INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

REVUE DE LITTÉRATURE

LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES, UN RAVAGEUR DES PETITS FRUITS AU QUÉBEC

Annabelle Firlej, Ph.D.
Franz Vanoosthuyse, M.Sc.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Août 2017

INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations (MEIE).

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille à chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

Notre mission

L'IRDA a pour mission de réaliser des activités de recherche, de développement et de transfert en agroenvironnement visant à favoriser l'innovation en agriculture, dans une perspective de développement durable.

Notre vision

En 2017, l'IRDA est reconnue à l'échelle canadienne comme un chef de file en recherche, développement et transfert en agroenvironnement. L'IRDA se démarque par son approche intégrée et par le dynamisme de ses partenariats qui lui permettent d'anticiper les problèmes et de proposer des solutions novatrices répondant aux besoins des agriculteurs et de la société.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

AUTEURS DU RAPPORT

- Annabelle Firlej, Ph. D. IRDA
- Franz Vanoosthuyse, M. Sc. IRDA

COLLABORATEURS

- Daniel Cormier, Ph. D. IRDA
- Christian Lacroix, Agr. MAPAQ
- Liette Lambert, Agr. MAPAQ
- Jean-Philippe Légaré, M. Sc. MAPAQ
- Elisabeth Ménard, B. Sc. IRDA
- Stéphanie Tellier, M.Sc., Agr. MAPAQ

RÉVISEUR EXTERNE

- Jean-Philippe Parent, Ph. D. AAC

REMERCIEMENTS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011 2021

Québec

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.

LE RAPPORT PEUT ÊTRE CITÉ COMME SUIT :

Firlej, A. et F. Vanoosthuyse. 2017. La drosophile à ailes tachetées, un ravageur des petits fruits au Québec. Synthèse bibliographique. IRDA et partenaires. 93 pages.

© Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

TABLE DES MATIÈRES

1 PRÉAMBULE 1
2 BIOLOGIE DE LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES, *DROSOPHILA SUZUKII* 2
2.1 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE 2
2.2 CYCLE DE VIE, DÉVELOPPEMENT ET REPRODUCTION 5
2.2.1 CYCLE DE VIE 5
2.2.2 DÉVELOPPEMENT ET REPRODUCTION 9
2.3 HIVERNATION 16
2.4 PLANTES HÔTES 18
2.4.1 INVENTAIRE DES PLANTES HÔTES 18
2.4.2 CARACTÉRISTIQUES DES PLANTES HÔTES 26
2.5 MÉTHODE DE DÉPISTAGE 32
2.5.1 PIÉGEAGE 32
2.5.2 ÉVALUATION DES INFESTATIONS 41
2.5.3 SEUIL ÉCONOMIQUE 42
3 MÉTHODE DE LUTTE 43
3.1 LUTTE PAR INSECTICIDES 43
3.1.1 INSECTICIDES CONVENTIONNELS ET BIOLOGIQUES 43
3.1.2 AJOUT DE SUBSTANCES ATTRACTIVES 47
3.1.3 FACTEURS POUVANT MODULER LES APPLICATIONS PHYTOSANITAIRES 48
3.2 LUTTE PHYSIQUE 50
3.2.1 COUVRE-SOL 50
3.2.2 TAILLE 51
3.2.3 FILETS 51
3.3 LUTTE BIOLOGIQUE 53
3.4 AUTRES MÉTHODES 57
3.4.1 FRÉQUENCE DE CUEILLETTES 57
3.4.2 MESURES D'HYGIÈNES 58
3.4.3 VARIÉTÉ HÂTIVES 59
3.4.4 LUTTE ATTRACTICIDE 62

3.4.5 PUSH-PULL 64
3.4.6 PIÉGEAGE DE MASSE 66
3.4.7 LÂCHERS D'INSECTES STÉRILES ET AUTRES TECHNIQUES GÉNÉTIQUES 69
4 CONCLUSION ET PISTES DE RECHERCHE 72
4.1 CONCLUSION 72
4.2 PISTES DE RECHERCHE 74
5 ÉQUIPES DE RECHERCHE ET PROJETS EN COURS 75
6 RÉFÉRENCES 81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Première mention de *D. suzukii* dans son aire d'origine et son aire d'introduction. 2

Tableau 2 : Degrés-jours pour les stades /étapes clef de *D. suzukii* selon les résultats de Tochen *et al.* (2014) (Tiré de Wiman *et al.* 2016). 4

Tableau 3 : Plantes hôtes cultivées et alternatives connues à travers le monde permettant le développement de *D. suzukii*. 20

Tableau 4 : Nombre moyen d'œufs pondus par femelle *D. suzukii* en 24 h et nombre moyen d'adultes produits dans différents stade de maturité de trois variétés de bleuets en corymbe (Tiré de Lee *et al.* 2011). 28

Tableau 5 : Comparaison de l'impact économique de *D. suzukii* avant et après l'implantation de mesure de lutte intégrée dans la région de Trentino, Italie (Tiré de De Ros *et al.* 2015). 32

Tableau 6 : Types de piège utilisés pour le dépistage de *D. suzukii* en Amérique du Nord et Europe. 34

Tableau 7 : Pourcentage de mortalité des adultes de *D. suzukii* après 24h suite à une application directe du produit phytosanitaire ou un contact avec un fruit traité (Tiré de Bruck *et al.* 2011). 43

Tableau 8 : Pourcentage de *D. suzukii* échappant d'un cylindre dont l'extrémité est recouverte d'un filet de différentes tailles de maille (Tiré de Grassi *et al.* 2016). 51

Tableau 9 : Liste des parasitoïdes s'attaquant à *D. suzukii*. 55

Tableau 10 : Liste des prédateurs attaquant *D. suzukii*. 56

Tableau 11 : Liste des pathogènes attaquant *D. suzukii*. 57

Tableau 12 : Périodes de fructification de différentes variétés de framboise au Québec et périodes de susceptibilité à *D. suzukii* au Québec (Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production). 60

Tableau 13 : Périodes de fructification de différentes variétés de bleuet en corymbe au Québec et périodes de susceptibilité à *D. suzukii* (Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production). 60

Tableau 14 : Périodes de fructification de différentes variétés de la fraise au Québec et périodes de susceptibilité à *D. suzukii* (Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production). 61

Tableau 15 : Liste des projets répertoriés sur *D. suzukii* en Europe, Asie et Amérique du Nord suite à un sondage auprès d'une centaine d'intervenants en recherche. 77

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Flux de populations de *D. suzukii* illustrant les routes possibles d'invasion (Tiré de Fraimout *et al.* 2017) (aire d'origine=gris; date=première année d'observation; carré=population avec étranglement génétique faible; losange= population avec étranglement génétique modéré; triangle= population avec étranglement génétique fort; les couleurs des symboles et des flèches indiquent différent groupes génétiques et les flèches indiquent les routes d'invasion les plus probables; A1–A5=cinq événements de mélanges différents : A1=Hawaii + sud-est de la Chine, A2=Watsonville (ouest des USA)+Hawaii, A3=sud de l'Europe+est des USA, A4=ouest des USA+est des USA, A5=sud de l'Europe+nord de l'Europe; O1–O3=sources les plus probable à l'intérieur de l'aire d'origine : O1=Japon, O2=sud-est de la Chine, O3=nord-est de la Chine). 5

Figure 2 : Oeuf de *D. suzukii* (Crédit : F. Vanoosthuyse). 6

Figure 3 : Larve de *D. suzukii* (Crédit : Laboratoire d'expertise de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ). 7

Figure 4 : Mandibules des trois stades larvaires de *D. suzukii* (Tiré de Jakobs *et al.* 2017). A : premier stade; B : deuxième stade; C=troisième stade. 7

Figure 5 : Pupes de *D. suzukii* avec les stigmates en forme d'étoile (flèche) (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ). 7

Figure 6 : A) mâle et femelle de *D. suzukii*; B) peignes sexuels noirs sur la patte antérieur du mâle; C) pvipositeur en forme de scie dentelée de la femelle (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ). 8

Figure 7 : a) Mortalité des adultes de *D. suzukii* en fonction de la température et b) de l'humidité relative (Tiré de Gutierrez *et al.* 2015). 10

Figure 8 : Nombre moyen d'oeufs pondus par jour par les femelles *D. suzukii* à différentes humidités relatives (Tiré de Torchen *et al.* 2015)..... 10

Figure 9 : Comportement de parade nupiale chez *D. suzukii* a) le mâle s'oriente vers la femelle, ouvre et ferme ses ailes et bouge son abdomen pour produire les «toots» b) le mâle tape la femelle avec une patte antérieure c) le mâle déploie ses ailes et tourne autour de la femelle d) le mâle se déplace vers l'arrière de la femelle et déploie une ou les ailes (Tiré de Revadi *et al.* 2015). 11

Figure 10 : Pourcentage d'accouplement (carré orange) et quantité d'hydrocarbones cuticulaires (point noir) en fonction de l'âge des femelles de *D. suzukii* (en jours) (Tiré de Revadi *et al.* 2015)..... 12

Figure 11 : Pourcentage de femelles vierges de quatre jours accouplées par un mâle vierge d'âge variable de *D. suzukii* (trois femelles étaient proposées à chaque mâle) (Firlej, non publié)..... 13

Figure 12 : Oeufs déposés sur des fruits avec seuls les filaments dépassant (Crédit : F. Vanoosthuyse).. 14

Figure 13 : Fraises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de Oregon state, 2010).. 15

Figure 14 : Framboises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de Oregon state, 2010). 15

Figure 15 : Bleuets infestés par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de Oregon state, 2010). .. 16

Figue 16 : A) Mâle et femelle de *D. suzukii* de morphotype d'été ou d'hiver et B) proportion des morphotypes d'hiver et d'été dans les échantillonnages de pièges de août à décembre 2011 à Hood River (Oregon, USA)(Tiré de Shearer *et al.* 2016). 18

Figure 17 : Nombre de larves de *D. suzukii* par fruits observés fin août en Suisse (Tiré de Taskforce suzukii 2016). 27

Figure 18 : Nombre d'œufs de *D. suzukii* pondus en fonction de la fermeté du fruit (mg), RE= *Vaccinium virgatum* Aiton et HB= *Vaccinium corymbosum* L. (Tiré de Kinjo *et al.* 2013). 29

Figure 19 : Préférence de *D. suzukii* pour les fruits cultivés. 31

Figure 20 : Nombre de *D. suzukii* capturées dans des pièges Déli-cup de quatres couleurs différentes dans un champ de framboise d'automne en Ontario (Tiré de Renkema *et al.* 2014). 37

Figure 21: Nombre de *D. suzukii* par piège en fonction du type de piège, de son volume d'attractif et du renouvellement de l'attractif. Des lettres différentes indiquent une différence significative à $p<0,05$ avec un test de Tukey-Kramer (Tiré de Renkema *et al.* 2014). 38

Figure 22 : Nombre total de *D. suzukii* adulte capturé par piège en fonction des appâts et selon les semaines d'échantillonnage (Tiré de Lanoue Piché 2014). 40

Figure 23 : Matériel pour la réalisation de tests de sel (Crédit photographique : A. Firlej). 41

Figure 24 : Résultat d'un sondage sur l'efficacité moyenne (±SE) de 22 insecticides contre *D. suzukii* dans différentes cultures. (0=pas d'effet, 1=peu efficace; 2= faible; 3=bon et 4= excellent) (Isaacs 2013). 45

Figure 25 : Nombre d'oeufs et larves de *D. suzukii* observées dans des fruits (Tiré de Baroffio *et al.* 2017a) 46

Figure 26 : Fruits avec résidus de chaux appliquée en fin de journée (Tiré de Baroffio *et al.* 2016) 47

Figure 27 : A) Nombre de d'adultes de *D. suzukii* capturé en juillet ou B) en octobre dans des pièges Profatec avec couvercle rouge et Profatec avec couvercle lumineux en 2016 en Suisse (Tiré de Kuonen *et al.* 2017). 49

Figure 28 : (A) Filet d'exclusion en mono-rang installé en bleuetière au Québec (Tiré de Cormier *et al.* 2015) (B) et filet d'exclusion en mono-rang utilisé en ceriseraie en France (Tiré de Charlot *et al.* 2014). 52

Figure 29 : Pourcentage d'infestation des fruits par *D. suzukii* dans une parcelle de framboise 'Tulameen' protégée par des filets (Tiré de Grassi 2016). 52

Figure 30 : Filet d'exclusion en mono-parcelle installé en Suède (Tiré de Svensson *et al.* 2017). 53

Figure 31 : Photos de A) *Leptopilina heterotoma*, B) *Asobara tabida*, C) *Trichopria drosophilae* et D) *Pachycrepoideus vindemia*. 55

Figure 32 : Photos de A) *Anthocoris nemoralis*, B) *Dalotia coriaria*, C) *Labidura riparia* et D) *Orius insidiosus*. 56

Figure 33 : Pourcentage de framboises d'automne infestées par des œufs ou larves de *D. suzukii* durant une saison selon la fréquence de cueillette en A) 2015 et B) 2016 (des lettres différentes indiquent des différences significatives à $\alpha = 0,05$) (Tiré de Leach *et al.* 2017). 58

Figure 34 : Période de récolte de 14 variétés de bleuets différentes et taux d'infestation des fruits (Tiré de Hampton *et al.* 2014). 59

Figure 35 : Couleurs, formes et tailles testées pour développer un outil de lutte attracticide contre *D. suzukii* (Tiré de Leskey 2014) 62

Figure 36 : Effet des A) couleurs, B) formes et C) tailles de sphères sur le nombre de *D. suzukii* capturées (Tiré de Rice *et al.* 2016). 63

Figure 37 : Nombre de *D. suzukii* collectés dans les fruits lors d'essais de sphères attractives appâtés et enduites d'un insecticide placées tous les trois mètres en comparaison à une régie producteur conventionnelle (Leskey 2014). 63

Figure 38 : Disque utilisé pour la méthode de lutte attracticide (A) et lorsque placé en champs après 4 mois (B) (tiré de Jentsch 2016). 64

Figure 39 : Illustration de la stratégie « push-pull » (Tiré de Cook *et al.* 2007). 65

Figure 40 : Efficacité moyenne des pièges additionnés d'huiles essentielles comparativement à des pièges témoins (plus l'histogramme s'approche de 100, plus l'huile est répulsive) (tiré de Ondet et Gorsik 2015). 66

Figure 41 : Différentes phases du piégeage de masse utilisé en Suisse (Tiré de Baroffio *et al.* 2013). 68

Figure 42 : Principe de l'interférence ARN (Tiré de https://vulgariz.com/medecine-sante/cancer/nouvelle-avancee-dans-la-therapie-personnalisee-contre-le-cancer/) 71

Figure 43 : Stratégie provisoire de gestion de *D. suzukii.* 73

1 PRÉAMBULE

La drosophile à ailes tachetées, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera : Drosophilidae), un nouveau ravageur observé au Québec pour la première fois en 2010, impose de nouveaux défis à l'industrie des petits fruits. Cette mouche à fruits attaque tous les petits fruits cultivés à peau molle en mûrissement. Ses capacités de reproduction impressionnantes, sa rapidité de développement et ses stades larvaires inatteignables par les insecticides dans le fruit rendent la lutte à ce ravageur difficile. La lutte chimique est aujourd'hui la méthode la plus utilisée pour contrôler les populations de ce ravageur. Parce que la littérature foisonne d'articles sur *D. suzukii* et que les équipes de recherche travaillant sur cet insecte se multiplient, il devient difficile pour les différents intervenants du secteur petits fruits de se tenir au courant des connaissances sur ce ravageur et des méthodes de lutte alternatives efficaces. Ce document se veut une synthèse de la recherche des neuf dernières années, depuis l'arrivée de *D. suzukii* sur le continent Nord Américain en 2008.

2 BIOLOGIE DE LA DROSOPHILE À AILES TACHETÉES, *DROSOPHILA SUZUKII*

2.1 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

Drosophila suzukii est une espèce endémique d'Asie et elle a été reportée pour la première fois au Japon en 1916, causant alors des dommages aux cultures de cerises (Walsh *et al.* 2011). Il s'agit d'une espèce devenue envahissante en Europe et en Amérique du Nord depuis 2008 (Tabl. 1) (Cini *et al.* 2012). Elle a été observée pour la première fois sur le continent américain en Californie en 2008 en cultures de fraise, framboise et mûre (Bolda *et al.* 2010; Hauser 2011). Elle a fait son entrée au Canada en 2009, en Colombie-Britannique et au Québec à l'été 2010 (ACIA 2012). En plus d'être présente dans les cultures de fraise, framboise, bleuet et mûre, elle a été observée dans des pièges en cultures de pomme, raisin, nectarine, pêche, poire, prune, kaki, figue, canneberge et kiwi (Bolda *et al.* 2010; Walsh *et al.* 2011), mais elle ne s'attaque pas forcément à toutes ces cultures. Depuis 2013, *D. suzukii* a atteint l'Amérique du Sud (Deprá *et al.* 2014).

Tableau 1 : Première mention de *D. suzukii* dans son aire d'origine et son aire d'introduction.

PAYS	ANNÉES	RÉFÉRENCES
Inde	n.d.[§]	Singh et Negi 1987
Népal	n.d.	Toda 1991
Pakistan	n.d.	Amin ud Din *et al.* 2005
Russie	n.d.	Calabria *et al.* 2012
Taiwan	n.d.	Toda 1991
Thaïlande	n.d.	Hauser *et al.*2011
République Tchèque	n.d.	Maca *et al.* 2015
Japon	1916	Kanzawa, 1939
Corée	1940*	Nagayama et Okamoto, 1940
Chine	1949	Tan *et al.* 1949
Espagne	2008	Calabria *et al.* 2012; Cini *et al.* 2014
Italie	2008	Cini *et al.* 2012
Portugal	2008	EPPO 2013
Canada	2009	Bellamy *et al.* 2013
France	2009	Cini *et al.* 2014
Croatie	2010	Seljak 2011; Milek *et al.* 2011; Rota-Stabelli *et al.* 2013
Slovénie	2010	Seljak 2011; Milek *et al.* 2011; Rota-Stabelli *et al.* 2013
Allemagne	2011	Vogt *et al.* 2012

PAYS	ANNÉES	RÉFÉRENCES
Autriche	2011	Asplen *et al.* 2015
Belgique	2011	Mortelmans *et al.* 2012
Suisse	2011	Baroffio et Fischer 2011
Hongrie	2012	Kiss *et al.* 2013
Pays-Bas	2012	Helsen *et al.* 2013
Angleterre	2013	Asplen *et al.* 2015
Bosnie-Herzégovine	2013	Ostojic *et al.* 2014
Brésil	2013	Deprá *et al.* 2014
Costa Rica	2013	Hauser, 2011
Écosse	2013	Asplen *et al.* 2015
Équateur	2013	Hauser 2011
Grèce	2013	Papachristos *et al.* 2013
Monténégro	2013	Radonjić et Hrnčić 2015
Roumanie	2013	Chireceanu et Chiriloaie 2014
Bulgarie	2014	EPPO 2017
Pologne	2014	Asplen *et al.* 2015
Serbie	2014	Tosevski *et al.* 2014
Slovaquie	2014	EPPO 2017
Argentine	2015	Lue *et al.* 2017

* Cette date est issue du seul article le moins récent parlant de *D. suzukii* dans ce pays.

§ n.d.=donnée non disponible.

Adrion *et al.* (2014) ont été les premiers à démontrer, par des analyses génétiques de différentes populations de *D. suzukii*, que ce ravageur a envahi l'Europe et l'Amérique du nord de manière indépendante. Depuis, l'étude récente de Fraimout *et al.* 2017 dresse le portrait le plus complet et le plus probable de l'invasion de *D. suzukii* (Fig. 1). Il démontre qu'il y aurait eu trois introductions simultanées de la zone d'origine asiatique vers Hawaii, l'ouest de l'Amérique du Nord et l'ouest de l'Europe. La première introduction serait l'arrivée d'une population de *D. suzukii* japonaise sur l'Ile d'Hawaï dont les premières observations datent de 1980. Les introductions de *D. suzukii* dans l'ouest de l'Amérique du Nord sont probablement issues d'individus importés d'Hawaï et du sud-est de la Chine. Les populations de l'ouest américain ont ensuite contribué à l'invasion de *D. suzukii* dans l'Est de l'Amérique du Nord. En Europe, les introductions sont issues du nord-est de la Chine, mais il est possible que des populations de l'est de l'Amérique du Nord aient traversé l'océan pour s'établir dans le nord de l'Europe. Les auteurs ont observé que les populations d'Europe de *D. suzukii* sont actuellement plus homogènes au point de vue génétique que les populations de l'Amérique du Nord. De pars l'effet d'un goulot d'étranglement (Botteleneck), l'introduction d'une espèce via un autre continent se faisant par une population restreinte aboutit souvent à la création d'une population avec moins de diversité génétique. Dans le cas de *D. suzukii*, Fraimout *et al.* (2017) ont observé que les populations montrent une baisse de la diversité allélique de 54,2 % pour les populations issues d'Hawaï et de 27,3 % pour celles issues de Californie.

