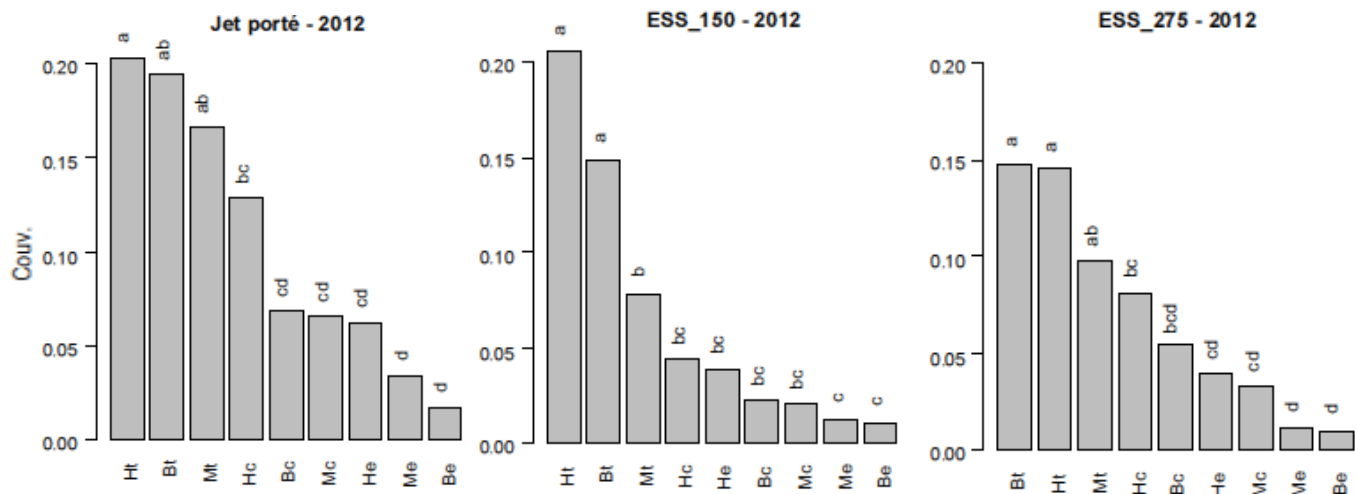


Figure 2: Comparaison entre les positions par traitement

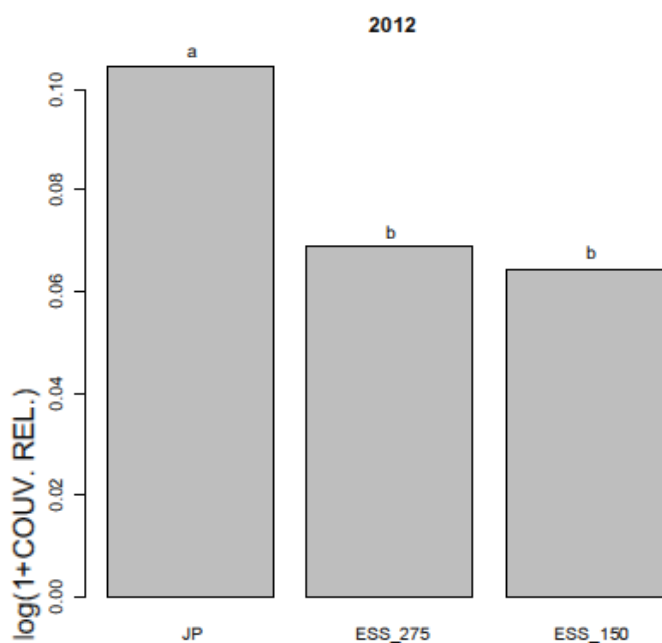


Figure 3 : Comparaison entre les traitements, toutes positions confondues

RÉSULTATS (en résumé) : les tests de couverture pour les feuilles artificielles sont représentés ci-dessous et sont tirés du rapport de l'annexe 1.

Des comparaisons de moyennes ont été faites indépendamment des quatre positions dans le couvert végétal en tenant compte du côté de la feuille. Les quelques différences significatives ($p < 0.05$) sont représentées dans le tableau 2 ci-dessous et se retrouvent aux figures 4 et 5. La comparaison entre les

traitements, toutes positions confondues, pour chacun des trois traitements (figure 6) mesurés sur des feuilles artificielles ressemble à celle sur le feuillage naturel (figure 3). En ce qui concerne le dépôt sur l'ensemble du plant, le pulvérisateur à jet porté (JP) a placé sur les plants une plus grande fraction de la bouillie pulvérisée que le pulvérisateur électrostatique (ESS) à 278 l/ha ($p < 0.05$), alors qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux autres traitements.

Tableau 2 : Comparaison entre les traitements à chaque position pour les feuilles artificielles

En haut des plants, côté tracteur (Ht):	- Électrostatique à 150 l/ha au recto des feuilles (ESS_150: R) > Jet porté au recto des feuilles (JP : R) - Électrostatique à 150 l/ha au recto des feuilles (ESS_150: R) > Électrostatique à 275 l/ha au verso des feuilles (ESS_275: V) - Électrostatique à 150 l/ha au recto des feuilles (ESS_150: R) > Électrostatique à 150 l/ha au verso des feuilles (ESS_150: V)
À mi-hauteur, côté tracteur (Mt):	- Jet porté au verso des feuilles (JP : V) > tous les électrostatiques (ESS_150: R, ESS_150: V, ESS_275: R, ESS_275: V)
Côté éloigné en haut et au milieu (He, Me) :	- Jet porté au recto des feuilles: (JP : R) > tous les autres traitements (ESS_150: R, ESS_150: V, ESS_275: R, ESS_275: V, JP : V)