Un modèle a été développé pour prédire la phénologie de *D. suzukii* sur la côte pacifique des États-Unis et du Canada (Coop 2010). Ce modèle a été utilisé pour tenter de prédire les dates clefs dans l'est du Canada mais actuellement les premières captures de *D. suzukii* sont difficiles à observer afin de vérifier les prédictions du modèle. Un modèle démographique avec l'inclusion des données de développement établies par Tochen *et al.* (2014) a aussi été réalisé par Wiman *et al.* (2014; 2016). Ces derniers ont calculé les degrés-jours pour chaque étape/stade clef selon une température minimale de développement de 7,2°C (Tabl. 2). L'intérêt des modèles est aussi de prédire la distribution de *D. suzukii*, Damus (2009) a produit un modèle de niche écologique qui prédit la distribution de *D. suzukii* aux États-Unis. Actuellement, au Québec, l'équipe du Dr. G. Bourgeois, AAC/CRDH, en collaboration avec des équipes de la Nouvelle écosse tentent de développer un modèle phénologique de *D. suzukii* pour le bleuet nain (comm. pers.). Gutierrez *et al.* (2016) ont développé un modèle basé sur les données physiologiques en lien avec des informations géographique (GIS) pour prédire l'abondance de *D. suzukii* mais aussi sa distribution géographique. Plusieurs paramètres tels que les taux de développement, la mortalité, la fécondité, la phase de quiescence en fonction de la température de l'humidité ont été utilisés. Le modèle donne une bonne prediction de la distribution et du climat favorable pour *D. suzukii* en Amérique du Nord, Europe et dans le bassin Méditéranéen et il a réussi à prédire la dynamique et la phénologie des données de captures en Oregon et Californie (Dalton *et al.* 2011).

Tableau 2 : Degrés-jours pour les stades /étapes clef de *D. suzukii* selon les résultats de Tochen *et al.* (2014) (Tiré de Wiman *et al.* 2016).

Stades/étapes	Degrés-jours base 7,2°C
Oeuf	0–20,27
Larve	20,28–118
Pupe	118,1–199,9
Adulte	200–610
Première ponte	210
Initiation de la reproduction des femelles hivernantes	50-800

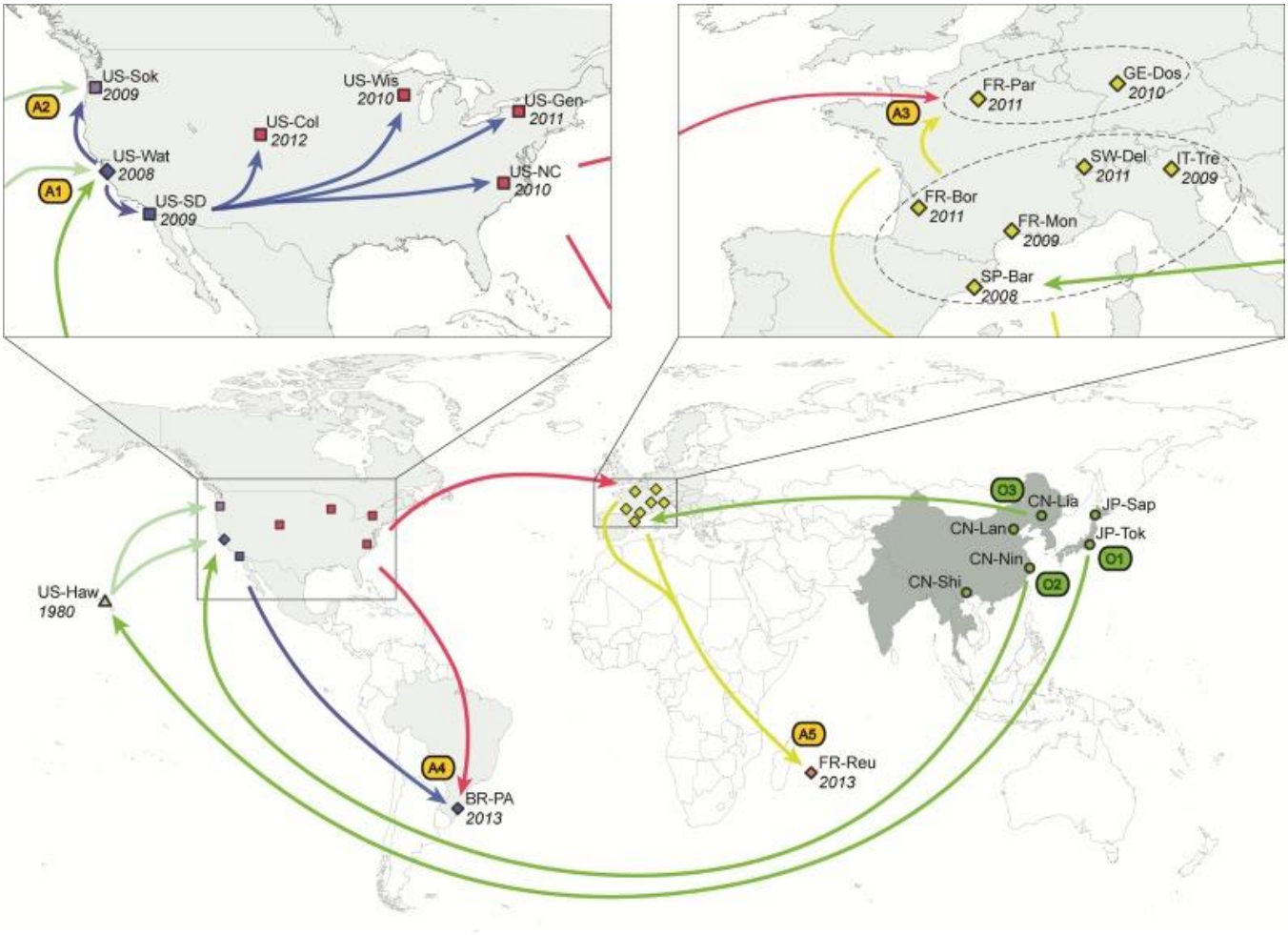


Figure 1 : Flux de populations de *D. suzukii* illustrant les routes possibles d'invasion (Tiré de Fraimout *et al.* 2017) (aire d'origine=gris; date=première année d'observation; carré=population avec étranglement génétique faible; losange= population avec étranglement génétique modéré; triangle= population avec étranglement génétique fort; les couleurs des symboles et des flèches indiquent différent groupes génétiques et les flèches indiquent les routes d'invasion les plus probables; A1–A5=cinq événements de mélanges différents : A1=Hawaii + sud-est de la Chine, A2=Watsonville (ouest des USA)+Hawaii, A3=sud de l'Europe+est des USA, A4=ouest des USA+est des USA, A5=sud de l'Europe+nord de l'Europe; O1–O3=sources les plus probable à l'intérieur de l'aire d'origine : O1=Japon, O2=sud-est de la Chine, O3=nord-est de la Chine).

2.2 CYCLE DE VIE, DÉVELOPPEMENT ET REPRODUCTION

2.2.1 Cycle de vie

Drosophila suzukii est un insecte holométabole, c'est à dire un insecte qui subit des transformations importantes ou complètes au cours de son développement post-embryonnaire, correspondant à une métamorphose complète. Elle passe par quatre stades de développement : œuf, larve, pupe et adulte dont la description est ci-dessous. Les critères morphologiques d'identification importants sont décrits

ci-dessous mais il existe actuellement des méthodes de détection génétiques de cette espèce (Kim *et al.* 2016).

Œufs

Les œufs d'une longueur de 0,4 à 0,6 mm et de forme elliptique sont blancs laiteux. Leur couleur laiteuse diminue au fur et à mesure qu'ils se développent. Ils portent deux longs filaments respiratoires (0,9 fois la longueur de l'œuf) du côté du micropyle[1] (Walsh *et al.* 2011; Légaré *et al.* 2013; CABI 2017). Les femelles vierges sont capables, sans accouplement, de pondre des œufs, mais ceux-ci ne sont pas fertiles (Lanouette *et al.* accepté).

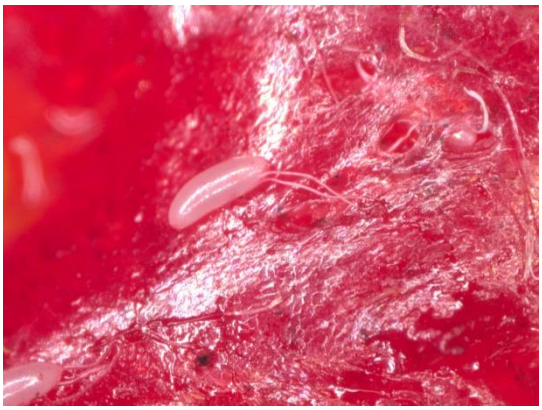


Figure 2 : Oeuf de *D. suzukii* (Crédit : F. Vanoosthuyse).

Larves

Les larves sont des asticots blancs apodes dont les organes sont visibles par transparence; il est possible d'y observer les pièces buccales noires au niveau de la tête. L'espèce est difficilement identifiable à ce stade. Les larves ont trois stades distincts, mesurant de 2 à 3 mm et pouvant atteindre 6 mm de longueur et 0,8 mm de largeur à maturité (Fig. 3) (Walsh *et al.* 2011; Légaré *et al.* 2013; CABI 2017). Les différents stades larvaires peuvent se distinguer uniquement sur la taille, la forme du spécimen et les dents des mandibules (Jakobs *et al.* 2017) (Fig. 4).

[1] Ouverture dans la membrane des ovules permettant la pénétration du spermatozoïde

Figure 3 : Larve de *D. suzukii* (Crédit : Laboratoire d'expertise de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ).

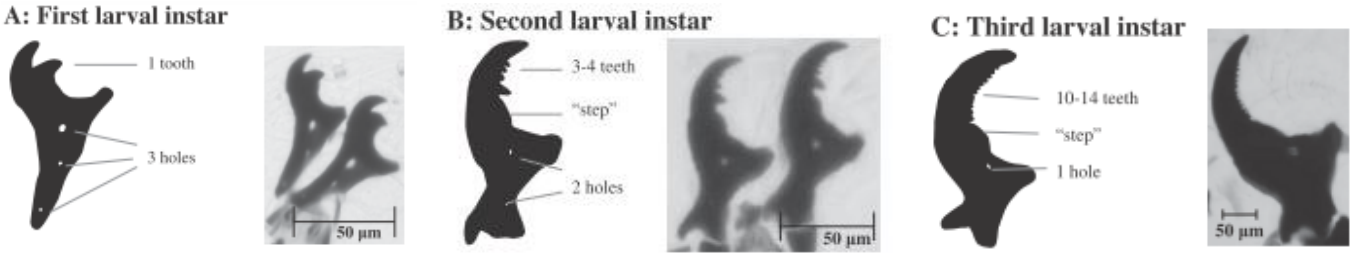


Figure 4 : Mandibules des trois stades larvaires de *D. suzukii* (Tiré de Jakobs *et al.* 2017). A : premier stade; B : deuxième stade; C=troisième stade.

Pupes

La pupe est de forme elliptique, brun rougeâtre et elle mesure de 2 à 3,5 mm de long et 1,2 mm de large (Walsh *et al.* 2011; Légaré *et al.* 2013; CABI 2017). Elle présente à son extrémité antérieure deux excroissances (stigmates) portant des petites projections en forme d'étoile (flèche sur la Fig. 5).

Figure 5 : Pupes de *D. suzukii* avec les stigmates en forme d'étoile (flèche) (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ).

Adultes

Les adultes sont de petite taille, 3 à 4 mm, avec un corps brun-jaunâtre, des yeux rouges et des bandes noires transversales sur l'abdomen (Fig. 6). Les antennes sont courtes, trapues avec un arista plumeux. Le mâle possède une petite tache sombre du côté antérieure de l'apex de chacune des ailes et deux peignes sexuels noirs à l'extrémité des deux premiers tarses des pattes antérieures (tache et peignes absents chez la femelle) (Fig. 6). La femelle est munie d'un ovipositeur bien apparent muni de denticules plus sombres que le reste de l'ovipositeur (Fig. 6) (Walsh *et al.* 2011; Légaré *et al.* 2013; CABI 2017). Cet ovipositeur a une forme de scie, spécifique à *D. suzukii*, qui lui permet de percer la peau de fruits en mûrissement (Atallah *et al.* 2014).

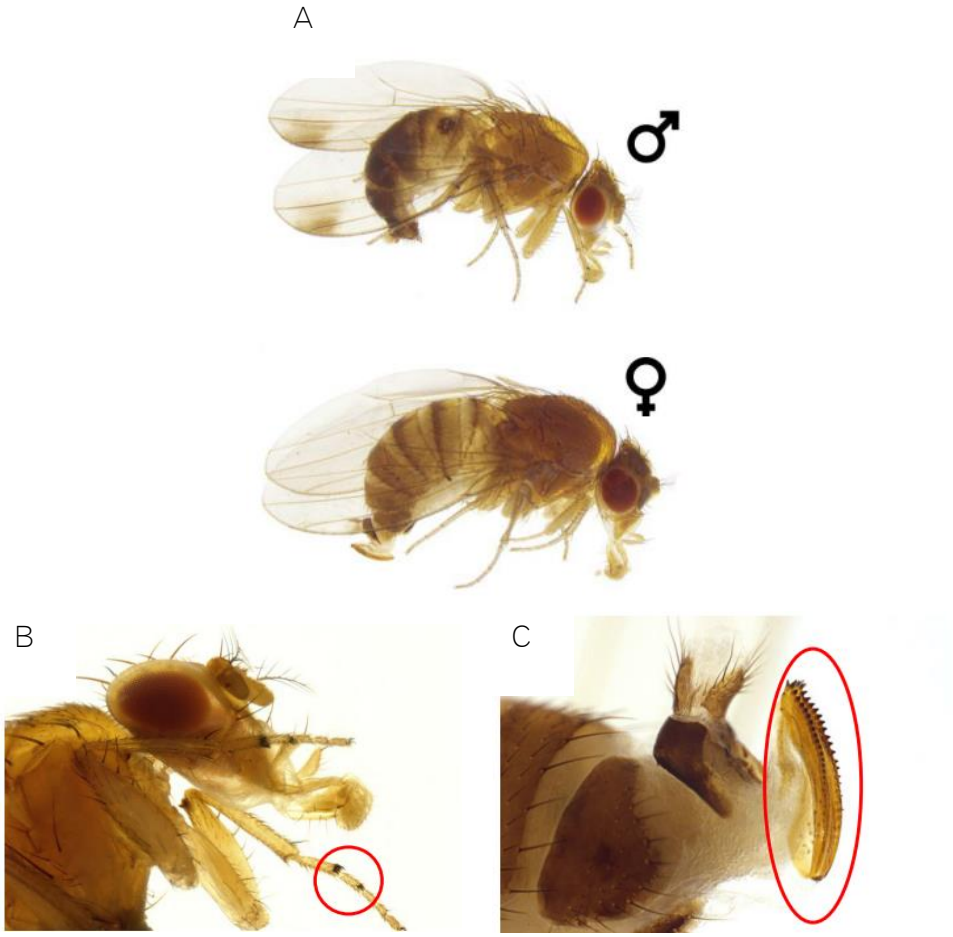


Figure 6 : A) mâle et femelle de *D. suzukii*; B) peignes sexuels noirs sur la patte antérieur du mâle; C) pvipositeur en forme de scie dentelée de la femelle (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ).

2.2.2 Développement et reproduction

Développement

Tel que rapporté par Emiljanowicz *et al.* (2014), le temps de développement de *D. suzukii* est d'environ 13 jours pour passer de l'œuf à l'adulte à 22°C. La durée de vie des adultes est de onze à 13 semaines. Les œufs pondus éclosent à l'intérieur des fruits (Walsh *et al.* 2011). Leur développement embryonnaire découpé en 17 stades (Landi *et al.* 2015) dure de un à trois jours (Kanzawa 1939). Le développement des larves passe par trois stades à l'intérieur des fruits (Kanzawa 1939; Walsh *et al.* 2011) et prend six jours à 22°C (Emiljanowicz *et al.* 2014). Par la suite les fruits infestés se flétrissent compromettant leur mise en marché et donnant l'opportunité aux microorganismes et à d'autres insectes ravageurs de s'y développer (Walsh *et al.* 2011). *Drosophila suzukii* est associé à des levures mutualistes notamment *Hanseniaspora uvarum* et à une communauté de bactéries dominée par le genre *Tatumella* (Hamby *et al.* 2012; Chandler *et al.* 2014). D'autres espèces de *Drosophila* sont connues pour interagir avec une variété de levures, champignons et bactéries symbiotiques. Cependant, le rôle de ces microorganismes sur *D. suzukii* n'est pas encore connu (Hamby *et al.* 2016). Une fois le développement larvaire terminé, la pupaison a lieu à l'intérieur ou à l'extérieur du fruit flétri (Walsh *et al.* 2011). Le stade pupal dure cinqjours à 22°C après lesquel une nouvelle génération d'adulte émerge (Emiljanowicz *et al.* 2014). À l'est des États-Unis et au Canada, *D. suzukii* ferait de trois à neuf générations par été selon le climat (Walsh *et al.* 2011).

Depuis Kanzawa (1939), plusieurs recherches sous divers conditions (températures, humidités) ont été publiées sur le développement de *D. suzukii* et offrent un regard plus détaillé sur la survie et la durée de vie de chaque stade et sexe ainsi que sur les différents hôtes (Bellamy *et al.* 2013; Calabria *et al.* 2012; Emiljanowicz *et al.* 2014; Jaramillo *et al.* 2014; Landi *et al.* 2015; Lee *et al.* 2011; Lin *et al.* 2014; Tochen *et al.* 2014). Les temps de développement obtenus restent comparables à l'étude de Kansawa (1939). Il en ressort que la longévité et la reproduction sont dépendante de la température, de l'humidité relative de l'air et de la plante hôte (Bellamy *et al.* 2013; Calabria *et al.* 2012; Tochen *et al.* 2014) (Fig. 7). La température optimale de développement est de 22°C (Calabria *et al.* 2012) et la framboise est le fruit préféré relativement aux autres fruits (mûre, bleuet, cerise, raisin de table, pêche et fraise; voir section plantes hôtes) (Bellamy *et al.* 2013). En ce qui concerne l'humidité, plus celle-ci est élevée, plus les adultes *D. suzukii* vivent longtemps et plus les femelles pondent des œufs (Tochen *et al.* 2015). Les observations de mortalité de *D. suzukii* en fonction de la température et de l'humidité à travers plusieurs études ont été synthétisées par Gutierrez *et al.* (2015) (Fig. 7a et b). La figure 8 illustre que la moyenne d'œufs pondus peut atteindre 14 œufs/femelle/jour à 94 % d'humidité relative ce qui est sept foisplus élevée qu'à 33 % d'humidité relative. L'humidité est donc un facteur important à prendre en compte pour les stratégies de gestion de *D. suzukii*.