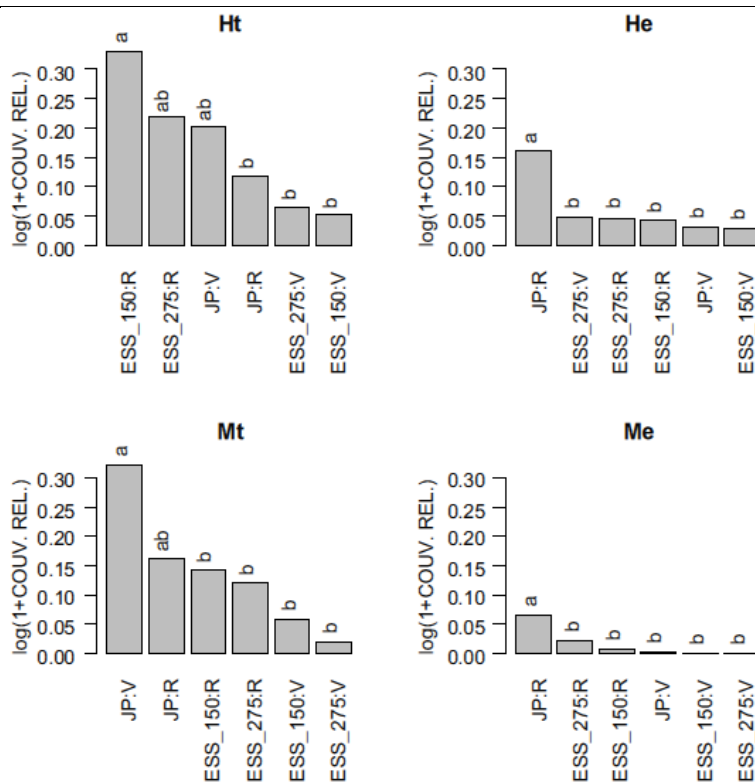


Figure 4: Comparaison entre les traitements à chaque position

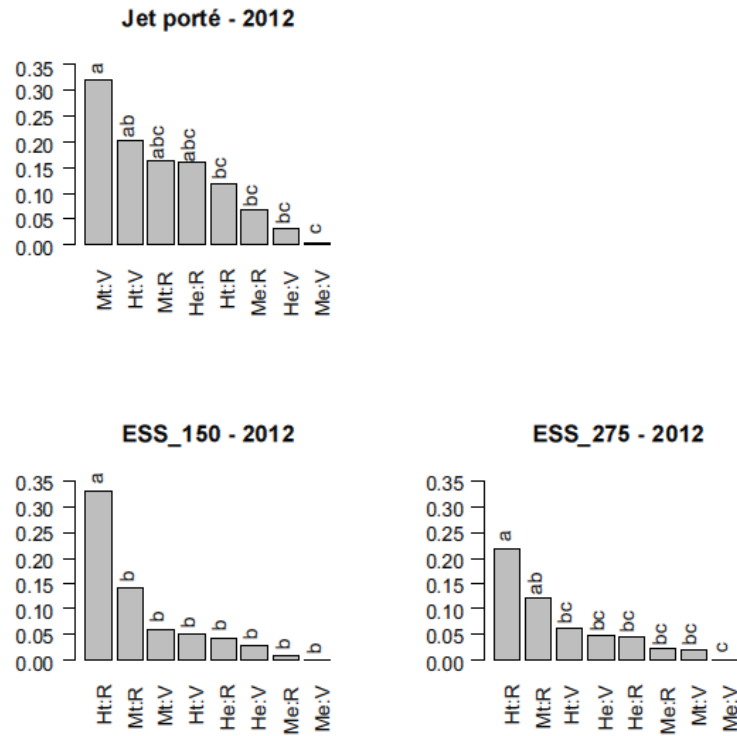


Figure 5 : Comparaison entre les positions: côtés par traitement

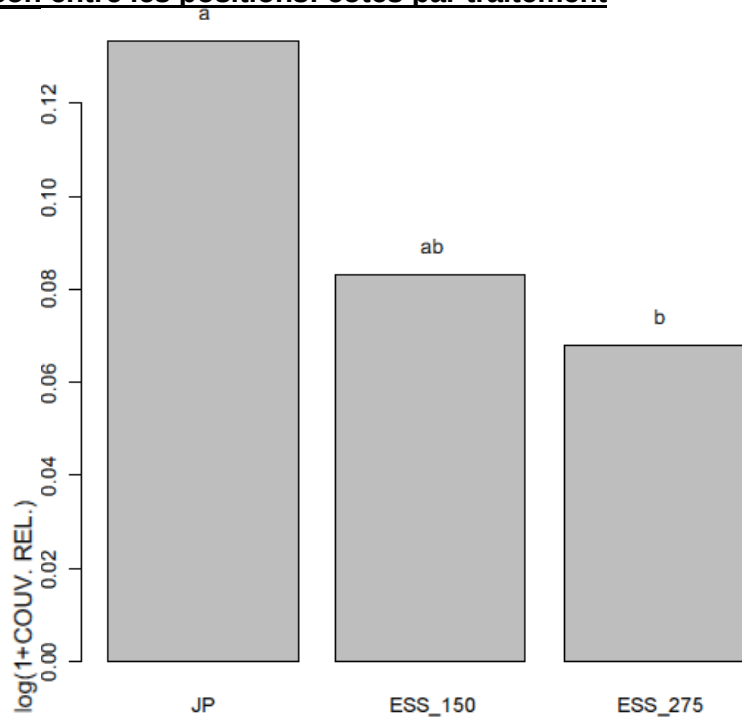


Figure 6: Comparaison entre les traitements, toutes positions confondues.

RÉSULTATS : Comparaison d'efficacité entre les traitements, positions et côtés confondus, sur la population de tétranyques pour le rang du centre.

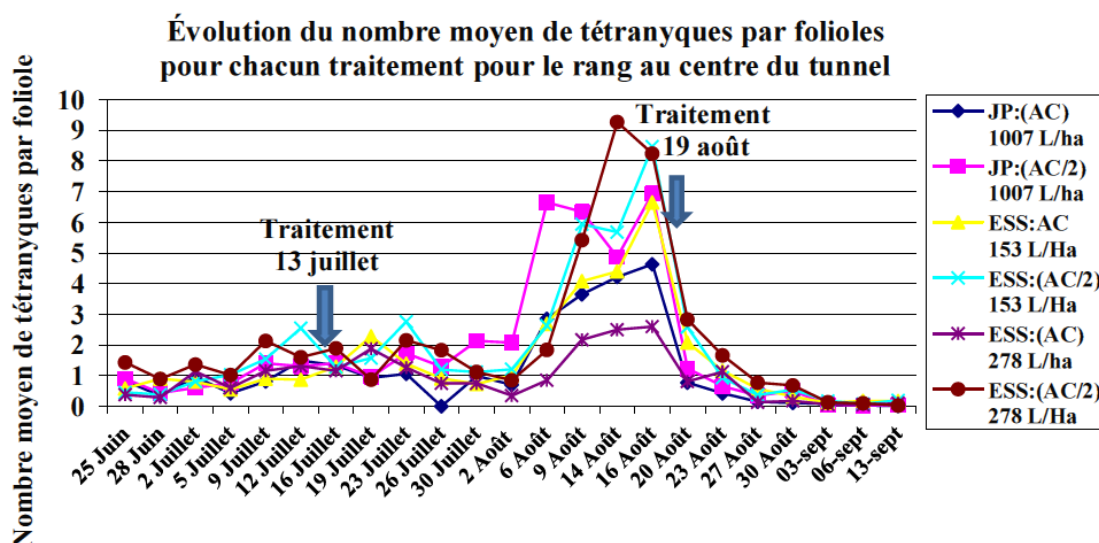
Le dépistage du tétranyque évalué en forme mobile/foliole a été réalisé deux fois par semaine. Les six traitements ont été réalisés avec l'acaricide Acramite (Bifénazate) le 13 juillet et 19 août 2012. Les traitements pour le rang au centre du tunnel sont représentés à la figure 7 ci-dessous. En se référant aux annexes II et III, l'analyse statistique s'est effectuée sur la variation de population de tétranyque après traitement et avant traitement. Ainsi, l'analyse des données du 1^{er} traitement (13 juillet) est la différence entre le niveau de tétranyques/foliole après le traitement (16,19, 23, 26, 30 juillet, 2 août) et celui avant traitement (12 juillet). Alors que pour le 2^e traitement (19 août), la différence est représentée par le niveau de tétranyques/foliole obtenue après le traitement du 19 août (soit 20, 23, 27, 30 août et 3,6, 13 septembre) et celui du 16 août. Selon les données des annexes III et IV, il n'y a aucun des six traitements où l'on a observé une différence statistiquement significative, à l'exception des résultats ($p < 0.05$) représentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3: Comparaison d'efficacité entre les traitements pour le rang du centre

19 juillet (rang du centre)	Électrostatique (850 g d'Acramite/ha) 278 l d'eau /Ha > Électrostatique 153 l/ha (850 g/ha d'Acramite)
2 août (rang du centre)	Tous les traitements > Jet porté à 1007 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite

En général, les traitements effectués avec le pulvérisateur électrostatique à raison de 153 et de 278 l/ha ont été aussi efficaces que le pulvérisateur à jet porté à raison de 1007 l d'eau/ha, peu importe la dose d'Acramite utilisée.

Figure 7: Effet des traitements sur le nombre de tétranyques par foliole.



Légende :

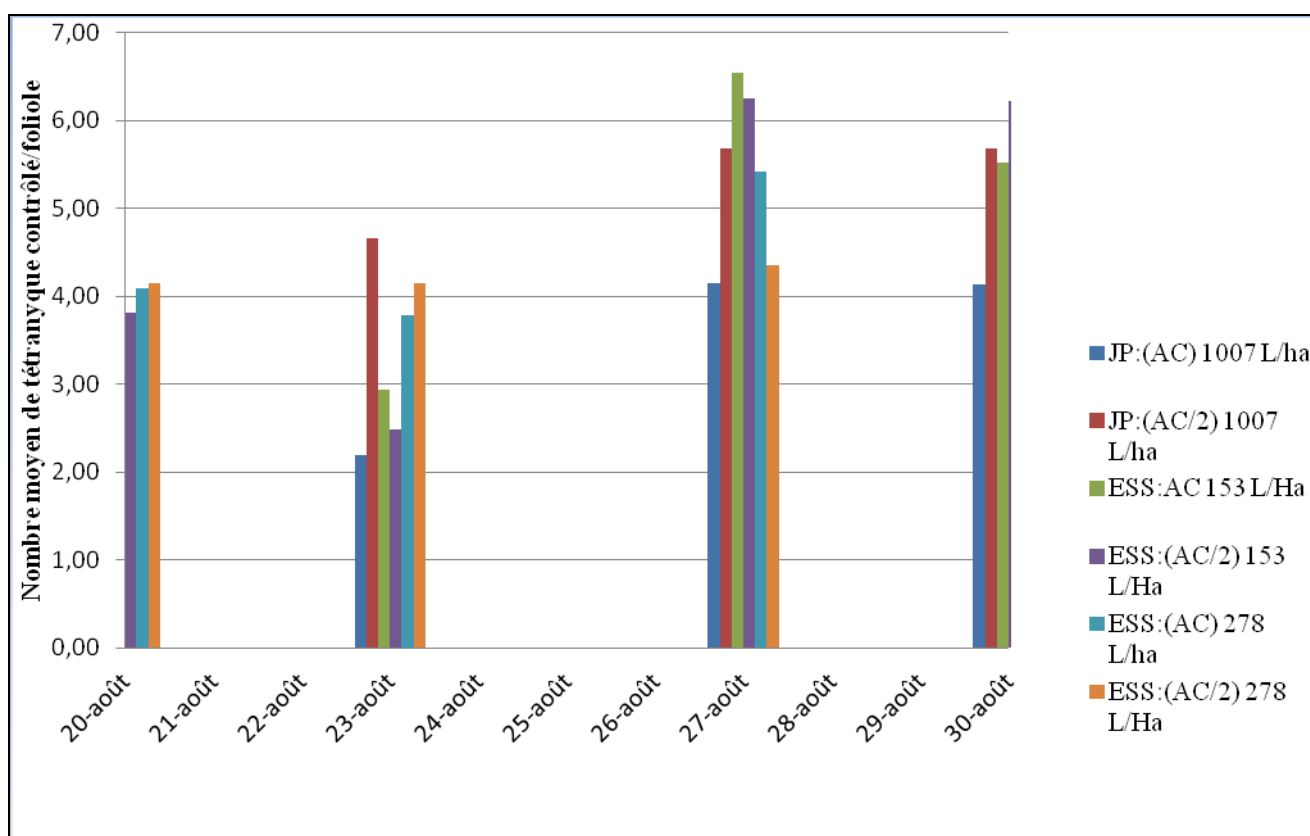
JP (AC) 1007l/ha : Pulvérisateur à jet porté à raison de 1000 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite
 JP (AC/2) 1007l/ha : Pulvérisateur à jet porté à raison de 1000 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite
 ESS (AC) 153l/ha : Pulvérisateur électrostatique raison de 153 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite