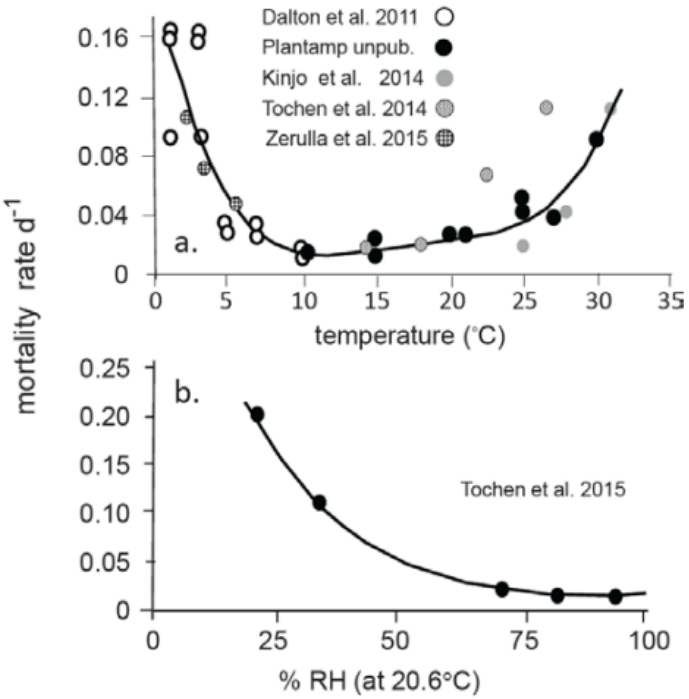


Figure 7 : a) Mortalité des adultes de *D. suzukii* en fonction de la température et b) de l'humidité relative (Tiré de Gutierrez *et al.* 2015).

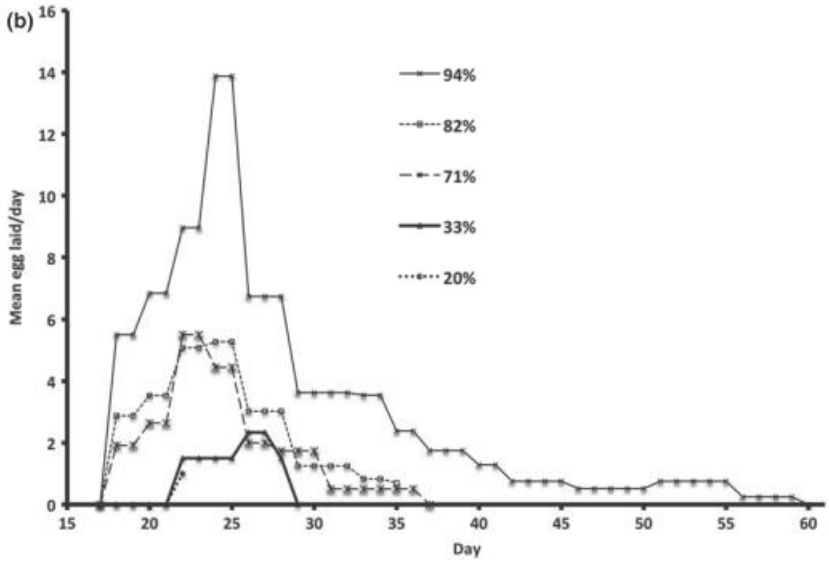


Figure 8 : Nombre moyen d'oeufs pondus par jour par les femelles *D. suzukii* à différentes humidités relatives (Tiré de Torchen *et al.* 2015).

Reproduction

Les limites de températures permettant l'activité de *D. suzukii* sont entre 10 et 30°C (Kanzawa 1939; Tochen *et al.* 2014). Les adultes s'activent au printemps dès que la température atteint 10°C (Légaré *et al.* 2013) et leur présence dans les cultures en début de saison est affectée par la survie à l'hiver, la structure et la composition des boisés environnants (Pelton *et al.* 2016). Le mâle utilise des stimuli visuels (déplacement des ailes tachetées) et acoustiques (vibrations de l'abdomen et du substrat) lors de la parade nuptiale (Mazzoni *et al.* 2013) et ce comportement a été décrit en détail par Revadi *et al.* (2015) (Fig. 9).

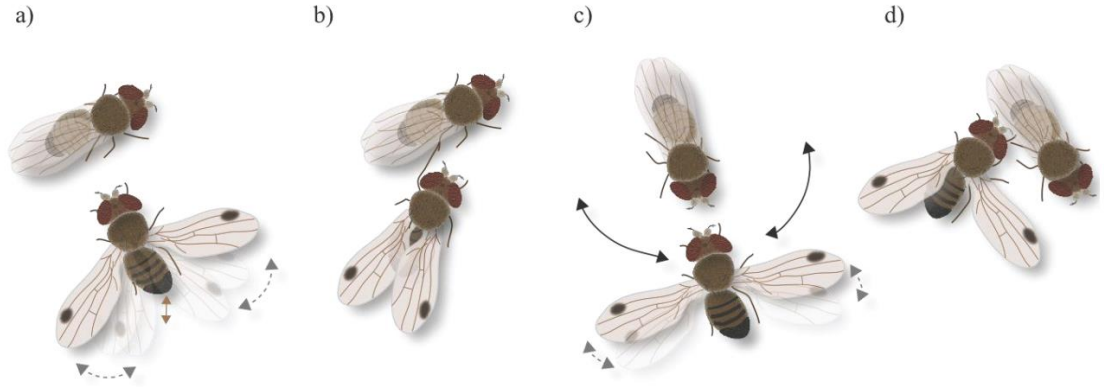


Figure 9 : Comportement de parade nupiale chez *D. suzukii* a) le mâle s'oriente vers la femelle, ouvre et ferme ses ailes et bouge son abdomen pour produire les «toots» b) le mâle tape la femelle avec une patte antérieure c) le mâle déploie ses ailes et tourne autour de la femelle d) le mâle se déplace vers l'arrière de la femelle et déploie une ou les ailes (Tiré de Revadi *et al.* 2015).

Les drosophiles mâles de l'espèce *melanogaster* produisent une phéromone volatile présente sur la cuticule, le cis-11-octadecenyl acétate qui est impliqué dans l'orientation et l'attraction sexuelle des femelles. Cette phéromone augmente notamment l'acceptation des mâles par les femelles, réduit l'attractivité des mâles pour des femelles déjà accouplées et augmente les comportements agressifs entre mâles (Liu *et al.* 2011; Wang *et al.* 2010). Dekker *et al.* 2015 ont démontré que les mâles *D. suzukii* ne produisent pas le cis-11-octadecenyl acétate et il y a même une réduction de l'organe impliqué dans sa production (bulbe éjaculatoire) chez *D. suzukii* (quatre fois moins volumineux que chez *D. melanogaster*). D'autres phéromones non volatiles produites et présentes à la surface de la cuticule des drosophiles (hydrocarbone cuticulaire) interviennent dans les comportements sexuels à courte distance et reflètent aussi leur maturité sexuelle (Bontonou et Wicker-Thomas 2014; Ferveur *et al.* 2005; Jallon 1984). Chez les femelles de *D. suzukii*, ces phéromones non-volatiles sont produites dès l'émergence et leur quantité augmente particulièrement au 3ème jour de vie des femelles, selon la même tendance que l'augmentation du pourcentage d'accouplement (Revadi *et al.* 2015) (Fig. 10). Il n'y a pas d'expériences connues qui ont regardé la présence de ces composés chez les mâles *D. suzukii*. Ces phéromones pourraient donc être impliquées dans le comportement sexuel de *D. suzukii*, mais le lien direct n'a pas encore été démontré. Une étude de McIntosh (2016) a regardé le potentiel d'utiliser ces composés non

volatils comme attractifs, mais l'expérience n'a pas aboutie à des résultats concluants probablement dû au fait que ces composés agissent par contact.

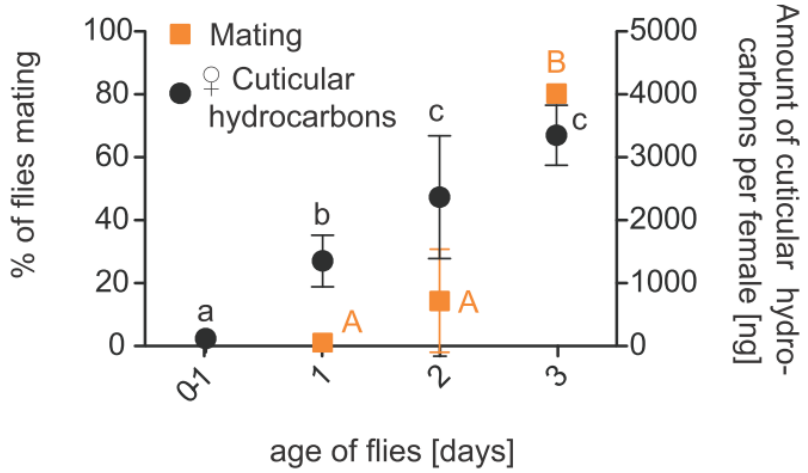


Figure 10 : Pourcentage d'accouplement (carré orange) et quantité d'hydrocarbones cuticulaires (point noir) en fonction de l'âge des femelles de *D. suzukii* (en jours) (Tiré de Revadi *et al.* 2015).

Lors d'expériences en laboratoire avec une population de *D. suzukii* du Québec (Firlej, non publié), il a été observé que les mâles peuvent s'accoupler avec les femelles 24 h après leur émergence (Fig. 11), conformément à ce qui a été observé par Revadi *et al.* 2015. Chez les drosophiles, certaines espèces s'accouplent plusieurs fois durant leur existence. Dans le cas de *D. suzukii*, les données de la littérature scientifique sont contradictoires, car Revadi *et al.* (2015) et Fuerst *et al.* (1973) indiquent avoir observé des accouplements multiples alors que Manning (1962) n'a pas observé de ré-accouplement dans une période de 48 h suivant le premier accouplement. Des expériences en laboratoire avec une souche italienne (Lanouette *et al.* non publié) montrent que 8,1% des femelles peuvent se réaccoupler deux jours après un premier accouplement. Après quatre jours, le ré-accouplement diminue à 7,7 %; un pourcentage plutôt faible mais les expériences effectuées ne permettaient qu'une courte période de contact de 2 h entre la femelle et les mâles au début de la photopériode. Ainsi, il reste donc encore des connaissances à acquérir pour préciser le comportement reproducteur de *D. suzukii*.

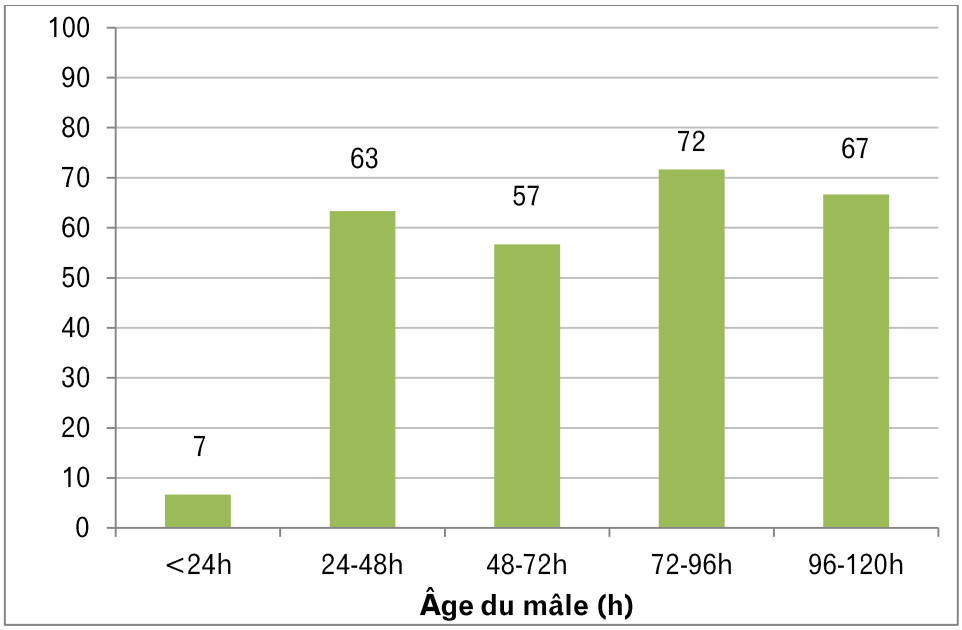


Figure 11 : Pourcentage de femelles vierges de quatre jours accouplées par un mâle vierge d'âge variable de *D. suzukii* (trois femelles étaient proposées à chaque mâle) (Firlej, non publié).

Plusieurs études ont évalué l'activité de reproduction et de ponte de *D. suzukii* au cours de la journée sous différentes luminosités, photopériodes et températures (Ferguson *et al.* 2015; Hamby *et al.* 2013; Lin *et al.* 2014; Revadi *et al.* 2015). Revadi *et al.* 2015 ont démontré que les accouplements ont lieu essentiellement le matin en condition de laboratoire, ceux-ci se concentrant dans les 30 premières minutes de l'ouverture des lumières. Dans des conditions de température et photopériode estivale, *D. suzukii* a un pic d'activité de reproduction et de nutrition le matin après le levé du soleil et un pic d'activité de ponte en fin de journée et le soir. Dans des conditions de température et photopériode plus fraiches comme à l'automne dans les régions tempérées, le pic d'activité de *D. suzukii* est en milieu de journée où la température est la plus chaude (entre 13 :00 et 15 :00) (Hamby *et al.* 2016) (Voir aussi section 3.1.3). Ces connaissances pourraient ainsi permettre d'ajuster les recommandations sur les périodes les plus propices aux traitements phytosanitaires.

Les femelles, une fois accouplées, peuvent pondre des œufs après deux jours et demi après leur émergence (Revadi *et al.* 2015). Elles ont la capacité de retenir les œufs fertilisés qui se développent dans l'oviducte, En effet, 25,6 % des œufs fraichement pondus montrent un développement embryonnaire avancé (Landi *et al.* 2015). Chaque femelle pond en moyenne 4,7 ± 0,09 œufs par jour avec un maximum de 12 œufs par jour (Landi *et al.* 2015). Elles pondent de un à trois œufs par fruit et peuvent produire en moyenne durant leur vie 635,6 œufs dont 491,1 sont fertiles (Emiljanowicz *et al.* 2014). Le choix des femelles pour un site de ponte dépend de l'espèce et de la variété de la plante hôte. Les femelles de *D. suzukii* ont une préférence pour les fruits moins fermes et plus sucrés (Burrack *et al.* 2013; Kinjo *et al.* 2013; Lee *et al.* 2011). Cependant en l'absence d'hôte préférentiel, *D. suzukii* peut pondre dans une multitude d'hôtes alternatifs parmi les plantes cultivées et non cultivées (Kenis *et al.* 2016; Klick *et al.*

2016; Lee *et al.* 2015; Walsh *et al.* 2011) (voir section 2.3.1). L'écologie nutritionnelle de *D. suzukii* est encore peu connue. Selon la littérature, les adultes se nourriraient des fruits (Watabe *et al.* 2010), de sève de chênes blessés (Kanzawa 1939), de nectar de fleurs (Torchen *et al.* 2016) ou de levures (Hamby *et al.* 2012) avec leur pièce buccale de type suçeur. Une étude récente a permis de clarifier certains aspects en démontrant que les adultes de *D. suzukii* peuvent se nourrir sur des fruits endommagés mais pas sur des fruits sains. Les adultes ont besoin de sucre pour leur survie mais de levure pour la maturation des oeufs (Plantamp *et al.* 2016).

Dommages aux fruits

À l'aide de son ovipositeur en forme de scie dentelée, la femelle de *D. suzukii* est capable de percer la peau des petits fruits mûrs ou en phase de mûrissement. Elle crée ainsi un trou dans lequel elle dépose un œuf (Walsh *et al.* 2011) (Fig. 12). Il est possible de retrouver plusieurs groupes de larves sur le même fruit car plusieurs femelles peuvent visiter un même fruit. Suite à l'éclosion, les larves se nourrissent à l'intérieur du fruit, créant une zone déprimée et molle en surface avec l'intérieur brunâtre (Fig. 13-14-15). Les framboises infestées de larves présentent des symptômes rapidement (presque deux jours), alors pour la fraise et le bleuet, c'est en trois jours environ (Fig. 13-14-15) Ces dommages compromettent la commercialisation du fruit et crée une zone propice à l'introduction de ravageurs secondaires et au développement d'agents pathogènes fongiques et bactériens (Walsh *et al.* 2011).

Figure 12 : Oeufs déposés sur des fruits avec seuls les filaments dépassant (Crédit : F. Vanoosthuyse).

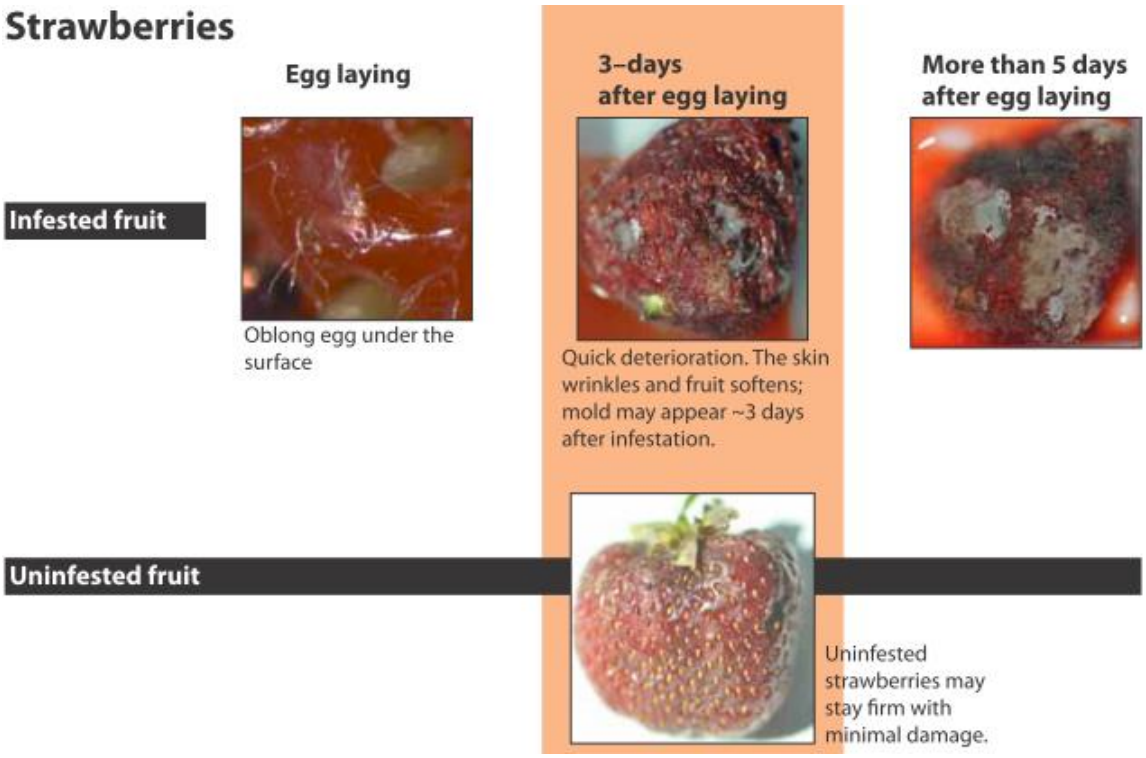


Figure 13 : Fraises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de Oregon state, 2010).