ESS (AC/2) 153l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 153 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite
ESS (AC) 278 l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 278 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite
ESS (AC/2) 278 l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 278 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite

RÉSULTATS : Comparaison d'efficacité entre les traitements, positions et côtés confondus, sur la population de tétranyques pour le rang extérieur.

Nous avons aussi effectué un dépistage des tétranyques pour le rang extérieur. Ce rang reçoit la pulvérisation seulement du côté tracteur (intérieur). Le niveau de population a été comptabilisé pour ce rang seulement pour le traitement du 19 août. Ainsi, aucune différence significative n'est signalée entre les traitements pour les 20, 23, 27 et 30 août. Cet exercice a été fait pour la position intérieure, extérieure, basse et haute du rang extérieur. Ces résultats se retrouvent aux annexes V, VI et sont représentés en valeur absolue à la figure 8 ci-dessous.

Figure 8: Nombre moyen de tétranyques contrôlé par les traitements du 19 août pour le rang extérieur



Légende :

JP (AC) 1007l/ha : Pulvérisateur à jet porté à raison de 1000 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramites

JP (AC/2) 1007l/ha : Pulvérisateur à jet porté à raison de 1000 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite

ESS (AC) 153l/ha : Pulvérisateur électrostatique raison de 153 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite

ESS (AC/2) 153l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 153 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite

ESS (AC) 278 l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 278 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite

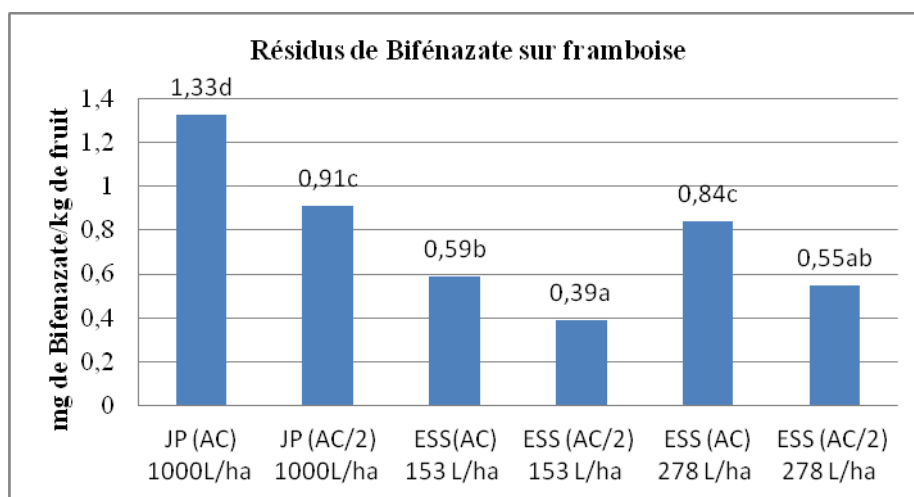
ESS (AC/2) 278 l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 278 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite.

RÉSULTATS : Analyse de résidus de bifénazate (ACRAMITE) sur les fruits

Une analyse de résidus de bifénazate (ACRAMITE) sur les fruits a été réalisée pour chacun des traitements une journée après la 2^e pulvérisation, c'est-à-dire le 20 août. Les résultats du laboratoire d'expertise en agroalimentaire, qui sont représentés à la figure 9 ci-dessous, démontrent que les résidus d'Acramite (Bifénazate) après la pulvérisation sur les fruits s'accroissent significativement ($p=0.0001$) avec la quantité de bouillie utilisée, ceci pour une même quantité de produit appliquée à l'hectare, soit 851 g/ha d'Acramite (AC) ou 450 g/ha d'Acramite (AC/2).

D'autre part, aucun des traitements n'a dépassé la limite maximum résiduelle fixée par Santé Canada à 5 mg de Bifemazate/kg de fruit pour la culture de framboise. La valeur moyenne plus élevée (1,33) a été obtenue avec le pulvérisateur à jet porté utilisant une quantité de 851 g d'Acramite/ha.

Figure 9: Effet du traitement sur la quantité de Bifénazate en mg/kg de fruit.



Légende :

JP (AC) 1007l/ha : Pulvérisateur à jet porté à raison de 1000 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramites

JP (AC/2) 1007l/ha : Pulvérisateur à jet porté à raison de 1000 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite

ESS (AC) 153l/ha : Pulvérisateur électrostatique raison de 153 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite

ESS (AC/2) 153l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 153 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite

ESS (AC) 278 l/ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 278 l d'eau/ha utilisant 850 g/ha d'Acramite

ESS (AC/2) 278 l/Ha : Pulvérisateur électrostatique à raison de 278 l d'eau/ha utilisant 450 g/ha d'Acramite.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

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, qui utilise une quantité plus importante d'eau. Ce critère peut représenter un bénéfice très appréciable en temps de pulvérisation pour le producteur. En effet, le pulvérisateur électrostatique utilise de trois à six fois moins d'eau selon le ravageur visé dans le cadre de nos essais. On peut se demander si le pulvérisateur à jet porté aurait obtenu une efficacité comparable si nous avions diminué la quantité d'eau dans la même proportion que le pulvérisateur électrostatique lors de nos essais.

D'autre part, la pulvérisation électrostatique n'a pas permis d'améliorer la couverture du feuillage à l'échelle du plant et le rapport de la quantité totale déposée sur le recto des feuilles au dépôt sur le verso des feuilles. Pour le pulvérisateur électrostatique, l'augmentation du taux d'application semble améliorer la pénétration dans le plant. Ces résultats se reflètent sur la quantité de résidus de Bifénazate (Acramite) laissée sur le fruit qui augmente avec la quantité de bouillie appliquée.

Aucun des traitements n'a permis de dépasser la limite maximum résiduelle (LMR) de pesticide fixée par Santé Canada à 5 mg de Bifemazate/kg de fruit pour la culture de framboise.

Il serait pertinent de refaire les essais, mais cette fois en s'assurant d'un réglage optimal des pulvérisateurs en fonction de la culture. En effet, nous avons noté certaines lacunes sur l'uniformité du débit des buses et leurs orientations pour les 2 marques de pulvérisateur (annexe IX). En autres, le débit des buses du pulvérisateur électrostatique était plus faible à mi-hauteur et son chevauchement ne semblait pas uniforme, lors qu'avec le pulvérisateur à jet porté, deux buses sur huit dénotaient un débit beaucoup plus faible que la moyenne.

Finalement, aucune mesure de la micro distribution des gouttelettes sur les surfaces foliaires n'a été faite. Comme la pulvérisation électrostatique résulte en une pulvérisation très fine, il faut s'attendre à une amélioration de la micro distribution, là où la bouillie se rend dans le plant. Un petit test d'immunofluorescence a été effectué en septembre sans protocole déterminé. Les photos de faible qualité prises après l'application sous lumière fluorescente nous laissent percevoir peu de gouttelettes colorées au verso des feuilles (annexe X). Il serait intéressant d'approfondir cette technique dans une prochaine étude.

Il serait également intéressant de réévaluer l'efficacité de cette technologie sur un ravageur en condition extérieure. Ce faisant, il serait possible de mieux établir les avantages relatifs de chaque technologie pour la pulvérisation de culture en rangée, tels que la framboise, le bleuet ou la vigne.

POINT DE CONTACT

François Demers agr.

Club Les Productions Écolo-Max

418-563-0385

demers_francois@sympatico.ca

PARTENAIRES FINANCIERS ET REMERCIEMENTS

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 et Jean-François Pothier (BSL); Christian Lacroix, agr., Marlène Piché, Bernard Panneton, chercheur, (ACC) pour leur expertise en pulvérisation.

ANNEXE III : Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 13 juillet pour le rang du centre.

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 13 juillet pour l'échantillonnage moyen du haut du plant											
Traitement	16-juil		19-juil		23-juil		26-juil		30-juil		02-août
1	-0,50	a	-0,64	a	-0,75	a	-0,94	a	-0,73	a	-0,95
2	-0,58	a	-0,68	a	-0,95	a	-0,59	a	0,30	a	0,66
3	0,61	a	0,16	a	-0,46	a	-0,43	a	-0,28	a	-0,03
4	-0,78	a	0,49	a	-0,79	a	-0,99	a	-0,25	a	-0,01
5	-0,71	a	-0,56	a	-1,18	a	-1,24	a	-1,06	a	-1,14
6	-0,09	a	-0,46	a	-1,20	a	-0,48	a	-0,46	a	-0,53

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 13 juillet pour l'échantillonnage moyen du bas du plant											
Traitement	16-juil		19-juil		23-juil		26-juil		30-juil		02-août
1	0,18	a	-0,49	ab	2,08	a	1,38	a	-0,26	a	-0,64
2	0,79	a	-0,01	ab	1,80	a	0,61	a	1,40	a	0,89
3	0,23	a	2,40	b	1,51	a	0,29	a	0,01	a	0,00
4	0,24	a	-0,44	ab	3,20	a	0,29	a	-0,60	a	-0,66
5	0,43	a	1,64	b	1,08	a	0,11	a	-0,05	a	-0,79
6	0,56	a	-1,11	a	2,16	a	0,80	a	-0,64	a	-1,11

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 13 juillet pour l'échantillonnage total du plant											
Traitement	16-juil		19-juil		23-juil		26-juil		30-juil		02-août
1	-0,16	a	-0,56	a	0,67	a	0,22	a	-0,50	a	-0,80
2	0,11	a	-0,35	a	0,43	a	0,01	a	0,85	a	0,78
3	0,42	a	1,28	a	0,53	a	-0,07	a	-0,13	a	-0,01
4	-0,27	a	0,03	a	1,21	a	-0,35	a	-0,43	a	-0,34
5	-0,15	a	0,54	a	-0,05	a	-0,57	a	-0,56	a	-0,97
6	0,24	a	-0,79	a	0,48	a	0,17	a	-0,55	a	-0,82

ANNEXE IV : Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour le rang du centre.