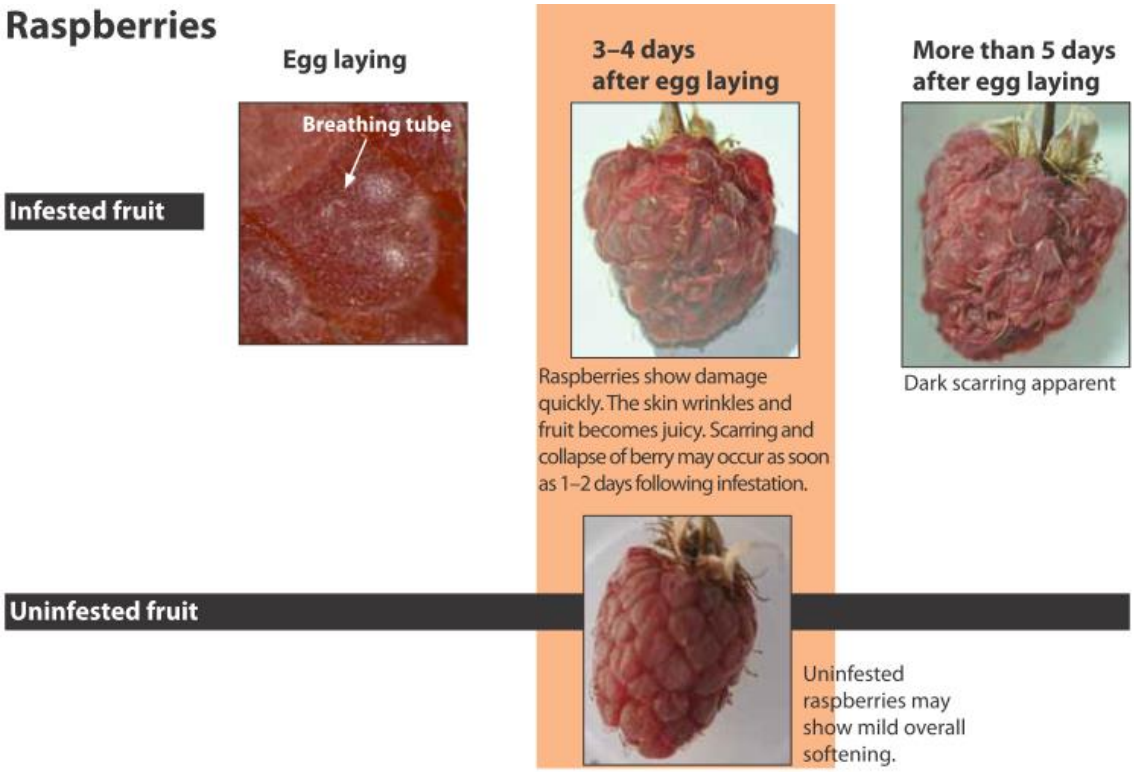


Figure 14 : Framboises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de Oregon state, 2010).

Figure 15 : Bleuets infestés par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de Oregon state, 2010).

2.3 HIVERNATION

Les processus permettant à un insecte de survivre durant l'hiver sont complexes et fonction de plusieurs paramètres. Lorsque la température de l'environnement diminue, les insectes ont la température corporelle qui diminue jusqu'à ce qu'ils tombent dans un coma de refroidissement (*Chill coma*) se caractérisant par une absence d'activité électrophysiologique mais dont l'état est réversible. La température à laquelle le coma de refroidissement est atteint s'appelle la limite thermique inférieure (LTI). Si la température continue à descendre, les liquides internes de l'insecte vont gelés consistant à atteindre le point de surfusion (*supercooling point*) (Lee et Denlinger 1991). Afin de maximiser les chances de survie lors de ces baisses de température, certains insectes ont développé la faculté d'entrer en diapause, consistant en un arrêt de développement à un stade précis induit par un stimulus qui avertit des conditions environnementales (raccourcissement de la durée du jour, diminution des températures) (Danks 2006). Chez certains insectes la diapause n'est pas obligatoire et peut consister uniquement en une diapause reproductive, qui se traduit par un arrêt du développement des oeufs, la

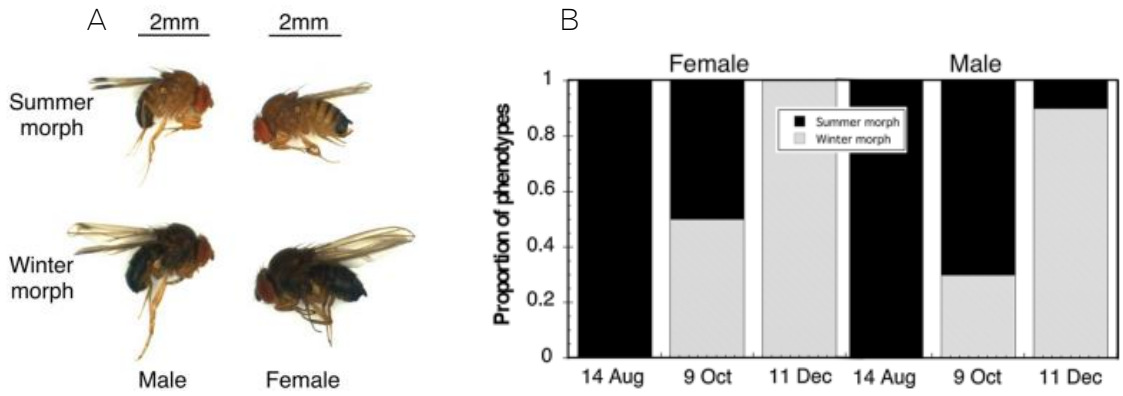
baisse de la production d'hormone juvénile et l'absence de ponte suite à l'induction par des facteurs environnementaux (Pener 1992).

Les études récentes ont démontré que *D. suzukii* est une espèce susceptible aux températures froides (Dalton *et al.* 2011; Kimura 2004; Stephens *et al.* 2015). La température de surfusion pour les femelles est de -16,1°C et de -23°C pour les mâles (Jakobs *et al.* 2015). Cependant, les *D. suzukii* meurent avant que cette température ne soit atteinte. Kimura (2004) a démontré que 75 % des individus mourraient après 24 h d'exposition à -1,8°C pour les femelles et -0,7°C pour les mâles. Dans l'étude de Jakobs *et al.* (2015), 80 % des *D. suzukii* sont mortes après 1h d'exposition à -7,2°C pour les mâles et -7,5°C pour les femelles.

Drosophila suzukii hiverne au stade adulte à l'état de morphotype[2] dans les endroits protégés du froid sous la litière des feuilles, dans les boisés et les milieux environnants des champs (Stephens *et al.* 2015). Tochen *et al.* (2015) ont souligné que *D. suzukii* peut se déplacer sur certaines distances pour migrer vers des microclimats plus favorables qui améliorent sa survie et sa reproduction. Harris *et al.* (2014) ont effectivement observé dans une large étude en Californie que les adultes étaient capturés dans les vergers en été mais de novembre à avril, les captures se font surtout près des plantes ornementales à fruits comme les myrtilles et les buissons ardents à proximité des maisons. En Italie, Rossi-Stacconi *et al.* (2016) ont observé que les captures de *D. suzukii* étaient plus importantes dans les boisés et zones urbaines en hiver que dans les vergers. La survie des individus serait améliorée grâce à une capacité comportementale de se protéger du froid dans les refuges hivernaux et autour des structures construites plutôt qu'à une capacité physiologique (Harris *et al.* 2014; Jakobs *et al.* 2015; Stephens *et al.* 2015; Zerulla *et al.* 2015). En Ontario, des essais de survie hivernale ont montré une mortalité complète des populations aux conditions testées lors d'une année particulièrement froide (Jakobs *et al.* 2015). Au Québec, un projet actuellement en cours mené par le Dr. Conrad Cloutier, Université Laval, étudie la résistance au froid des populations de *D. suzukii* au Lac St-Jean. Les résultats de ce projet permettront de mieux comprendre la survie de *D. suzukii* au froid en limite nordique au Québec.

À l'automne, les *D. suzukii* se modifient et deviennent plus foncées, elles se transforment en morphotype d'hiver (Shearer *et al.* 2016) (Fig. 16A). Ce morphotype présentant une couleur du corps plus foncée et des ailes plus longues voit sa proportion dans la population augmenter au fur et à mesure que la température diminue. La figure 16B indique qu'au début de décembre, dans la région de Hood River (Oregon, USA) la quasi-totalité des adultes mâles et femelles capturés dans les pièges étaient de morphotype d'hiver. Cet état morphologique peut être induit en laboratoire avec un régime de température de 10°C et de photopériode de 12 :12 L : N, les changements s'observent alors à la génération suivante. Les mâles et femelles de morphotype d'hiver survivent significativement plus longtemps que les morphotypes d'été à une température constante de 1°C (Shearer *et al.* 2016). Le morphotype hivernant n'est pas mature sexuellement (Hamby *et al.* 2016; Shearer *et al.* 2016; Stephens *et al.* 2015).

[2] Spécimen qui illustre une variation morphologique pour une espèce.



Figue 16 : A) Mâle et femelle de *D. suzukii* de morphotype d'été ou d'hiver et B) proportion des morphotypes d'hiver et d'été dans les échantillonnages de pièges de août à décembre 2011 à Hood River (Oregon, USA)(Tiré de Shearer *et al.* 2016).

Ces adultes ont aussi une meilleure résistance au froid et peuvent rester actifs à de faibles températures. Les femelles de morphes noirs ont les ovaires non développées et la transcription de nombreux gènes associés à la reproduction et le stress sont altérés (Toxopeus *et al.* 2017). L'acclimatation au froid semble être dépendante de la température chez *D. suzukii* plutôt qu'influencé par la photopériode. Il apparait que *D. suzukii* est une espèce limitée par sa faible résistance au froid, cependant, sa plasticité phénotypique et son comportement lui permettent de résister aux conditions hivernales dans des régions aux conditions climatiques différentes de sa région d'origine en Asie.

2.4 PLANTES HÔTES

2.4.1 Inventaire des plantes hôtes

Drosophila suzukii est une espèce très polyphage s'attaquant aux fruits qu'on retrouve sur de nombreuses espèces de plantes cultivées, sauvages et ornementales (Arnó *et al.* 2016; Bellamy *et al.* 2013; Kenis *et al.* 2016; Kinjo *et al.* 2013; Lee *et al.* 2011; Lee *et al.* 2015; Little *et al.* 2017; Mitsui *et al.* 2010; Steffan *et al.* 2013). Nous avons recensé à travers le monde pas moins de 168 espèces de plantes réparties à l'intérieur de 28 familles dont le fruit permet le développement complet de *D. suzukii* (Tabl. 3). Les cinq familles renfermant le plus grand nombre d'espèces hôtes pour *D. suzukii* sont par ordre décroissant : les Rosaceae (64 espèces dont 12 présentes au Québec), les Ericaceae (12 espèces dont quatre présentes au Québec), les Cornaceae (dix espèces dont une présente au Québec), les Caprifoliaceae (neuf espèces dont quatre présentes au Québec) et les Moraceae (huit espèces dont aucune n'est présente au Québec).

Drosophila suzukii attaque surtout les fruits tendres, cependant en Europe, Kenis *et al.* (2016) ont observé des adultes émergeants de fruits plus dures comme ceux de *Malus baccata* (Pommier microcarpe de Sibérie). Ils attribuent ces observations au fait que les femelles profitent de dommages aux fruits pour y

pondre. Dans le cas de fortes populations de *D. suzukii*, ils ont aussi observé l'émergence d'adultes dans des fruits de plantes auparavant considérées impropre au développement de *D. suzukii.* Parmi ces espèces, se retrouvent au Québec *Sorbus aucuparia* (Sorbier des oiseaux)*, Polygonatum multiflorum* (Sceau de Salomon multiflore) *et Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne).

Tableau 3 : Plantes hôtes cultivées et alternatives connues à travers le monde permettant le développement de *D. suzukii*.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
Actinidia spp.	Kiwi	Actinidiaceae	Cultivée		A	EPPO, 2010
Actinidia arguta (Siebold & Zucc.) Planch. Ex Miq.	Kiwi de Sibérie	Actinidiaceae	Alternative		A	CABI 2017
Actinidia chinensis Planch.	Kiwi	Actinidiaceae	Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Alangium platanifolium (Siebold & Zuccarini) Harms	Alangium à feuilles de platane	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Amelanchier lamarckii F.G. Schroed.		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Amelanchier ovalis Medik.	Amélanchier à feuilles ovales	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Ampelopsis brevipedunculata (Maxim.) Trautv.	Vigne vierge à fruits bleus	Vitaceae	Alternative		A	CABI 2017
Arbustus unedo L.	Arbousier	Ericaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015
Arum italicum Mill.	Arum d'Italie	Araceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Arum maculatum L.	Arum tacheté	Araceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Asparagus officinalis L.[1]	Asperge	Liliaceae	Alternative/ Cultivée	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Atropa belladonna L.	Belladone	Solanaceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Aucuba japonica Thunb.	Aucuba du Japon	Cornaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010; Poyet *et al.* 2015
Berberis aquifolium Pursh (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.)[2]	Mahonia faux houx	Berberidaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2015
Bryonia cretica L.	Bryone	Cucurbitaceae	Alternative	Labo	A	Arnó *et al.* 2016
Cornus sericeae ssp. sericea L. (*Cornus alba* L.)[2]	Cornouiller blanc	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Cornus amomum Mill.[1, 2]	Cornouiller odorant, Cornouiller oblique	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Cornus controversa Hemsl. ex Prain[2]	Cornouiller discuté	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Cornus fœmina Mill.[2]		Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Cornus kousa Hance[2]	Cornouiller du Japon	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015; Mitsui *et al.* 2010
Cornus mas L.[2]	Cornouiller sauvage	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Cornus sanguinea L.[2]	Cornouiller sanguin	Cornaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Cornus sericea L.[2]	Cornouiller soyeux	Cornaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Lee *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2015
Cotoneaster franchetii Bois	Cotonéaster de Franchet	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Cotoneaster horizontalis Decne.	Cotonéaster rampant	Rosaceae	Alternative	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Cotoneaster lacteus W.W. Smith	Cotonéaster laiteux	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
Cotoneaster rehderi Pojark.		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Cotoneaster salicifolius Franch.	Cotonéaster à feuilles de saule	Rosaceae	Alternative	Labo	L	Poyet *et al.* 2015
Crataegus chrysocarpa Ashe[2]	Aubépine dorée	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Crataegus monogyna Jacq. [1, 2]	Aubépine monogyne	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Daphne mezereum L. [1]	Bois-joli	Thymelaeaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Diospyros kaki Thunb.	Plaqueminier	Ebenaceae	Alternative	Terrain	A	Kanzawa 1935, 1939; Mitsui *et al.* 2010
Diospyros virginiana L.	Plaqueminier de virginie	Ebenaceae	Alternative		A	CABI 2017
Duchesnea indica (Andrews) Focke	Fraisier des indes	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Elaeagnus multiflora Thunb.	Goumi du japon	Elaeagnaceae	Alternative	Terrain	A	Kanzawa 1939; Sasaki et Sato 1995
Elaeagnus umbellata Thunb. [2]	Oléastre à ombelles	Elaeagnaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Elaeagnus x ebbingei	Chalef de Ebbing	Elaeagnaceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl.	Néflier du Japon	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kanzawa 1935; Kenis *et al.* 2016; Plant Inspection Advisory 2010
Eugenia uniflora L.	Cerisier de Cayenne	Myrtaceae	Alternative		A	Plant Inspection Advisory 2010
Ficus carica L.	Figuier	Moraceae	Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Sarto et Sorribas, 2011 dans Arnó *et al.* 2016; Yu *et al.* 2012
Fragaria L. [1, 2]	Fraisiers	Rosaceae	Cultivée	Terrain	A	Bellamy *et al.* 2013; Burrack *et al.* 2013; Lee *et al.* 2011; Sarto et Sorribas, 2011 dans Arnó *et al.* 2016
Fragaria x ananassa[1]	Fraisier	Rosaceae	Cultivée	Terrain	A	CABI 2017
Fragaria vesca L. [1, 2]	Fraisier des bois	Rosaceae	Alternative	Labo, Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Frangula alnus Mill.	Bourdaine	Rhamnaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Frangula purshiana (DC.) A. Gray	Cascara	Rhamnaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Gaultheria adenothrix (Miq.) Maxim. [2]	Gaulthérie	Ericaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Gaultheria procumbens L. [1]	Gaulthérie couchée	Ericaceae	Alternative	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Gaultheria x wisleyensis Marchant ex D.J. Middleton		Ericaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Hedera helix L.	Lierre grimpant	Araliaceae	Alternative	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Hippophae rhamnoides L. [1]	Argousier	Elaeagnaceae	Alternative/ Cultivée	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Little *et al.* 2017; Poyet *et al.* 2015
Ilex aquifolium L. [2]	Houx	Aquifoliaceae	Alternative	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Lindera benzoin (L.) Blume		Lauraceae	Alternative		A	CABI 2017
Lonicera alpigena L. [2]	Chèvrefeuille des alpes	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Lonicera caerulea L. [1, 2]	Camérisier bleu	Caprifoliaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015
Lonicera caprifolium L.	Chèvrefeuille des jardins	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Lonicera ferdinandi Franch	Chèvrefeuille	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Lonicera nigra L.	Chèvrefeuille noir	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Lonicera nitida E.H. Wilson	Chèvrefeuille nain	Caprifoliaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
Lonicera spp. [1]	Chèvrefeuille	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015
Lonicera xylosteum L. [1]	Chèvrefeuille des haies	Caprifoliaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Lycium barbarum L.	Lyciet commun	Solanaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Mahonia x media C.D.Brickell (*Berberis x hortensis* Mabb.)		Berberidaceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Mahonia sp.	Mahonia	Berberidaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Malus baccata (L.) Borkh.	Pommier microcarpe de Sibérie	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Malus pumila Mill. (*Malus domestica* Borkh.) [1]	Pommier	Rosaceae	Alternative/ Cultivée		A	CABI 2017; Kansawa 1939
Morus alba L.	Mûrier blanc	Moraceae	Alternative		A	Kanzawa 1939; Sasaki et Sato 1995; Yu *et al.* 2012 dans Lee *et al.* 2015
Poir. (*Morus bombycis* Koidz.)	Mûrier à feuille de platane	Moraceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Morus nigra L.	Mûrier noir	Moraceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Morus rubra L.	Mûrier rouge	Moraceae	Alternative		A	Plant Inspection Advisory 2010
Morus sp.	Mûrier	Moraceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kanzawa 1935; Poyet *et al.* 2015; Sasaki et Sato 1995
Murraya paniculata (L.) Jack	Bois Jasmin	Rutaceae	Alternative		A	Plant Inspection Advisory 2010
Morella rubra Lour. (*Myrica rubra* Siebold & Zucc.)	Fraise chinoise	Myricaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain		Yukinari 1988 dans Lee *et al.* 2015
Paris quadrifolia L. [2]	Parisette à quatre feuilles	Melanthiaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch. (*Parthenocissus inserta* (Kern.) Fritsch) [1]	Vigne vierge vraie	Vitaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2016
Photinia beauverdiana C.K.Schneid.		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Photinia villosa (Thunb.) DC.		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Photinia prunifolia (Hook. & Arn.) Lindl.		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Physalis alkekengi L. [1, 2]	Coqueret alkékenge	Solanaceae	Alternative/ Cultivée	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Phytolacca americana L. [1]	Phytolaque d'amérique	Phytolaccaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2015; Sasaki et Sato 1995
Phytolacca esculenta Van Houtte		Phytolaccaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Polygonatum multiflorum (L.) All. [1]	Sceau-de-Salomon multiflore	Liliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Prunus armeniaca L.	Abricotier	Rosaceae	Cultivée	Terrain	A	Kanzawa 1935, 1939; Kenis *et al.* 2016

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
Prunus avium (L.) L.	Merisier, Cerise douce	Rosaceae	Alternative/ Cultivée	Labo/ Terrain	A	Kanzawa 1939; Kenis *et al.* 2016; Kinjo *et al.* 2013; Lee et al, 2015; Klick *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015; Sarto et Sorribas, 2011 dans Arnó *et al.* 2016
Prunus buergeriana Miq.		Rosaceae	Alternative		A	Sasaki et Sato 1995 dans Kinjo *et al.* 2013
Prunus cerasifera Ehrh.	Myrobolan	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Prunus cerasus L. [1, 2]	Cerisier acide, cerisier aigre	Rosaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	Kanzawa 1939; Kenis *et al.* 2016
Prunus domestica L.	Prunier	Rosaceae	Cultivée	Terrain	A	CABI 2017; Kenis *et al.* 2016; Sarto et Sorribas, 2011 dans Arnó *et al.* 2016
Prunus donarium Siebold		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kanzawa 1939; Mitsui *et al.* 2006
Prunus japonica Thunb.	Cerisier de Corée	Rosaceae	Alternative		A	Kanzawa 1935, 1939
Prunus laurocerasus L.	Laurier-cerise	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015
Prunus lusitanica L.	Laurier du Portugal	Rosaceae	Alternative	Labo, Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2015
Prunus mahaleb L.	Bois de Sainte-Lucie	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Arnó *et al.* 2016; Kanzawa 1935, 1939; Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Prunus mume (Siebold) Siebold & Zucc.	Abricotier du Japon	Rosaceae	Alternative		A	CABI 2017
Prunus nipponica Matsum.	Cerisier du Japon	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Prunus padus L.	Cerisier à grappes	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2016
Prunus persica (L.) Batsch[1]	Pêcher	Rosaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	Kanzawa 1935, 1939; Sarto et Sorribas, 2011 dans Arnó *et al.* 2016; Sasaki et Sato 1995 dans Kinjo *et al.* 2013
Prunus persica var. *nucipersica* (L.) C.K.Schneid.	Nectarinier	Rosaceae	Cultivée		A	CABI 2017
Prunus salicina Lindl. [2]	Prunier japonais	Rosaceae	Alternative		A	Kanzawa 1935, 1939
Prunus sargentii Rehder	Cerisier de Sargent	Rosaceae	Alternative		A	Kanzawa 1935
Prunus serotina Ehrh. [1]	Cerisier d'automne	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2014; Poyet *et al.* 2015
Prunus spinosa L.	Prunellier	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2016
Prunus virginiana L.	Cerisier de Virginie	Rosaceae	Alternative	Labo	A	Little *et al.* 2017
Prunus yedoensis Matsum.	Cerisier Yoshino	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kanzawa 1935, 1939; Sasaki et Sato 1995
Psidium cattleianum Sabine	Goyavier de chine	Myrtaceae	Cultivée	Labo	A	Kido *et al.* 1996
Pyracantha coccinea M. Roem.	Buisson ardent	Rosaceae	Alternative	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Pyracantha sp.	Buisson ardent	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Pyrus calleryana Decne.	Poirier de Chine	Rosaceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Rhamnus cathartica L. [1]	Nerprun purgatif	Rhamnaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2016
Ribes nigrum L. [1]	Cassissier	Grossulariaceae	Cultivée	Labo	L	Poyet *et al.* 2015
Ribes rubrum L. [1]	Groseillier à grappes	Grossulariaceae	Cultivée	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2016
Ribes sanguineum Pursh.	Groseillier à fleurs	Grossulariaceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Ribes spp. [1, 2]	Groseillier et Gadellier	Grossulariaceae	Alternative		A	CABI 2017