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen du haut du plant														
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août		03-sept		06-sept		13-sept	
1	-3,69	a	-4,09	a	-4,43	a	-4,41	a	-4,61	a	-4,61	a	-4,61	a
2	-3,44	a	-3,58	a	-4,88	a	-4,66	a	-4,96	a	-4,98	a	-4,98	a
3	-3,76	a	-5,73	a	-6,28	a	-6,46	a	-6,53	a	-6,53	a	-6,46	a
4	-5,56	a	-6,96	a	-8,49	a	-8,78	a	-8,73	a	-8,88	a	-8,93	a
5	-1,26	a	-0,71	a	-1,65	a	-1,73	a	-1,73	a	-1,58	a	-1,50	a
6	-6,28	a	-6,06	a	-8,40	a	-7,71	a	-8,48	a	-8,56	a	-8,56	a

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen du bas du plant														
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août		03-sept		06-sept		13-sept	
1	-4,01	a	-4,19	a	-4,51	a	-4,38	a	-4,48	a	-4,58	a	-4,60	a
2	-7,35	a	-7,48	a	-8,30	a	-8,39	a	-8,80	a	-8,81	a	-8,80	a
3	-5,39	a	-5,04	a	-5,89	a	-6,18	a	-6,59	a	-6,44	a	-6,50	a
4	-6,20	a	-6,89	a	-7,70	a	-7,13	a	-7,84	a	-7,88	a	-7,60	a
5	-2,31	a	-2,11	a	-3,28	a	-3,11	a	-3,28	a	-3,24	a	-3,18	a
6	-4,55	a	-4,40	a	-7,51	a	-7,28	a	-7,73	a	-7,59	a	-7,63	a

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen total du plant														
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août		03-sept		06-sept		13-sept	
1	-3,85	a	-4,14	a	-4,47	a	-4,40	a	-4,55	a	-4,60	a	-4,61	a
2	-5,40	a	-5,53	a	-6,59	a	-6,53	a	-6,89	a	-6,90	a	-6,89	a
3	-4,58	a	-5,39	a	-6,09	a	-6,32	a	-6,56	a	-6,49	a	-6,48	a
4	-5,88	a	-6,93	a	-8,10	a	-7,95	a	-8,28	a	-8,38	a	-8,27	a
5	-1,79	a	-1,41	a	-2,47	a	-2,42	a	-2,50	a	-2,41	a	-2,34	a
6	-5,42	a	-5,24	a	-7,96	a	-7,50	a	-8,10	a	-8,08	a	-8,10	a

ANNEXE V : Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour le rang extérieur à différentes positions (Mh, Mb, Mi, Me).

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen du haut du plant (Mh)								
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août	
JP:(AC) 1007 L/ha	-1,94	a	-1,96	a	-3,88	a	-4,20	a
JP:(AC/2) 1007 L/ha	-4,83	a	-4,81	a	-6,03	a	-6,13	a
ESS:AC 153 L/Ha	-0,76	a	-1,59	a	-5,93	a	-5,63	a
ESS:(AC/2) 153 L/Ha	-3,84	a	-2,51	a	-6,19	a	-5,80	a
ESS:(AC) 278 L/ha	-4,36	a	-4,34	a	-5,51	a	-5,78	a
ESS:(AC/2) 278 L/Ha	-5,75	a	-5,75	a	-5,65	a	-7,03	a

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen du bas du plant (Mb)								
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août	
JP:(AC) 1007 L/ha	-2,61	a	-2,40	a	-4,41	a	-4,06	a
JP:(AC/2) 1007 L/ha	-4,51	a	-4,51	a	-5,33	a	-5,23	a
ESS:AC 153 L/Ha	-2,30	a	-4,28	a	-7,16	a	-5,40	a
ESS:(AC/2) 153 L/Ha	-3,79	a	-2,44	a	-6,31	a	-6,64	a
ESS:(AC) 278 L/ha	-3,83	a	-3,23	a	-5,31	a	-5,18	a
ESS:(AC/2) 278 L/Ha	-2,55	a	-2,54	a	-3,04	a	-3,83	a

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen du côté intérieur du rang (Mi)								
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août	
JP:(AC) 1007 L/ha	-4,50	a	-4,29	a	-4,85	a	-4,80	a
JP:(AC/2) 1007 L/ha	-7,23	a	-7,23	a	-7,31	a	-7,29	a
ESS:AC 153 L/Ha	-3,81	a	-3,60	a	-4,06	a	-3,79	a
ESS:(AC/2) 153 L/Ha	-5,75	a	-5,96	a	-7,11	a	-7,24	a
ESS:(AC) 278 L/ha	-4,65	a	-4,86	a	-4,96	a	-5,11	a
ESS:(AC/2) 278 L/Ha	-5,00	a	-5,00	a	-3,04	a	-5,23	a

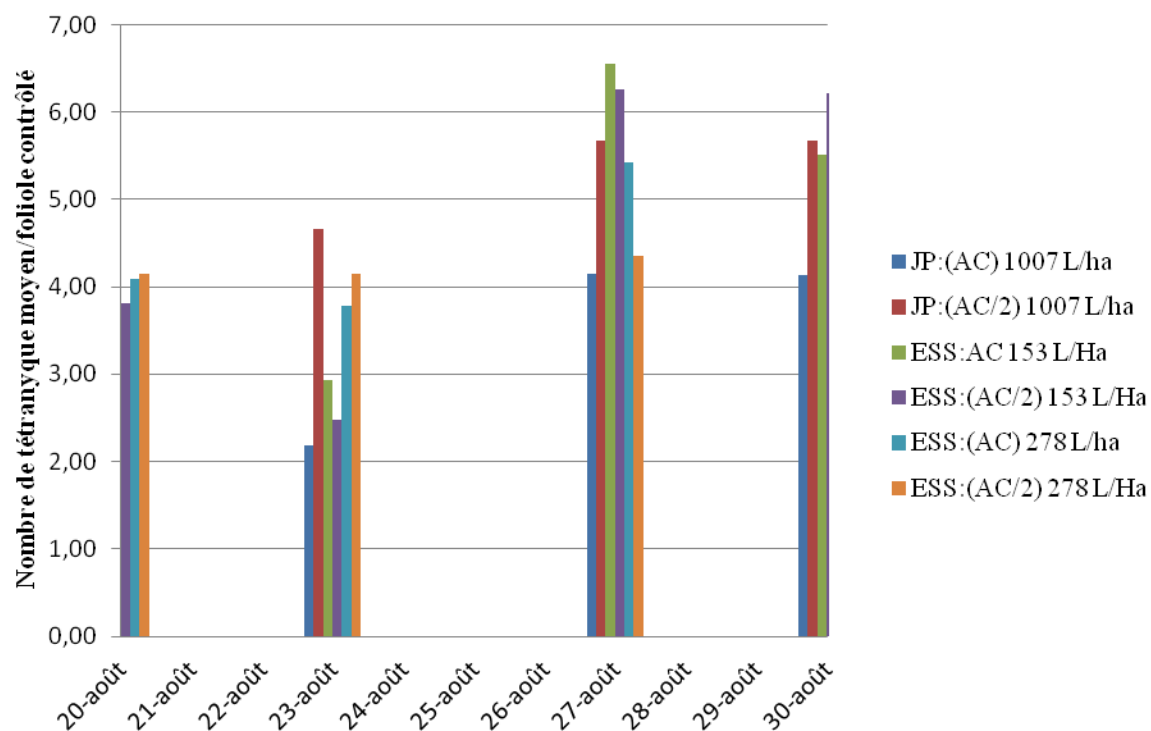
Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen du côté extérieur du rang (Me)								
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août	
JP:(AC) 1007 L/ha	-0,05	a	-0,08	a	-3,44	a	-3,46	a
JP:(AC/2) 1007 L/ha	-2,11	a	-2,10	a	-4,04	a	-4,06	a
ESS:AC 153 L/Ha	0,75	a	-2,26	a	-9,03	a	-7,24	a

ESS:(AC/2) 153 L/Ha	-1,88	a	1,01	a	-5,39	a	-5,20	a
ESS:(AC) 278 L/ha	-3,54	a	-2,70	a	-5,86	a	-5,84	a
ESS:(AC/2) 278 L/Ha	-3,30	a	-3,29	a	-5,65	a	-5,63	a

ANNEXE VI : Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen total du plant pour le rang extérieur.

Variation de la population de tétranyques en forme mobile/foliole depuis le traitement du 19 août pour l'échantillonnage moyen total du plant								
Traitement	20-août		23-août		27-août		30-août	
JP:(AC) 1007 L/ha	-2,28	a	-2,19	a	-4,15	a	-4,14	a
JP:(AC/2) 1007 L/ha	-4,67	a	-4,66	a	-5,68	a	-5,68	a
ESS:AC 153 L/Ha	-1,53	a	-2,93	a	-6,55	a	-5,52	a
ESS:(AC/2) 153 L/Ha	-3,82	a	-2,48	a	-6,25	a	-6,22	a
ESS:(AC) 278 L/ha	-4,10	a	-3,79	a	-5,42	a	-5,48	a
ESS:(AC/2) 278 L/Ha	-4,15	a	-4,15	a	-4,35	a	-5,43	a

**Nombre de tétranyque moyen contrôlé
par les traitements du 19 août pour le rang extérieur.**



ANNEXE VII



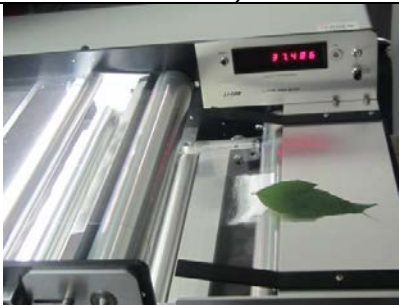
**Pulvérisateur conventionnel
à jet porté de marque FMC**

**Pulvérisateur électrostatique
de marque BSL**



Framboisier sous tunnel Traitement du rang du centre lors de nos essais	À l'intérieur du tunnel après une pulvérisation
---	---

ANNEXE VIII

	
Feuilles artificielles sur plant de framboise	Récoltes des feuilles naturelles et artificielles après pulvérisation
	
Feuilles artificielles (feuilles d'aluminium avec pétiole en cuivre)	Feuille artificielle sur laquelle se déposent des gouttelettes de colorant alimentaire après une pulvérisation
	
Planimètre Instrument qui permet de mesurer la surface de nos feuilles naturelles	Les feuilles recueillies au champ avec le dépôt de colorant étaient placées dans un sac ziploc, tremper dans une quantité d'eau connue

	
Brasseur automatique Les feuilles étaient brassées à intervalle de 10 min pour être doser par le spectro par la suite.	Spectro (Biochrome Libra S22) <i>Instrument de mesure d'absorbance du colorant alimentaire recueillie sur nos feuilles</i>

Annexe IX : Étalonnage

Pulvérisateur électrostatique

	Temps sur 50 m	Vitesse
Vitesse	sec	km/hre
L4	52,7	3,42
H1	41	4,39
H2	29	6,21

Fond du réservoir: 5,5 L

Débit moyen calculé par buse du pulvérisateur électrostatique
(10 buses à gauche +10 buses à droite=20 buses)

Distance de centre à centre des rangs = 2,4 m
de framboises

$$Q = \frac{D * 60000}{L * V}$$

Q: Taux (L/Ha)

D: Débit (L/min)

V: Vitesse (km/hre)

L: Largeur de recouvrement des buses (cm)

Voici les 2 taux à l'hectare que nous avons retenues
avec les 2 vitesses

Q1= 149 L/Ha
D1= 3,7 L/min
V2= 6,21 km/hre
L1= 240 cm

Q2= 271 L/Ha
D2= 3,7 L/min
V2= 3,42 km/hre
L2= 240 cm

Par buse	Par buse	Total des buses
ml/30 sec	L/min	L/min
92,5	0,185	3,7

		ml/30 sec			
Gauche	Buse 10	95	95	Buse 20	Droite
Gauche	Buse 9	100	100	Buse 19	Droite
Gauche	Buse 8	110	115	Buse 18	Droite
Gauche	Buse 7	65	70	Buse 17	Droite
Gauche	Buse 6	85	75	Buse 16	Droite
Gauche	Buse 5	70	80	Buse 15	Droite
Gauche	Buse 4	80	100	Buse 14	Droite
Gauche	Buse 3	90	100	Buse 13	Droite
Gauche	Buse 2	115	100	Buse 12	Droite
Gauche	Buse 1	105	100	Buse 11	Droite
		915	935		
		Total=		1850	