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
Rosa acicularis Lindl. [1]	Rosier arctique	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rosa canina L.	Rosier des chiens	Rosaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Arnó *et al.* 2016; Kenis *et al.* 2016
Rosa glauca Pourr.	Rosier à feuilles rouges	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rosa rugosa Thunb. [1]	Rosier rugeux	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rosa spinosissima L. (*Rosa pimpinellifolia* L.)	Rosier pimprenelle	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rubia tinctorum L.	Garance des teinturiers	Rubiaceae	Alternative	Labo	O	Poyet *et al.* 2015
Rubus armeniacus Focke	Mûre «Himalaya»	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Klick *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015
Rubus caesius L.	Ronce bleue	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rubus crataegifolius Bunge		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui et al 2010
Rubus hirsutus Thunb.		Rosaceae	Alternative		A	CABI 2017
Rubus idaeus L. [1]	Framboise	Rosaceae	Alternative/ Cultivée	Labo/ Terrain	A	Bellamy *et al.* 2013; Burrack *et al.* 2013; Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2011; Little *et al.* 2017; Poyet *et al.* 2015; Sasaki et Sato, 1995
Rubus laciniatus (Weston) Wild	Ronce laciniée	Rosaceae	Alternative		A	CABI 2017
Rubus loganobaccus L.H. Bailey	Mûre de Logan	Rosaceae	Alternative/ Cultivée		A	CABI 2017
Rubus microphyllus L.f.		Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kanzawa 1939; Mitsui *et al.* 2010
Rubus parvifolius L. (*Rubus triphyllus* Thunb.)		Rosaceae	Alternative		A	Kanzawa 1939; Sasaki et Sato 1995
Rubus phoenicolasius Maxim.		Rosaceae	Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rubus plicatus Weihe & Nees (*Rubus fruticosus* L.)	Ronce commune	Rosaceae	Alternative/ Cultivée	Labo/ Terrain	A	CABI 2017; Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Rubus saxatilis L.	Ronce des rochers	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Rubus spectabilis Pursh	Ronce remarquable	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Rubus ulmifolius Schott.	Ronce à feuille d'Orme	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Arnó *et al.* 2016
Rubus ursinus Cham. & Schltdl.	Mûre	Rosaceae	Cultivée	Labo	A	Lee *et al.* 2011
Ruscus aculeatus L.	Fragon faux houx	Liliaceae	Alternative	Labo	Œuf	Poyet *et al.* 2015
Sambucus ebulus L. [1]	Sureau yièble	Adoxaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Sambucus nigra L. [1]	Sureau noir	Adoxaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Arnó *et al.* 2016; Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2015
Sambucus racemosa L. [2]	Sureau à grappes	Adoxaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Sambucus sp. [1, 2]	Sureau	Adoxaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Sarcococca confusa Sealy	Sarcocoque confus	Buxaceae	Alternative	Terrain	A	Lee *et al.* 2015
Solanum chenopodioides Lam.	Morelle faux chénopode	Solanaceae	Alternative	Labo	A	Arnó *et al.* 2016
Solanum dulcamara L. [1]	Morelle douce-amère	Solanaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Arnó *et al.* 2016; Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2015
Solanum lycopersicum L. [1]	Tomate	Solanaceae	Cultivée		A	Kanzawa 1935; Plant Inspection Advisory 2010
Solanum nigrum L. (*Solanum rubrum* auct. non L.) [1]	Morelle noire	Solanaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Arnó *et al.* 2016; Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015;

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
Solanum villosum Mill. (*Solanum luteum* Mill.)	Morelle velue	Solanaceae	Alternative		A	Arnó *et al.* 2012
Sorbus aria (L.) Crantz	Alisier blanc	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Sorbus aucuparia L.[1]	Sorbier des oiseaux	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Styrax japonicus Siebold & Zucc.[3]		Styracaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Symphoricarpos albus (L.) S.F. Blake[1]	Symphorine blanche	Caprifoliaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015; Lee *et al.* 2015
Symphoricarpos x chenaultii Rehder	Symphorine de Chenault	Caprifoliaceae	Alternative	Labo	L	Poyet *et al.* 2015
Dioscorea communis (L.) Caddick & Wilkin (*Tamus communis* L.)	Tamier commun	Dioscoreaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Taxus baccata (L.)[2]	If commun	Taxaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015
Torreya nucifera (L.) Siebold & Zucc.		Taxaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Vaccinium angustifolium Aiton[1]	Bleuet nain	Ericaceae	Alternative/ Cultivée		A	CABI 2017
Vaccinium corymbosum L.[1]	Bleuet en corymbes	Ericaceae	Cultivée	Labo/ Terrain	A	CABI 2017; Kinjo *et al.* 2013; Lacroix, 2014; Little *et al.* 2017
Vaccinium macrocarpon Aiton	Canneberge	Ericaceae	Cultivée	Labo	A	Steffan *et al.* 2013
Vaccinium myrtilloides Michx.[1]	Bleuet nain	Ericaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Vaccinium myrtillus L.	Myrtille	Ericaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	CABI 2017; Kenis *et al.* 2016
Vaccinium oldhamii Miq.		Ericaceae	Alternative/ Cultivée	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Vaccinium praestans Lamb.		Ericaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Vaccinium virgatum Aiton		Ericaceae	Cultivée	Labo/ Terrain	A	Kinjo *et al.* 2013
Vaccinium vitis-idaea L.[1]	Airelle rouge	Ericaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Viburnum dilatatum Thun.	Viorne à larges panicules	Adoxaceae	Alternative	Terrain	A	Mitsui *et al.* 2010
Viburnum lantana L.[2]	Viorne mancienne	Adoxaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Viburnum opulus L.[2]	Viorne obier	Adoxaceae	Alternative	Labo	L	Poyet *et al.* 2016
Viburnum rhytidophyllum Hemsl.	Viorne à feuilles ridées	Adoxaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
Viscum album L.	Gui	Viscaceae	Alternative	Labo	A	Poyet *et al.* 2015
Vitis labrusca L.	Vigne américaine	Vitaceae	Alternative		A	CABI 2017
Vitis vinifera L.[1]	Vigne	Vitaceae	Cultivée	Terrain	A	CABI 2017; Cini *et al.* 2012; Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2011;

[1] Espèce présente au Québec.

[2] Espèce parente présente au Québec.

2.4.2 Caractéristiques des plantes hôtes

Certains petits fruits sont plus infestés que d'autres et le fait que *D. suzukii* préfère infester une plante hôte est un mélange de plusieurs caractéristiques dont l'adéquation pour le développement de la progéniture, la variété et plusieurs caractéristiques du fruit tels que la couleur, la maturité, la taille, la forme du fruit, le taux de sucre (Brix), le pH, la dureté et la texture de la pelure.

Variété

Certaines variétés de fruits cultivés sont plus attaquées par *D. suzukii* que d'autre. Suite à des observations terrains de 2010 à 2012 dans les framboises d'automne, Burrack *et al.* (2013) ont montré que la variété 'Autumn Britten' est plus attaquée par *D. suzukii* que les variétés 'Natahala' et 'NC 344' développée dans le programme variétal de l'université de Caroline du Nord. Quant à Sward *et al.* (2016), ils ont démontré que la variété de framboise 'Double Delight' est plus infestée que l'Autumn Britten' et l'Autumn Bliss'. Également, la variété 'Caroline' aurait 1,5 fois plus de larves qu'Autumn Bliss'. Pour les mûres, il y a significativement plus d'œufs pondus dans la variété 'Navaho' et moins d'œufs pondus dans la variété 'Prime-Ark 45' (Burrack *et al.* 2013). Également pour la mûre, Lee *et al.* (2011) ont montré que la variété 'Black Diamond' est plus favorable au développement de *D. suzukii* que les variétés 'Olallie' et 'Silvan'. Lee *et al.* (2011) ont également comparé la susceptibilité à *D. suzukii* de 28 variétés de bleuets en corymbe cultivés en Oregon et en Californie. Les variétés californiennes 'Misty', 'Wonderful' et 'O'Neal' sont moins susceptibles à *D. suzukii* que la variété 'Star'. En Oregon, la variété 'Bluecrop, est moins susceptible que la variété 'Patriot'. Coates (2009) rapporte que pour la cerise, les variétés très susceptibles à *D. suzukii* en Californie sont 'Black Tartarian' et 'Early Burlat'. La variété 'Rainier' est relativement susceptible alors que 'Bing' ne l'est que modérément. Ces observations sont propres à l'Amérique du Nord et ne sont pas mise en relation avec le niveau de population au moment de l'étude.

Une étude récente a tenté d'identifier dans 107 spécimens de fraises (issus de 12 espèces) les spécimens qui présentent le plus bas taux d'émergence de *D. suzukii* et donc qui sont le moins bien adaptés pour le développement de *D. suzukii*. Les spécimens utilisés provenaient de la collection de fraisier du Professeur Staudt en Allemagne (Gong *et al.* 2016). Les résultats de cette étude ont permis de trouver une dizaine de spécimens inadéquats pour le développement de *D. suzukii* et particulièrement un spécimen de *Fragaria vesca* d'Allemagne (diploïde, de diamètre de fruits moyen de 10,1 mm) qui a mené à un faible taux d'émergence de *D. suzukii* de 30 % (comparativement à 90 % pour un spécimen témoin). Le taux de Brix et le pH du fruit n'ont pu expliquer les résultats obtenus. Ces résultats ouvrent donc la porte à l'identification du ou des gènes responsables d'une résistance à *D. suzukii* et leur utilisation dans la création de variétés résistantes à ce ravageur.

Couleur et maturité

Poyet *et al.* (2015) ont démontré à travers l'étude de plusieurs plantes hôtes alternatives que le panel de couleur de fruits attaqués par *D. suzukii* est grand : noire, bleu, rouge, rose, mauve, orange, marron et blanc. Cette plasticité de *D. suzukii* à utiliser de nombreux fruits de couleurs différentes peut être un

facteur clef expliquant sa polyphagie. Les insectes sont capables d'association et d'apprentissage, mais l'étude de Takahara et Takahashi (2017) montrent que *D. suzukii* a une capacité (limitée) d'apprentissage pour l'association couleur - fermeté puisque les auteurs ont observés un choix plus prononcé vers les fruits verts et moins ferme après un conditionnment. En Suisse, il a été observé que les *D. suzukii* peuvent pondre dans les mûres dès le changement de couleur vers le rouge alors même que le fruit est encore dur et cette tendance s'accentue lorsque les populations de *D. suzukii* sont fortes (Taskforce suzukii 2016) (Fig. 17). Les mûres qui atteignent leur couleur noire sont alors déjà infestées de larves.

Figure 17 : Nombre de larves de *D. suzukii* par fruits observés fin août en Suisse (Tiré de Taskforce suzukii 2016).

Lorsque les *D. suzukii* choisissent des fruits verts ou non matures, leur succès de développement est moindre dans ce dernier. Lee *et al.* (2011) ont montré que la maturité du fruit associée avec la couleur détermine le succès de développement de *D. suzukii*. Par exemple, *D. suzukii* a un succès de développement moindre sur les stades de maturité peu avancés des mûres, framboises et bleuets même si des œufs sont pondus (Tabl. 4). Ils ont observé que des œufs peuvent être pondus sur des stades fruit vert à vert-rose de bleuets en corymbe en situation de non choix en laboratoire. Cependant les fruits matures tirant vers le bleu, et le rose, sont ceux permettant de produire le plus de nouveaux adultes (Tabl. 4). Il n'est donc pas encore très clair comment le facteur couleur – maturité du fruit joue sur le choix de *D. suzukii*, sachant que sa valeur adaptative est plus grande avec les fruits dont le murissement est plus avancé.

Tableau 4 : Nombre moyen d'œufs pondus par femelle *D. suzukii* en 24 h et nombre moyen d'adultes produits dans différents stade de maturité de trois variétés de bleuets en corymbe (Tiré de Lee *et al.* 2011).

Variété et maturité des bleuets en corymbe	Nombre moyen d'œufs pondus ± écart-type	Nombre moyen de *D. suzukii* produit ± écart-type
Duke		
Pois vert	0.31±0.16 c	0.029±0.029 b
Vert	0.20±0.20 c	0±0 b
Vert-rose	8.06±1.93 a	2.31±0.60 ab
Rose-bleu	2.49±0.95 bc	0.2±0.11 b
bleu	6.37±1.55 ab	4.11±1.36 a
Earliblue		
Pois vert	1.06±0.65 b	0.039±0.029 b
Vert	0.94±0.28 b	0.20±0.14 b
Vert-rose	10.0±1.76 a	2.57±0.92 ab
Rose-bleu	9.51±1.56 a	3.77±0.63 a
bleu	5.49±1.11 ab	3.17±0.93 a
Jewel		
Pois vert	0.94±0.36 b	0.20±0.31 c
Vert	10.4±1.82 a	2.51±1.45 ab
Vert-rose	8.29±1.88 a	3.57±2.47 ab
Rose-bleu	5.57±1.46 a	2.26±1.24 b
bleu	15.0±3.07 a	9.83±4.51 a

Taille et forme des fruits

Dans l'étude de Poyet *et al.* (2015) avec des plantes alternatives, *D. suzukii* pond plus d'œufs dans des fruits plus gros probablement car les fruits permettent d'assurer le développement larvaire de plusieurs larves. Gong *et al.* (2016) ont également observé une corrélation significative entre l'émergence de *D. suzukii* et la taille des 107 spécimens de fraises testées. En ce qui concerne la forme des fruits pour les hôtes alternatifs, les *D. suzukii* semblent avoir une préférence pour pondre des œufs dans des fruits simples (baies ou drupes) plutôt que dans des fruits avec une structure complexe (polydrupe, capsule, ou fruit pseudo composé ou composé). Cependant, pour les fruits cultivés, c'est l'inverse puisque la framboise est une polydrupe et la fraise un fruit pseudo-composé.

Taux de sucre et pH

Le taux de sucre ou Brix varie d'un fruit à l'autre et peut influencer le choix de *D. suzukii*. Lee *et al.* (2011) ont observé qu'à l'intérieur d'une même espèce de fruits, le nombre d'œufs pondus augmente alors que le Brix augmente pour le bleuet et la cerise. Les mêmes auteurs ont aussi observé que plus le pH

augmente, plus le nombre d'œufs pondus et le nombre d'adultes produits diminue pour la cerise. Cette tendance est complétement inverse pour le bleuet en corymbe et n'a pas été expliqué dans l'étude. Il ne peut donc être tiré de généralité sur le pH pour toutes les espèces de fruits.

Fermeté du fruit et texture

L'étude de Kinjo *et al.* (2013) a démontré qu'il existe une relation négative entre la ponte par *D. suzukii* et la fermeté de différents cultivars de bleuet en corymbe. Plus les fruits sont fermes, plus l'oviposition diminue, la droite de la figure 18 étant expliquant 32 % de la distribution des points.

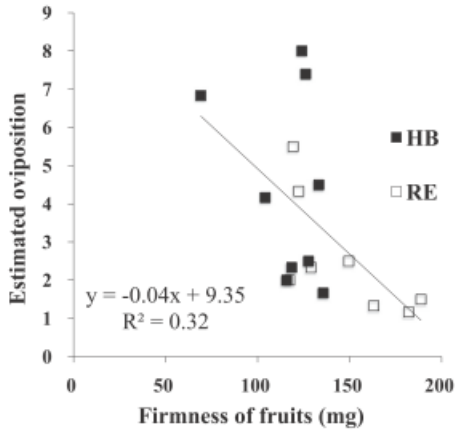


Figure 18 : Nombre d'œufs de *D. suzukii* pondus en fonction de la fermeté du fruit (mg), RE= *Vaccinium virgatum* Aiton et HB= *Vaccinium corymbosum* L. (Tiré de Kinjo *et al.* 2013).

La même tendance a été démontrée pour la framboise (Burrack *et al.* 2013), la fraise (Lee *et al.* 2011), la mûre (Burrack *et al.* 2013), la cerise et le bleuet en corymbe (Lee *et al*. 2011). La fermeté est un paramètre qui peut être amélioré avec les pratiques culturales telles que l'irrigation et la fertilisation.

Stewart *et al.* (2014) ont démontré que la pêche est actuellement moins attaquée à cause de sa pelure duveteuse portant des trichomes. Cependant, lorsqu'il y a des blessures ou des dommages d'autres insectes sur les pêches, *D. suzukii* profite de ces entrées pour pondre des œufs dans le fruit. Poyet *et al.* (2015) ont également démontré que la texture du fruit comme la présence de cire, de brillance ou de pruine comme chez les espèces *Ruscus aculeatus* (Petit-houx), *Rosa canina* (rosier des chiens),et *Berberis thunbergii* (Épine-vinette de Thunberg) diminuent la ponte de *D. suzukii* et agissent comme barrière physique contrairement. La texture cireuse des fruits peut indiquer la présence d'un revêtement hydrophobique sur la pelure des fruits qui peut jouer un rôle répulsif contre les insectes (Kock et Ensikat 2008)

Plantes cultivées et pertes économiques

Bellamy *et al* (2013) ont défini un index d'hôte potentiel pour *D. suzukii* se basant sur les résultats d'études d'adéquation pour le développement et de choix de plantes hôtes par *D. suzukii*. Leurs résultats

ont permis de classer les cultures par ordre de potentialité décroissante : framboise> fraise> mûre> cerise> pêche> bleuet> raisin. D'autres études sont arrivées à un classement similaire, la framboise est de loin le fruit préféré de *D. suzukii* et vient ensuite la fraise, la mûre, la cerise et le bleuet (Asplen *et al.* 2015; Burrack *et al.* 2013; Cini *et al.* 2012; Little *et al.* 2017).

La mûre et la framboise sont deux fruits très prisés par *D. suzukii* et Bolda *et al*. (2010) rapporte jusqu'à 50 % de perte économique par *D. suzukii* sur ces fruits aux États-Unis en 2008. Au Québec en 2012, c'est au moins 80 % des récoltes de framboises qui étaient perdu en l'absence de mesure de lutte (Lacroix 2014). En ce qui concerne les fraises, les pertes varient en fonction de la localité, Bolda *et al.* (2010) rapporte 1,8 % de perte en Californie alors que pour les états de l'Oregon et de Washington les pertes sont évaluées à 20 %. Pour les fraises de transformation de Californie, en l'absence de traitement, *D. suzukii* provoque des pertes à la récolte de 20 % (Goodhue *et al.* 2011). Cowles (2011) rapporte que les producteurs du nord-est des États-Unis ont 100 % de dommages sur la fraise à jour neutre de mi-septembre jusqu'à la fin des récoltes. Le bleuet en corymbe est aussi largement attaqué au Japon (Tamada 2009) et en Chine (ODA 2010). Bolda *et al.* (2010) ont rapporté un maximum de perte de rendement de 40 % pour les bleuets aux États-Unis. Kanzawa (1939) indique que la culture qui supporte le plus de dommages de *D. suzukii* au Japon est la cerise. Coates (2009) a rapporté des dommages pouvant aller de faibles à élevés (100 %) sur la cerise en Californie dépendamment de la variété en l'absence de méthodes de lutte alors que Bolda *et al.* (2010) y rapportent 33 % de perte de récolte. Même s'il y a beaucoup de variation dans les chiffres, il y a clairement un consensus sur le fait que la framboise, la fraise, la mûre, le bleuet et la cerise sont en haut de la liste des fruits endommagés par *D. suzukii* (Fig. 19).