Pulvérisateur à Jet porté

Fond du réservoir: 0 L

Débit moyen calculé par buse du pulvérisateur conventionnel (4 buses à gauche + 4 buses à droite=8 buses)

		ml/30 sec
Gauche	Buse 1	1090
Gauche	Buse 2	970
Gauche	Buse 3	590
Gauche	Buse 4	1550
Droite	Buse 5	1930
Droite	Buse 6	600
Droite	Buse 7	1090
Droite	Buse 8	1020

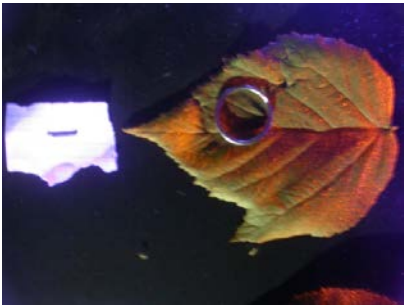
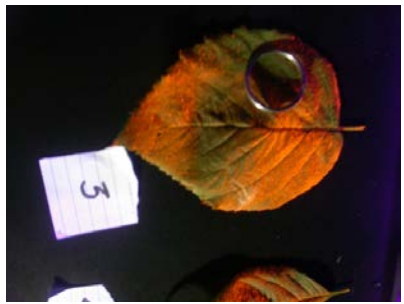
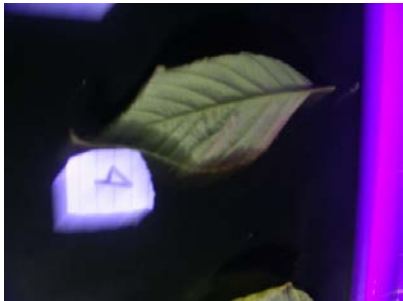
Débit moyen par buse 1105

Par buse	Par buse	Total des buses
ml/30 sec	L/min	L/min
1105	2,21	17,68

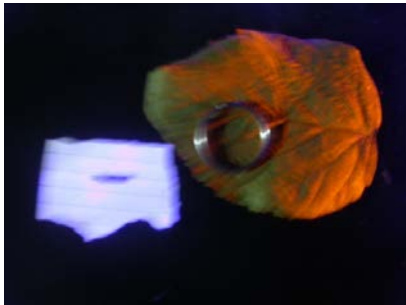
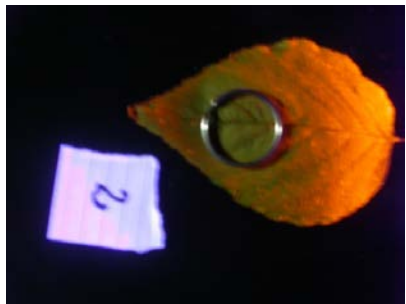
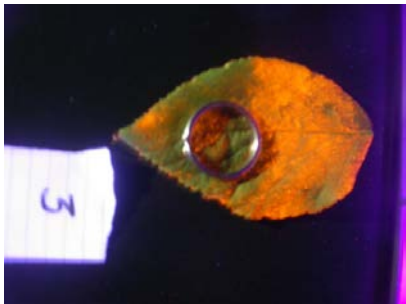
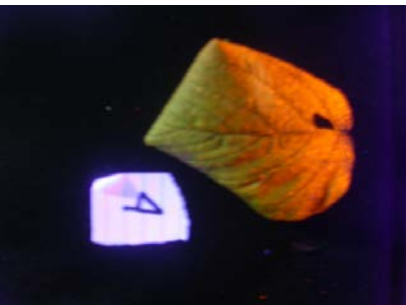
Voici le taux à l'hectare que nous avons retenu pour le pulvérisateur conventionnel

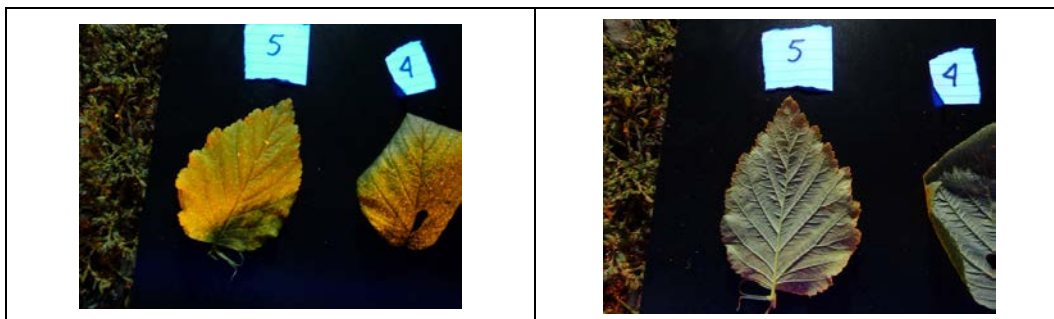
Q1= 1007 L/Ha
D1= 17,68 L/min
V2= 4,39 km/hre
L1= 240 cm

ANNEXE X: Test d'immunofluorescence

Feuilles de framboises échantillonnées en bas des plants du côté pulvérisateur	
Recto des feuilles	Verso des feuilles
	
	
	
	

ANNEXE X (Suite): Test d'immunofluorescence

Feuilles de framboises échantillonnées en haut des plants du côté pulvérisateur	
Recto des feuilles	Verso des feuilles
	
	
	
	



Annexe XI : Schéma du pulvérisateur électrostatique