Il existe des articles contradictoires pour la pêche : Stewart *et al.* (2014) ont démontré que la pêche n'était pas un fruit attaqué par *D. suzukii*, sauf dans le cas de cicatrices déjà présentes causées par d'autres insectes. Pourtant, Sasaki et Sato (1995) indiquent que la pêche est attaquée au Japon alors qu'aux États-Unis, les médias ont mentionné une perte de 30 % pour la variété Elberta en Oregon en 2009 et des pertes de 80 % dans la région de Vilamette (OSU 2009). La pêche est aussi considérée comme un fruit hautement attaqué dans une évaluation de risque Néo-zélandaise (Berry *et al.* 2012).

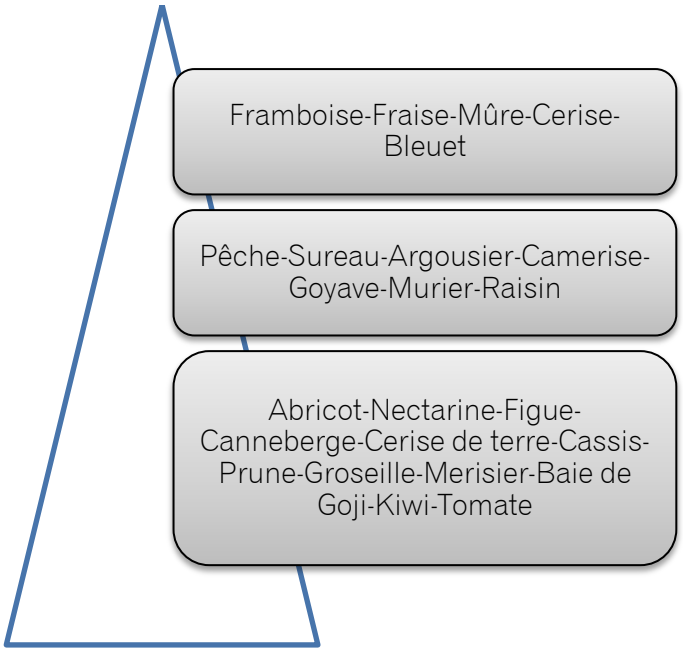


Figure 19 : Préférence de *D. suzukii* pour les fruits cultivés.

Les pourcentages de pertes de récolte ne se traduisent pas toujours directement en perte monétaire. Goodhue *et al.* (2011) ont montré que des pertes de 20 % pour la fraise de transformation et 50 % pour la framboise se traduisent par des pertes de revenu respectivement de 20 et 37 %. Cette atténuation de l'effet de la perte sur le revenu s'explique par la fluctuation des prix à la vente pour la framboise de Californie qui augmente avec la diminution de la production.

Pour les cultures de framboises, fraise, mûres, cerises et bleuets de Californie, Oregon et Washington en 2008, les pertes globales de 20 % ont engendré une perte estimée à 511 million de $US (Bolda *et al.* 2010; Walsh *et al.* 2011). Pour les mêmes cultures dans la région de Trentino (Italie), les pertes ont été évaluées à 3,3 millions d'Euro par année pour un revenu potentiel total de 29,5 millions d'Euro entre 2007 et 2009, soit environ 11 % de pertes de revenu annuel (De Ros *et al.* 2013). Plus récemment, Farnsworth *et al.* (2017) ont fait une analyse économique pour l'industrie de la framboise en Californie. Cette étude qui intègre la perte de revenu, le coût de la lutte chimique et le coût de la main-d'œuvre vient à la conclusion que *D. suzukii* a coûté environ 39,8 millions de $US, soit l'équivalent de 2,19 % des revenus réalisés pour cette industrie entre 2009 et 2014. Cela inclue 36,4 millions de $US de pertes pour les producteurs conventionnels (2,07 % de leurs revenus) et 3,43 millions de $US de pertes pour les producteurs biologiques (5,74 % de leurs revenus). Le coût des produits phytosanitaires augmente par hectare et par an de 1161,8 $US pour les producteurs conventionnels et 2933,01 $US pour les producteurs biologiques. Quant au coût de la main d'œuvre, il a fait diminuer les profits pour ces deux types de régies respectivement de 1,67 et 3,34 %.

Les pertes économiques en France pour la cerise sont importante avec au-dessus de 50 % de perte pour les Alpes de Hautes-Provence et l'Isère au point où le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et

de la Forêt a décidé de mettre en place à titre exceptionnel une indemnisation concernant les pertes financières des producteurs de cerises dues à *D. suzukii* en 2016 (France Agrimer 2017).

Depuis l'arrivée de *D. suzukii,* Van Steenwyk et Bolda (2015) rapportent qu'en Californie, l'utilisation d'insecticides à large spectre a été multiplié par 4,8 dans la cerise, 3,5 dans la framboise et 1,2 dans la fraise entre 2007 et 2012. Ces applications répétées d'insecticides ont un impact important dans la régie intégrée des cultures de petits fruits, sur les pertes de revenus et l'environnement. Il faut donc faire un choix sur les différentes stratégies de luttes qui peuvent diminuer l'impact de *D. suzukii*. Après utilisation d'une régie intégrée basée sur des techniques de piégeage de masse, d'assainissement des champs et d'applications additionnelles d'insecticides, De Ros *et al.* (2015) ont montré qu'il est possible de passer de 13 % à 7 % de perte de revenus en moyenne pour quatre cultures commerciales (fraise, framboise, bleuet et mûre) (Tabl. 5). Plus récemment, Del Fava *et al.* (2017) ont analysé le coût bénéfice de l'utilisation de filets en régie intégrée des cultures de petits fruits. Ils en viennent à la conclusion qu'en cas de basse pression de population de *D. suzukii* une régie intégrée est préférable, mais avec une augmentation de pression de population, il est préférable d'adopter une stratégie utilisant les filets même si le coût reste élevé, car les filets ont une bonne efficacité pour réduire la pression du ravageur et parce qu'ils ont un faible impacte sociétal.

Tableau 5 : Comparaison de l'impact économique de *D. suzukii* avant et après l'implantation de mesure de lutte intégrée dans la région de Trentino, Italie (Tiré de De Ros *et al.* 2015).

Scénarios	Impact économique en Euros	Impact économique % de perte de revenues
Avant une stratégie de lutte intégrée pour *D. suzukii*		
Pertes de revenue potentielles	2 862 656	12,68 %
TOTAL	**2 862 656**	**12,68 %**
Après une stratégie de lutte intégrée pour *D. suzukii*		
Coût du piègeage de masse	224 730	1 %
Coût de la sanitation	152 100	0,67 %
Coûts des traitements phytosanitaires	59 419	0,26 %
Coûts des applications (mécanisées/manuelles)	56 585	0,25 %
Pertes de revenue potentielles	1 057 516	4,68 %
TOTAL	**1 550 350**	**6,86 %**

N.B. : Les cultures utilisées dans cette étude sont la fraise (128 ha), la framboise (93 ha), le bleuet (70 ha) et la mûre (33 ha).

2.5 MÉTHODE DE DÉPISTAGE

2.5.1 Piégeage

Le piégeage des adultes avec des attractifs est un important aspect de la lutte contre *D. suzukii* qui permet d'évaluer les risques et de faciliter les décisions quant aux applications de pesticides et autres

mesures de lutte (Timmeren et Isaacs 2013). Les pièges sont aussi des outils importants pour déterminer la distribution et l'abondance des populations de *D. suzukii* tout comme pourindiquer si une mesure phytosanitaire a été efficace (Haviland *et al.* 2016; Joshi *et al.* 2016). La recherche sur les pièges et attractifs à utiliser pour *D. suzukii* est le meilleur exemple de recherche dupliquée puisqu'il y a au moins une trentaine d'articles publiés ayant travaillé sur différents aspects du piégeage (type de pièges, attractif, couleur, etc.). C'est sans compter sur les multiples présentations d'études non publiées. Il a été remarqué qu'il y a énormément de variation dans les résultats sur le piégeage, certaines études n'arrivent pas aux mêmes conclusions, un attractif qui fonctionne dans une région ne fonctionne pas dans l'autre, etc. Cependant, nous avons réussis à dégager certaines caractéristiques qui sont synthétisées ci-dessous.

Types de pièges

Pour dépister *D. suzukii*, il existe plusieurs types de pièges disponibles commercialement, mais il est aussi possible de les fabriquer soi-même. Certains pièges commerciaux sont vendus avec un attractif, d'autres pas. Parmi la littérature, la majorité des types de pièges testés depuis 2008 en Amérique du Nord et Europe sont énumérés dans le tableau 6. Certains pièges artisanaux sont peut-être absents car seuls ceux qui sont le plus souvent cités dans la littérature sont présentés.

Malgré la diversité de pièges existant, et la diversité des études qui comparent ces pièges avec certains facteurs non contrôlés (type d'attractif et volume), il apparait que des pièges se démarquent pour leur efficacité de piégeage et leur facilité d'utilisation. En Italie, plusieurs années d'études avec au-dessus d'une dizaine de pièges comparés a conclu que le meilleur piège était le Droso-Trap de Biobest (Grassi *et al.* 2016). C'est le même constat qui a été tiré par une équipe Française, le Droso-Trap était le piège le plus efficace à égalité avec le Maxitrap de Probodelt (Weydert *et al.* 2016). En Amérique du Nord, les pièges ayant fonctionnés sont souvent plus artisanaux, Lee *et al.* (2012) conclue à l'efficacité du Haviland et Renkema *et al.* (2014) à celui du Deli cup un simple piège avec des trous. Une étude réalisée en 2013 a comparé trois types de pièges au Québec : le Dome-trap (Solida), le Droso-Trap (Biobest) et le piège du Réseau d'Avertissement Phytosanitaire (artisanal) (Lambert 2014). Cette étude réalisée en bleuetières au Québec a démontré que le Droso-Trap est le piège commercial le plus facile d'utilisation même si tous les pièges étaient équivalents pour leur capture.

Tableau 6 : Types de piège utilisés pour le dépistage de *D. suzukii* en Amérique du Nord et Europe.

Nom du piège	Couleur	Perforation/ ouverture	Abri pluie	Filet	Attractif	Type /Fournisseur	Photo
Ball trap	Jaune avec couvercle transparent	Une ouverture dans le fond	Non		Inclus des granulés de levure Torula	Commercial ISCA	
Bouteille Badoit	Rouge	20 trous	Non		Non inclus	Artisanal	
CAPtiva Trap	Rouge avec bande noire		Non		Non inclus	Commercial Marginal Design	
Cera Trap	Jaune avec couvercle transparent	Une ouverture dans le fond	Non		Non inclus mais la compagnie vend son attractif	Commercial Bioiberica	
Contech	Bande colorée rouge	2 trous de 0,64cm	Non		Non inclus	Commercial	
Dome trap	Rouge avec couvercle transparent	Une ouverture dans le fond	Non			Commercial Solida	
Dreves	Transparent	2 trous de 4 x 8cm	Non	Maille 0,32 cm	Non inclus	Artisanal	

Nom du piège	Couleur	Perforation/ ouverture	Abri pluie	Filet	Attractif	Type /Fournisseur	Photo
DROSAL trap	Transparent	9 trous <3 mm Besoin d'un appareil pour les trous			Inclus 100-150 ml d'attractif	Commercial Riga	
Drosinal	Jaune avec un couvercle rouge et rebord noir		Non		Non inclus mais la compagnie vend son attractif	Commercial ICB Pharma	
Droso-Trap	Rouge avec couvercle transparent	21 trous de 8 mm	Non		Non inclus mais la compagnie vend son attractif	Commercial Biobest	
Haviland	Transparent avec couvercle rouge	Un trou de 8,5 cm sur le couvercle	Oui	Maille 0,32 cm	Non inclus	Artisanal	
Haviland modifié	Transparent avec couvercle rouge	10 trous de 0,5cm sur les côtés	Non		Non inclus	Artisanal	
Hemitrap	Jaune avec couvercle transparent	21 trous de 8 mm	Non		Non inclus mais la compagnie vend son attractif	Commercial Probodelt	
Jar trap	Transparent avec une bande rouge	Multiples trous de 1,8 cm	Oui	Maille de 2,5 x 2,5 mm	Non inclus	Artisanal	

Nom du piège	Couleur	Perforation/ ouverture	Abri pluie	Filet	Attractif	Type /Fournisseur	Photo
JP trap	Transparent avec une bande rouge et noir	Cinq trous de 2,2 cm	Oui	Maille de 2 x 2 mm	Non inclus	Artisanal	
Moskisan	Jaune et couvercle transparent	Une ouverture dans le fond	Non		Non inclus mais la compagnie vend son attractif	Commercial Koppert	
Phérocon	transparent	Une ouverture large grillagée sur les côtés	Non		Phéromone incluse mais pas le liquide	Commercial Trécé	
Red cup	Rouge	10 trous de 5 mm			Non inclus	Artisanal	
Scentry	Transparent avec étiquette rouge		Non		Non inclus mais la compagnie vend sa phéromone	Commercial Scentry	
Van Steenwyk	Blanc	Un trou de 8,5 cm sur le couvercle	Oui	Maille 0,32 cm	Non inclus	Artisanal	
Vaso trap	Transparent avec couvercle rouge	Multiples trous	Non		Non inclus	Commercial Roberto Carello	

N.B. : Certains pièges utilisent des attractifs non homologués en Amérique du nord

Emplacement

Pour un dépistage efficace, il est recommandé de placer les pièges en bordure du champ, dans les boisés où les *D. suzukii* passeraient l'hiver et aussi dans la parcelle de petits fruits à surveiller. Les captures dans les boisés sont observées surtout en début de saison et en hiver dans certaines régions plus chaudes (ex : Colombie Britannique, Canada). Kuonen et Baroffio (2016) recommandent de positionner les pièges entre 1 et 1,2 m de hauteur dans les cultures de framboises, mûres et les haies mélangées et entre 1,2 à 1,5 m pour les cerises et pruneaux.

La taille ou surface des ouvertures

Renkema *et al*. (2014) ont démontré que les pièges avec plus de surface d'entrée (2036 mm^2) capturent plus de *D. suzukii* que les pièges avec une faible surface d'entrée (57 ou 64 mm^2). De manière identique Lee *et al.* (2012) ont démontré que les pièges avec 6400 mm^2 de surface d'entrée capturaient plus de *D. suzukii* que tous les autres pièges à 5675, 196 et 64 mm^2 de surface d'entrée. Les ouvertures doivent être préférentiellement aménagées sur les côtés du piège plutôt que sur le couvercle des pots (Lee *et al.* 2013).

La couleur du piège

Les femelles sont plus attirées vers les couleurs noires et rouges que les couleurs jaunes (Renkema *et al.* 2014) (Fig. 20). Lee *et al.* (2013) sont les seules à avoir observé une attirance des *D. suzukii* vers le jaune de manière équivalente au rouge et ont supposé qu'hormis la couleur, la teinte peut aussi avoir un effet sur l'attractivité du piège. Dans une étude italienne, c'est aussi les pièges de couleurs rouge, noir et jaune qui sont plus attirant pour les *D. suzukii* (Grassi *et al.* 2014). Également, en accord avec ce qui a déjà été observé chez d'autres mouches à fruit, les pièges de couleurs piègent plus quand leur couleur s'approche de la couleur du fruit de la culture ciblée. Les pièges rouges attirent plus de *D. suzukii* dans les cultures de fruits rouges (Lee *et al.* 2013).

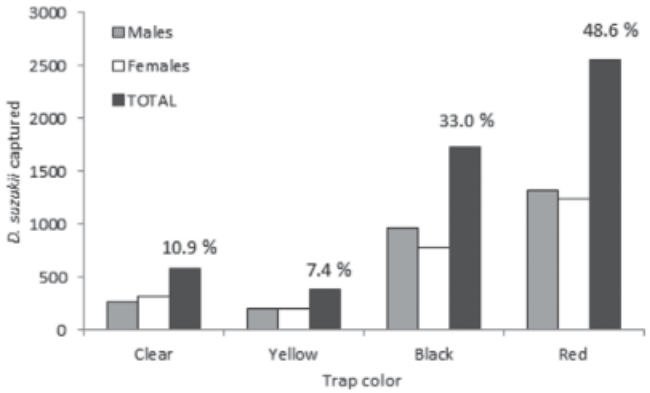


Figure 20 : Nombre de *D. suzukii* capturées dans des pièges Déli-cup de quatres couleurs différentes dans un champ de framboise d'automne en Ontario (Tiré de Renkema *et al.* 2014).

Volume d'attractif et son remplacement

Il a été démontré qu'il est préférable de mettre un gros volume d'attractif comme 360 ml comparativement à 120 ml et qu'il est préférable de le renouveler toute les semaines (Renkema *et al.* 2014) (Fig. 21). Certains attractifs commerciaux ont l'avantage de pouvoir être filtrés et gardés pendant plusieurs semaines (Ex : *Suzukii* trap, attractif de Bioiberica).

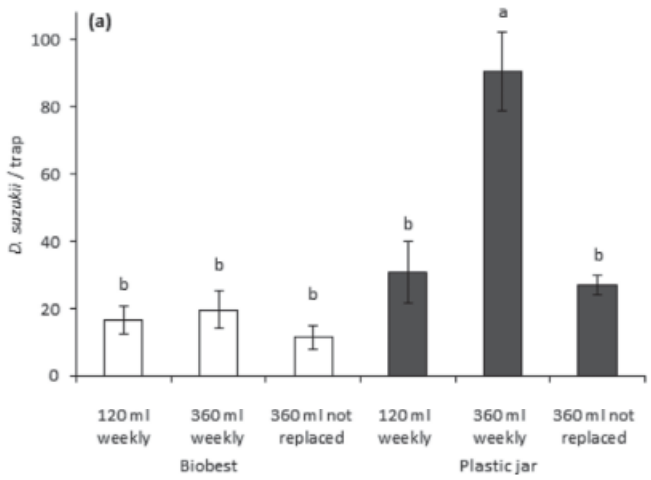


Figure 21: Nombre de *D. suzukii* par piège en fonction du type de piège, de son volume d'attractif et du renouvellement de l'attractif. Des lettres différentes indiquent une différence significative à $p<0,05$ avec un test de Tukey-Kramer (Tiré de Renkema *et al.* 2014).

Carte collante jaune et plaquette insecticide

Au début des recherches sur les pièges et attractifs pour *D. suzukii*, il était conseillé d'ajouter une carte collante jaune dans le piège avec l'attractif. Cependant il a été démontré que cela n'augmente pas significativement les captures dans un piège, que les individus se dégradent plus vite et que les femelles sont moins facilement identifiables sur la surface collante (Iglesias *et al.* 2014). La manipulation du piège est même plus difficile pour éviter de tremper la carte collante dans l'attractif. Sachant que de 10 à 30 % des *D. suzukii* entrant dans un piège sont réellement capturés (les autres *D. suzukii* réussissent à ressortir du piège), l'ajout d'une plaquette insecticide dans le piège a été testée dans un essai interrégional au Québec (Lanoue-Piché 2014). Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence dans le décompte du piège si on ajoute une plaquette insecticide, cependant, l'insecticide ne fait pas effet tout de suite et en plaçant une chaudière sous le piège, plusieurs cadavres de *D. suzukii* ont été observés dans ces chaudières, représentant environ 17% d'individus supplémentaires. Cowles (2013) a observé que pulvériser un insecticide sur les parois d'un piège (Fendiocarb + Bifenthrin), permet de tuer de nombreuses *D. suzukii* supplémentaires, car il a récolté quatre fois plus d'individus dans la chaudière placée sous le piège que dans le piège lui-même. Ces observations peuvent permettre d'améliorer la

technique de piégeage massif plus que le dépistage (les individus morts en dehors du piège ne seront pas comptabilisés).

Les attractifs

Les premières recherches sur les attractifs pour *D. suzukii* ont été réalisées par l'équipe du Dr. Peter Landolt dans l'état de Washington et ils ont démontrés qu'une combinaison de vin + vinaigre était toujours plus attractive que chaque liquide testé seul. De manière identique, l'acide acétique + éthanol est toujours plus attractif que les deux composés pris indépendamment. Il a aussi été démontré que le mélange vin + vinaigre capture plus de *D. suzukii* que le mélange acide acétique + éthanol (Landolt *et al.* 2012). L'éthanol est un composé du vin et l'acide acétique un composé du vinaigre. Cependant leur efficacité inférieure démontre que d'autres composés présents dans le vin et le vinaigre jouent un rôle attractif. Plusieurs années de travail sur les composés volatiles attractifs pour *D. suzukii* leur ont permis de découvrir une activité électrique des antennes de *D. suzukii* pour 13 composés volatiles issus du vin et sept composés volatiles issus du vinaigre (Cha *et al.* 2012). Les sept composés du vinaigre étant communs aux composés volatiles identifiés du vin (Cha *et al.* 2012). Cependant, les 13 composés testés ensemble n'étaient jamais aussi attractifs que le vin et le vinaigre ensemble, probablement car certains composés identifiés individuellement étaient antagonistes.

Une étude plus récente de Cha *et al.* (2014) a testé ces 13 composés dans différentes combinaisons et a pu montrer que c'est l'acide acétique, l'éthanol, l'acétone et le méthionol qui sont les composes olfactifs clefs attractifs pour *D. suzukii*. Récemment, ils ont testés l'effet de concentrations différentes des quatre composées sur les captures de *D. suzukii* et ont réussi à optimiser le mélange pour obtenir de 104% à 147 % plus de *D. suzukii* capturées dans les pièges (Cha *et al.* 2014). L'équipe a transféré la technologie des appâts à deux compagnies américaines (Scentry et Trécé), les quatre composés forment actuellement l'attractif de base des pièges à Pherocon pour *D. suzukii* de Trécé et Scentry. Trécé commercialise actuellement deux pièges Pherocon pour *D. suzukii* avec deux produits, un très attractif, moins spécifique et qui peut piéger les *D. suzukii* tôt en saison et un autre plus spécifique, à utiliser dans le courant de la saison de production. Au Japon une autre équipe travaille sur les composés organiques du vinaigre de riz brun démontré efficace pour attirer les *D. suzukii*, ils ont découvert deux polyamines : la putrescine et la spermidine qui augmente l'attraction des *D. suzukii* pour le vinaigre de cidre de pomme (Akasaka *et al.* 2016).

Ces recherches font surtout état d'isolation de composés chimiques pour développer des attactifs commerciaux. En parallèle et postérieurement aux études de Landolt, des expériences se sont multipliées pour comparer différent attractifs maison ou commerciaux sur les deux continents (Amérique du Nord et Europe). Ces comparaisons ont souvent été faites dans différentes cultures, sur différentes années et différentes localisations géographiques qui rendent ainsi très difficile la généralisation. Actuellement, il est difficile de répondre à la question : quel est le meilleur attractif à utiliser? Beaucoup de présentations Power-Point font part de comparaison d'attractifs mais peu de résultats ont été publiés dans des articles scientifiques avec comité de relecture. Pourtant, avoir le bon attractif pour attirer *D. suzukii* est un élément clef pour la lutte contre cet insecte. Jusqu'à maintenant le

principal problème est que les attractifs ne sont pas assez spécifiques, que les adultes ne sont pas détectés tôt en saison et que beaucoup d'autres insectes sont capturés avec la *D. suzukii*. L'attractif le plus comunément utilisé en Amérique du Nord est le vinaigre de cidre de pomme (Lee *et al.* 2013) ainsi qu'un attractif à base de ferment selon la recette suivante : 15 ml de levure sèche active + 60 ml de sucre + 350 ml d'eau (Walsh *et al.* 2013). Cependant ceci est contradictoire par rapport au fait que *D. suzukii* est attiré par des fruits non fermentés contrairement aux autres drosophiles qui choisissent des fruits décomposés en fermentation (Cha *et al.* 2014; Cini *et al.* 2012). Une large étude de Burrack *et al.* (2015) a comparé l'efficacité de différents attractifs à travers cinq États et a démontré que tous les produits testés : le « *fermenting bait cup* », la kairomone de Trécé, la levure + sucre et le Drosidrink (112 ml of apple cider vinegar, 38 ml of red wine, 3 g of Muscovado sugar) sont plus attractifs que le vinaigre de cidre de pomme. La conclusion de l'article indique que la kairomone de Trécé avec le vinaigre de cidre de pomme dans le fond du pot s'est avéré le plus facile d'utilisation. Au Québec, une étude menée par la coopérative de solidarité Cultur'Innov a testé différents attractifs "maison" dans cinq fermes de localité différentes afin de trouver un attractif utilisable pour le piégeage de masse. Parmi les attractifs testés, il y avait la levure + eau + sucre, le vinaigre de cidre de pomme + éthanol, le Pherocon de Trécé + du vinaigre de cidre de pomme et le kombucha abec ou sans Vaportape (2,2-Dichlorovinyl dimethyl phosphate). Le kombucha, une boisson de thé fermenté résultats d'une association symbiotique de levures et de bactéries acétiques. Il doit être préparé de façon à laisser se dérouler la fermentation lactique et alcoolique durant environ deux semaines. Les résultats ont montré que la levure + eau+ sucre capturait significativement plus de *D. suzukii* que les autres attractifs (Fig. 22) (Lanoue Piché 2014)

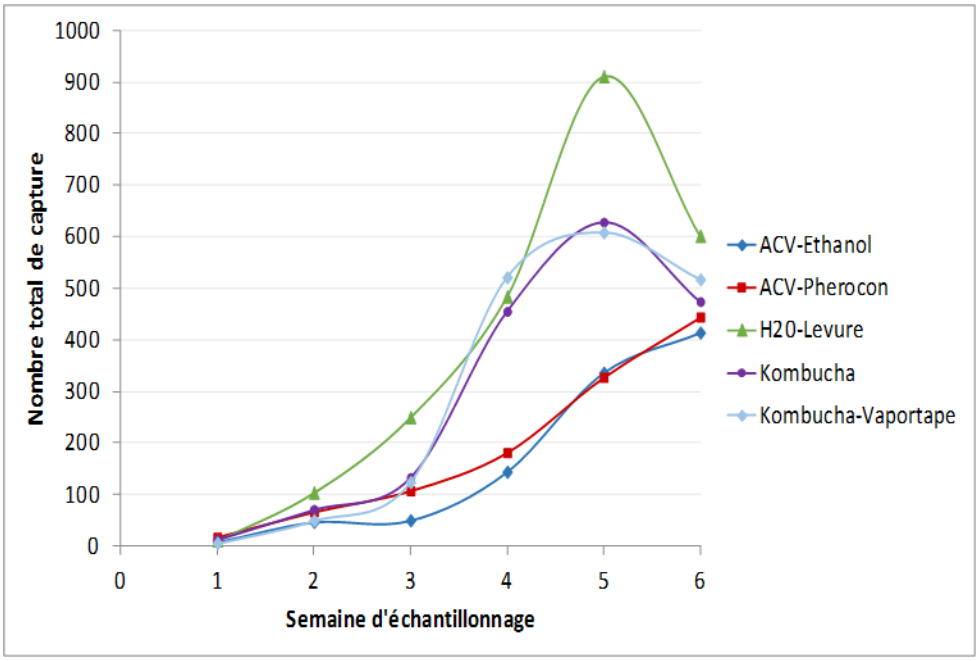


Figure 22 : Nombre total de *D. suzukii* adulte capturé par piège en fonction des appâts et selon les semaines d'échantillonnage (Tiré de Lanoue Piché 2014).

2.5.2 Évaluation des infestations

Test de sel

Afin de déterminer si les fruits sont infestés, les intervenants du milieu préconisent l'utilisation de test de sel pour évaluer la présence de larves dans les fruits (Fisher et Fraser 2015; Lacroix et Harnois 2013). Le sel force les larves à sortir des fruits et favorise leur flottaison à la surface du liquide. La recette utilisée au Québec et proposée par le RAP petits fruits suit les étapes suivantes (Lacroix et Harnois 2013) (Fig. 23) :

1. Dans une chaudière, préparer une solution d'eau salée par la dissolution de 1 partie de sel pour 16 parties d'eau (1/4 de tasse de sel pour 4 tasses d'eau). Utiliser de l'eau à la température de la pièce. Vingt litres de solution saline devraient permettre d'évaluer environ 9 kg de fruits.
2. Laisser reposer la solution 15 à 20 minutes jusqu'à dissolution complète du sel.
3. Prélever un échantillon de fruits bien mûrs ou de fruits dont vous redoutez la présence de *D. suzukii* (environ 300 g de fruits par échantillon).
4. Placer l'échantillon de fruits (300 g) dans un contenant de plastique ou un plateau peu profond.
5. Verser la solution saline dans le contenant de façon à recouvrir entièrement les fruits.
6. Écraser légèrement les fruits avec un pile-patates.
7. Vous pouvez placer un grillage par-dessus les fruits afin de vous assurer qu'ils demeurent immergés dans la solution.
8. Si nécessaire, ajouter de la solution saline afin que le niveau d'eau dépasse les fruits d'environ 1 cm.
9. Les larves devraient émerger des fruits et flotter à la surface de l'eau. L'utilisation d'une lampe va aider à discerner les larves qui flottent à la surface.

Figure 23 : Matériel pour la réalisation de tests de sel (Crédit photographique : A. Firlej).

2.5.3 Seuil économique

Le seuil économique d'un adulte capturé par piège actuellement en vigueur est basé sur l'absence de tolérance du milieu pour des dommages dans les fruits. Cependant, même avec ce seuil, il n'est pas évident pour un producteur de savoir comment gérer ce ravageur alors que le nombre de traitements phytosanitaires est limité pour un producteur utilisant la lutte chimique. La démonstration du lien entre les captures et les dommages est à l'étude dans divers projets. Au Québec, un projet tente de montrer le lien entre les captures et les dommages dans une succession de framboise d'été et d'automne (Firlej, non publié). Des chercheurs des États-Unis ont observé une corrélation positive significative pour la culture du bleuet (Loeb, non publié). L'étude de Hamby *et al.* (2014) a démontré une relation entre les captures de *D. suzukii* et les dommages dans la culture de framboise en Californie dans des fermes sous régie biologique et conventionnelle. Il ne faut pas perdre de vue qu'en bout de ligne, l'établissement d'une corrélation entre le piégeage et les dommages vise surtout à justifier la tolérance de faibles populations de *D. suzukii* dans les champs en début de récolte, cette stratégie sera testée au Québec en 2017. Également, cela vise à réduire l'usage d'insecticides en période de récolte pour des petits fruits qui ne recevaient aucuns traitements phytosanitaires avant l'arrivée de *D. suzukii*.

3 MÉTHODE DE LUTTE

Afin de lutter contre *D. suzukii*, plusieurs méthodes existent ou sont en voie de développement. Les prochaines sections en fond une synthèse.

3.1 LUTTE PAR INSECTICIDES

3.1.1 Insecticides conventionnels et biologiques

La lutte chimique consiste en l'application d'insecticides destinés à contrôler, détruire, amoindrir, attirer ou repousser, directement ou indirectement, un organisme nuisible, nocif ou gênant pour les récoltes. Les insecticides peuvent être des produits de synthèse (conventionnel) ou des micro-organismes et produits naturels (biologique). Bien que ces derniers soient une méthode de lutte biologique, nous avons décrit leur efficacité dans cette section à des fins de comparaison avec les produits de synthèse. Pour lutter contre *D. suzukii*, l'utilisation d'insecticide de synthèse est la méthode la plus couramment utilisée dans le secteur des petits-fruits à travers le monde. Depuis l'arrivée de *D. suzukii* en Amérique du Nord, les années écoulées ont permis d'observer l'efficacité de ces insecticides pour ce ravageur. Plusieurs publications ont passé en revue l'efficacité des insecticides sur *D. suzukii,* mais particulièrement deux publications de Bruck *et al.* (2011) et Beers *et al.* (2011) relatent les résultats de larges études sur l'efficacité de différents insecticides en laboratoire. Les résultats concernant la mortalité des adultes 24 h après un contact avec l'insecticide sont synthétisés dans le tableau 7. Ces auteurs ont démontré qu'en général, les produits à base de pyréthrinoïdes (Mustang Max, Brigade et Danitol), organophosphorés (Malathion) et spinosynes (Delegate, Entrust et Radiant) sont les plus efficaces à tuer les adultes de *D. suzukii* après 24 h. Également, les résultats montrent une différence de susceptibilité entre les sexes, les mâles étant toujours plus sensibles aux insecticides que les femelles. Cette tendance a aussi été observée par Smirle *et al.* (2017) qui ont démonté également un effet de l'âge sur la susceptibilité aux insecticides, les mâles et femelles âgés de 8 jours sont plus susceptibles au malathion que ceux âgés de 2 jours.

Tableau 7 : Pourcentage de mortalité des adultes de *D. suzukii* après 24h suite à une application directe du produit phytosanitaire ou un contact avec un fruit traité (Tiré de Bruck *et al.* 2011).

	Mortalité (%) des adultes 24h après une application directe	Mortalité (%) des adultes selon les sexes (M=mâle; F=femelles) 24h après une application directe	Mortalité (%) des adultes 24h après un contact avec un fruit traité par application topique
Abamectin	≈ 65	M ≈ 75; F ≈ 50	
Acetamiprid	≈40	M ≈ 75; F ≈ 10	21,2-54,4
Azadirachtin	≈ 25	M ≈ 35; F ≈ 10	
Beta-cyfluthrin	100		
Bifenthrin	100		97,7-100

	Mortalité (%) des adultes 24h après une application directe	Mortalité (%) des adultes selon les sexes (M=mâle; F=femelles) 24h après une application directe	Mortalité (%) des adultes 24h après un contact avec un fruit traité par application topique
Carbaryl	≈ 70	M ≈ 100; F ≈ 75	
Chlorantraniliprole	≈ 20		
Endosulfan	≈ 70		
Esfenvalerate	100		99,5-100
Fenpropathrine	100		
Imidacloprid			70,3-83
Malathion	100		100
Methomyl	100		
Novaluron	≈ 5		
Perméthrine	100		
Pyréthrine	≈ 80	M ≈ 95; F ≈ 65	
Sorbitol octanoate	± 20		
Soya + huile cèdre + sorbate de potassium + sodium lauryl sulfate	± 50	M ≈ 65; F ≈ 45	
Spinetorame	100		99,9-100
Spinosad	100		
Sucrose octanoate ester	± 2		
Thiaméthoxame	≈ 15		2,8-68,7
Thiaméthoxame + Chlorantraniliprole	≈ 35	M ≈ 50; F ≈ 20	
Zeta-cyperméthrin	100		99,5-100

Bruck *et al.* (2011) ont aussi étudié l'efficacité résiduelle de cinq matières actives sur *D. suzukii*. La championne est la zeta-cyperméthrine qui procure 100% d'efficacité résiduelle pouvant aller jusqu'à 14 jours après l'application alors que les autres matières actives sont moins rémanentes (Malathion : 3-10 jours; Spinetoram : 3 jours).

Suite à plusieurs années d'utilisation d'insecticides en champs pour lutter contre *D. suzukii*, les chercheurs américains ont établis un tableau synthétisant l'efficacité des insecticides sur le terrain. Les produits se démarquant (cote supérieure ou égale à 3) sont encadrés en vert (Fig. 24). La même conclusion est observée que pour le laboratoire : les produits à base de pyréthrinoïdes, organophosphorés et spinosynes sont les plus efficaces à réduire les populations de *D. suzukii* adultes sur le terrain.

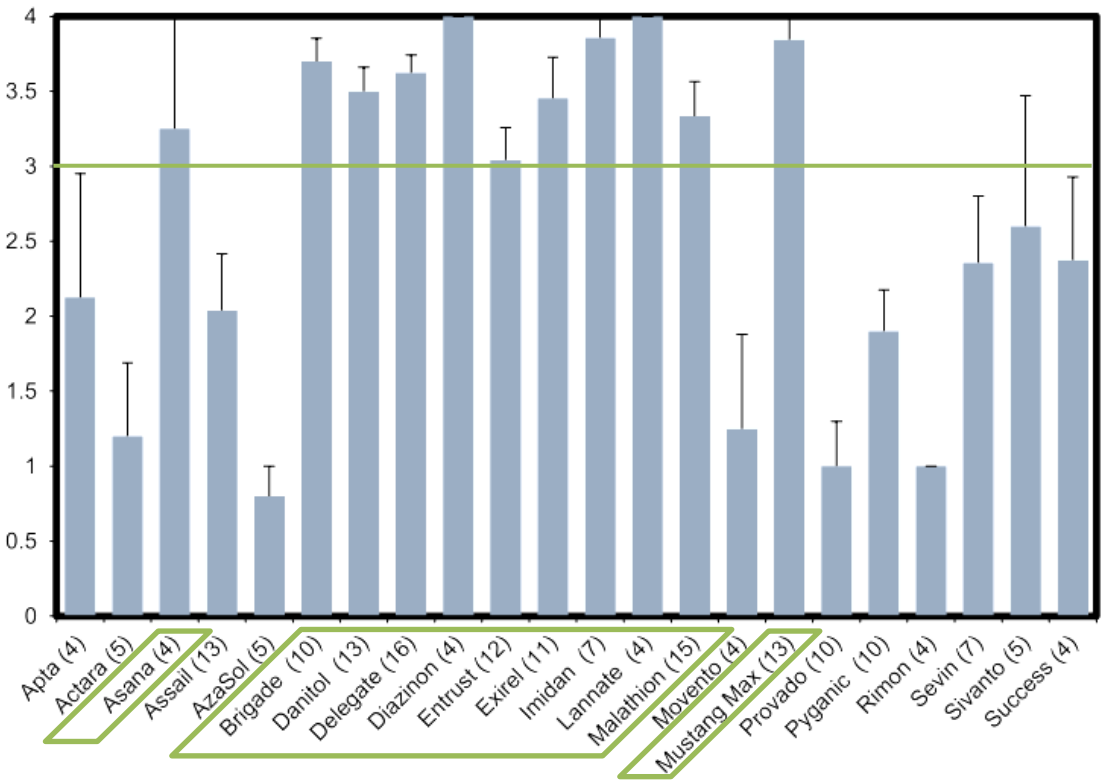


Figure 24 : Résultat d'un sondage sur l'efficacité moyenne (±SE) de 22 insecticides contre *D. suzukii* dans différentes cultures. (0=pas d'effet, 1=peu efficace; 2= faible; 3=bon et 4= excellent) (Isaacs 2013).

Deux études menées par le CIEL et Phytodata ont testés l'efficacité de plusieurs insecticides contre *D. suzukii* dans les conditions de cultures au Québec. L'étude du CIEL a démontré que pour la culture des fraises, le Ripcord, le Danitol et l'Exirel ont été les insecticides les plus efficaces à réduire les infestations de *D. suzukii* dans les fruits (Puesnel *et al.* 2016). L'étude de Phytodata a démontré que seule le Ripcord et le Danitol ont été les plus efficaces sur le terrain pour limiter les infestations de *D. suzukii* dans les framboises (Thireau *et al*. 2016). L'Entrust et le Delegate ont réduits les infestations mais pas de manière significative par rapport au témoin. Thireau *et al.* (2016) a aussi observé que le Delegate tue 50 % des *D. suzukii* en 4,5 h, que l'Entrust agit en 5,4 h alors que tous les autres produits testés (Ripcord, Exirel, Danitol, Bio Cérès, Evergreen, Suffoil, PureSpray et Movento) tuent 50 % des adultes en plus de 55h.

La lutte contre *D. suzukii* en régie biologique à l'aide de produits phytosanitaires est un réel défi puisqu'un seul insecticide est actuellement homologué (Entrust) au Canada et son utilisation est limité à trois applications durant la saison. La même problématique est présente aux États-Unis et différentes initiatives tentent donc de trouver des alternatives à l'utilisation d'Entrust ou des produits d'alternance pour la régie biologique. Plusieurs produits ont été testés par différentes équipes dans le cadre des projets IR4 aux États-Unis (IR4 projets 2015 et 2016). Parmi les produits testés, il y avait : Oxydate 2, Azagard, Ag Aide, Biocères, Pyganic, Venerate XC, Azera, Grandevo, Veratran D, CymeXa. Certain étaient testés en application répétée et d'autres étaient testées en application alternée. Parmi tous les tests

réalisés en 2015 et 2016, peu de combinaisons ressortent efficaces. Le Veratran D alterné avec le Grandevo diminue les populations de *D. suzukii* dans une seule étude (IR4 projets 2015). L'Entrust + sirop de maïs alterné avec le Grandevo + sirop de maïs diminue significativement le nombre de larves dans les fruits dans une seule étude (IR4 projets 2016). Il est connu que les produits biologiques sont moins efficaces que les produits de synthèse aux mêmes conditions d'applications, ce qui dans le cas d'un ravageur majeur comme *D. suzukii* ne permet pas de diminuer de manière acceptable le pourcentage de fruits infestés. Cependant, l'utilisation de ces produits dans une stratégie plus large incluant des techniques prophylactiques et du piègeage de masse n'a pas été étudiée.

En Suisse, des essais ont démontré que la chaux (Nekagard 2® de la firme Kalkfabrik Netstal AG) peut avoir un pouvoir protecteur contre *D. suzukii*. Appliquée directement sur les fruits, cette substance a la capacité d'inhiber la détection des fruits par *D. suzukii*. L'effet répulsif de cet hydroxyde de calcium a été mis en évidence dans des essais conduits par Dorsaz et Baroffio (2015) En laboratoire, la chaux diminue de près de la moitié le pourcentage d'émergence de *D. suzukii* et sur le terrain, une diminution du nombre de fruits infectés en comparaison à un témoin a été observé (Baroffio *et al.* 2017a) (Fig. 25). L'essai a été effectué sur une parcelle de framboises à faible concentration de chaux (1,8 kg/ha pour 1000 litres d'eau), mais le recours à ce traitement doit encore être testé dans des conditions de forte pression de *D. suzukii*. Plusieurs méthodes d'application ont été expérimentées: brante à dos, atomiseur, turbodiffuseur et pistolet. Le turbodiffuseur s'est montré le plus efficace pour limiter les désagréments esthétiques sur les fruits (Fig. 26). Cependant le mode d'action exact de ce produit est encore peu connu.

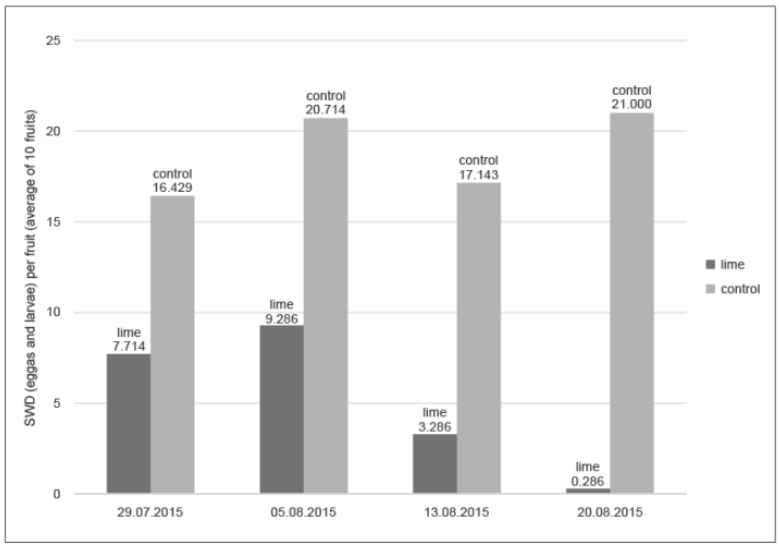


Figure 25 : Nombre d'oeufs et larves de *D. suzukii* observées dans des fruits (Tiré de Baroffio *et al.* 2017a)

Figure 26 : Fruits avec résidus de chaux appliquée en fin de journée (Tiré de Baroffio *et al.* 2016)

Nota Bene : La chaux n'est pas homologuée au Canada contre la D. suzukii.

3.1.2 Ajout de substances attractives

L'ajout d'une substance attractive dans une bouillie insecticide a fait l'objet de quelques études afin de déterminer s'il est possible qu'elle améliore l'efficacité des insecticides à tuer les *D. suzukii* adultes. L'ajout d'un composé alimentaire très simple comme le sucre augmente l'efficacité des insecticides à contrôler les populations de *D. suzukii*. Le principe est simple, les mouches sont attirées par les surfaces sucrées et elles étendent leurs pièces buccales pour goûter le sucre et l'ingérer par digestion extra-orale. Quatre applications insecticides où du sucrose (1,1kg/ha) a été ajouté à du Delegate ou de l'Assail ont permis d'obtenir deux fois moins de larve dans des bleuets en corymbe : 6,1 larves ont été observées pour 470 ml de bleuets traités après quatre applications d'insecticides + sucrose comparativement à 12,1 larves pour les insecticides sans sucrose (Cowles *et al.* 2015). Certains producteurs de Nouvelle-Angleterre ajoutent 2,4 g de sucre par litre de bouillie depuis 2013 pour améliorer le contrôle des populations de *D. suzukii*. Cependant, d'autres producteurs ont des hésitations car l'effet d'ajouter du sucre n'a pas été mesuré sur la mortalité des insectes pollinisateurs. Également d'autres essais en laboratoire ont testés l'ajout d'un attractif, le Suzukii Trap™ de Bioibérica a des insecticides (Andreazza *et al.* 2016). Cet attractif contient un mélange d'acides organiques et de peptides attractifs spécialement étudié pour *D. suzukii* et utilisé actuellement pour le dépistage ou le piégeage de masse en Espagne. Cependant même si l'étude conclu à une efficacité améliorée avec cet ajout, la proportion d'attractif ajouté n'est pas précisée (Andreazza *et al.* 2017).

Nota Bene : *Ajouter du sucrose ou tout autre produit chimique à un produit phytosanitaire déjà homologué est considéré comme ajouter un adjuvant et cette procédure est réglementée par l'ARLA. Une homologation doit être obtenue afin de pouvoir appliquer ce mélange au Canada.*

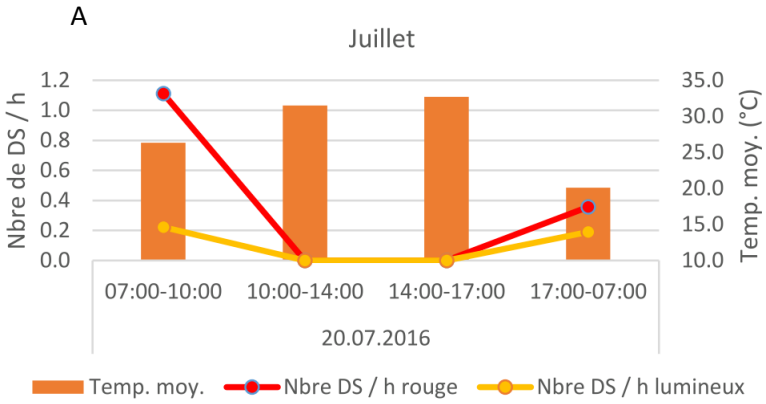
3.1.3 Facteurs pouvant moduler les applications phytosanitaires

Pluie

Il est connu que la pluie diminue l'efficacité des pesticides. L'étude de Gautam *et al.* (2016) montre que des pluies de 12,5 mm juste après un traitement peuvent réduire de 23 à 56 % l'efficacité du malathion, de 3 à 60 % celui du spinosad, de 0 à 33 % celui du Spinétorame et de 0 à 43 % celui du zeta-cyperméthrine pour le contrôle de *D. suzukii*. L'activité résiduelle des insecticides étant primordiale pour assurer un contrôle de *D. suzukii*, le lessivage est donc une grande problématique puisqu'elle peut réduire jusqu'à 60 % l'efficacité d'un insecticide.

Écologie

L'écologie de *D. suzukii* est particulière et peut beaucoup influencer le succès d'une stratégie phytosanitaire. En effet les *D. suzukii* utilisent les boisés adjacent aux champs pour se réfugier durant la journée dans les périodes les plus chaudes, les adultes aiment l'humidité et les zones ombragées. Il a été observé que les adultes s'activent essentiellement au lever du jour et plus particulièrement au crépuscule (Fig. 27A) (Kuonen *et al.* 2017). Alors qu'en hiver, c'est durant la journée aux heures les plus chaudes que les *D. suzukii* s'activent (Fig. 27B) (Kuonen *et al.* 2017). Les applications phytosanitaires ont donc plus de chance d'être efficace si elles sont ciblées en soirée au coucher du soleil avec un pulvérisateur permettant une pénétration du feuillage efficace.



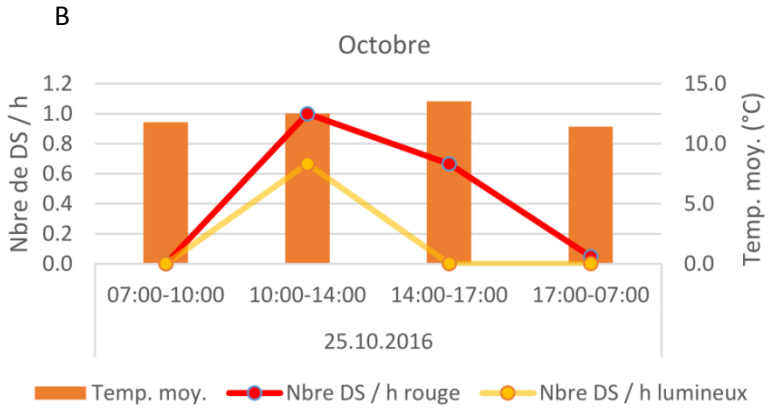


Figure 27 : A) Nombre de d'adultes de *D. suzukii* capturé en juillet ou B) en octobre dans des pièges Profatec avec couvercle rouge et Profatec avec couvercle lumineux en 2016 en Suisse (Tiré de Kuonen *et al.* 2017).

Limite maximum de résidus

L'utilisation d'insecticides force les producteurs à adopter une stratégie pour éviter le dépassement des limites maximum de résidus (LMR) permises sur les fruits. Tous les pays n'acceptent pas les mêmes LMR et celles-ci sont particulièrement importantes lors de l'exportation de produits frais. Les LMR permises au Canada pour les petits fruits peuvent être trouvées sur le site web : http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/mrl-lrm/index-fra.php. Afin de connaitre les LMR pour l'exportation à l'échelle mondiale, le site de Bryant Christie Inc https://globalmrl.com/ possède une base de données à jour complète mais payante. Au Québec, l'exportation de petits fruits se fait essentiellement sous forme de produits transformés (fruits congelés, purées, boites ou fruits séchés) (Massicote et Rioux 2016) et 50 % de ces exportations concernent les bleuets nains transformés. Des gros volumes de fraises et framboises sont importés pour pallier à la demande et la production québécoise exportée est marginale. Dans cette dynamique, les producteurs québécois doivent respecter une stratégie d'utilisation insecticides pour lutter contre *D. suzukii* afin d'alimenter un marché provinciale. Nos voisins américains, ont des LMR plus élevées que celles du Canada, et doivent donc optimiser leur stratégie d'application (délai avant récolte) pour exporter chez nous (Haviland et Beers 2012). Par exemple, le fenpropathrin (Danitol) est problématique car la LMR permise pour cette matière active au Canada est de 0,1 ppm contrairement aux États-Unis où elle est de 5 ppm. Le Fenpropathrin ayant un délai avant récolte de trois jours, il ne peut être utilisé que pour la production de petits fruits américains pour un marché local. Autre exemple, le Malathion qui a un délai avant récolte de quelques jours peut être utilisé pour l'exportation au Canada, mais pas en Europe, les normes étant plus sévères (LMR pour le Malathion : USA=8 ppm, Canada =6 ppm et Europe=0,2 ppm) (Haviland et Beers 2012).

Résistance

L'exposition répétée à une classe d'insecticides peut conduire au développement de la résistance pour cette classe, favoriser le développement de populations résistantes et augmenter les coûts de lutte à la

D. suzukii. Également, la résistance croisée peut survenir quand une mutation génétique rend un ravageur résistant à un pesticide mais également résistant à d'autres pesticides, même quand le ravageur n'a pas été exposé à ces autres produits. Ces derniers sont souvent ceux qui présentant une relation chimique liée au même groupe chimique, et qui ont un mécanisme d'action similaire. Comme il y a une tolérance très faible de larves de *D.suzukii* dans les fruits, l'utilisation fréquente d'insecticides crée un scénario idéal pour le développement de la résistance. Smirle *et al.* (2017) ont étudié la résistance au malathion pour des populations de *D. suzukii* présentes en Colombie Britannique. L'exposition au malathion par contact ou ingestion n'a pas permis d'observé de résistance après 30 générations et cela peut s'expliquer par deux pistes : 1) les populations initiales de *D. suzukii* isolées sur les cerises et bleuets ont une diversité génétique faible ou 2) la dégradation microbienne du malathion est facilitée par les complexes de levures et bactéries utilisés par les adultes de *D. suzukii*.

Les bordures de champs

La présence de plantes hôtes alternatives en bordure de champs cultivés influence l'activité des *D. suzukii* et la montée des populations dans le champ (Klick *et al.* 2016). La pulvérisation des bordures de champs (3 m vers l'intérieur) à trois semaines consécutives a permis de diminuer les populations de *D. suzukii* dans cette zone ainsi que la quantité de larves dans les fruits de cette zone (Iglesias et Liburd 2017). Cependant cette mesure ne peut à elle seule diminuer les dommages d'une parcelle de fruits au complet.

3.2 LUTTE PHYSIQUE

3.2.1 Couvre-sol

Sachant que 82 à 93 % des pupes se retrouvent dans le sol et non dans les fruits, les larves ont donc un comportement de tomber au sol pour puper (Hamby *et al.* non publié). Différentes méthode de lutte physique visant à rendre le sol inadéquat pour le développement de *D. suzukii* sont donc actuellement testées. Le labour à 15 cm de profondeur dans des parcelles de mûres n'a pas permis d'influencer le développement de *D. suzukii* et donc de diminuer les dommages (Iglesias et Liburd 2017). Un essai de paillis de plastique noire réalisé en Italie a permis de démontré un effet significatif sur les populations (Grassi *et al.* 2016). D'autres essais sont actuellement en cours dans l'équipe du Dr. Kelly Hamby de l'université du Maryland pour déterminer l'effet de différent paillis sur les dommages et les populations de *D. suzukii.* L'équipe a testé la survie des pupes dans le sol en présence de tissus et copeaux, d'écorce de pin, de mauvaises herbes ou d'un sol nu. La présence d'un paillis augmente la température en surface pour dépasser la température supérieure limite à laquelle le développement de *D. suzukii* est arrêté. Il a été observé jusqu'à 100 % de mortalité pour les larves selon les différents paillis (Hamby non publié)

3.2.2 Taille

La taille permet d'aérer les rangs en augmentant la température à l'intérieur du feuillage et en diminuant l'humidité. Actuellement, il est connu que les *D. suzukii* sont présentes à l'intérieur des plants dans le feuillage. Une étude de l'équipe du Dr. Kelly Hamby vérifie scientifiquement l'effet de différents régimes de taille sur la ponte de *D. suzukii* et la survie des larves (Hamby 2017). Cependant cette technique est déjà préconisée

3.2.3 Filets

Les filets sont parmi les méthodes alternatives les plus étudiés pour *D. suzukii* car cet outil fonctionne très bien. En laboratoire, Grassi *et al.* (2016) a montré qu'à partir de maille 1 mm x 1 mm, les *D. suzukii* sont capables de passer à travers les trous (Tabl. 8).

Tableau 8 : Pourcentage de *D. suzukii* échappant d'un cylindre dont l'extrémité est recouverte d'un filet de différentes tailles de maille (Tiré de Grassi *et al.* 2016).

hole size (mm)	hole area (mm^2)	% *D.suzukii* adults escaped
0.27 x 0.77	0.21	0
0.49 x 0.77	0.38	0
0.84 x 1.17	0.98	0
1 x 1	1	**80**
0.97 x 1.54	1.49	**30**
1 x 1.6	1.6	**25**
7 x 3	21	**100**

Des essais terrain réalisés sur des parcelles de myrtilles en Suisse et en bleuetière au Québec montrent que l'utilisation de filets permet de protéger complétement les fruits des infestations de *D. suzukii* (Baroffio *et al.* 2016; Cormier *et al.* 2015) (Fig. 28A). Riggs *et al.* (2016) ont observé tout de même des infestations mais réduites : dans un essai réalisé en bleuetière à avec des filets 80 gr. (maille : 1,0 x 0,6 mm) des pourcentages d'infestation de 0,53 %, 0,37 % et 0 % ont été observés sous filets en 2014, 2015 et 2016 comparativement à une infestation de 20 % dans les zones traitées aux insecticides. D'autres études dans la framboise, le bleuet et la mûre ont montré que les infestations étaient retardées (Leach *et al.* 2016; Shelby *et al.* 2015) comparativement à des parcelles non protégées. C'est ce qui est observé aussi en Italie pour des framboises 'Tulameen' protégées par un filet de maille 0,47 x 0,77 mm (Grassi *et al.* 2016) (Fig. 29). La gestion des récoltes (ouverture-fermeture des filets) contribue probablement à ces infestations et la construction d'un sas est envisageable bien que l'effet n'a jamais été démontré.

Figure 28 : (A) Filet d'exclusion en mono-rang installé en bleuetière au Québec (Tiré de Cormier *et al.* 2015) (B) et filet d'exclusion en mono-rang utilisé en ceriseraie en France (Tiré de Charlot *et al.* 2014).

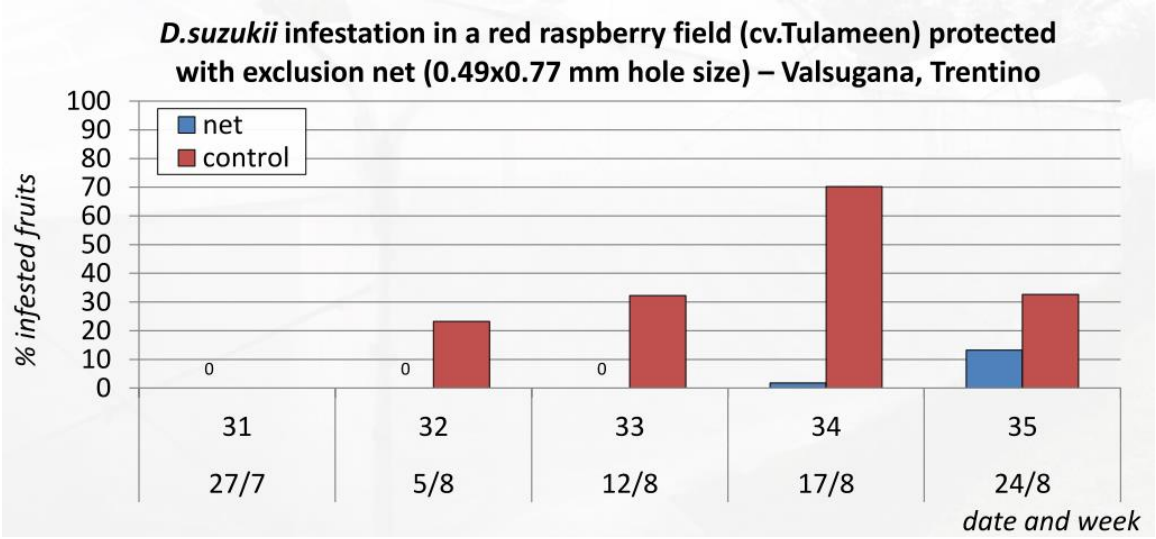


Figure 29 : Pourcentage d'infestation des fruits par *D. suzukii* dans une parcelle de framboise 'Tulameen' protégée par des filets (Tiré de Grassi 2016).

En Europe, cette méthode est maintenant utilisée en production de cerises et demeure la plus efficace pour éviter les infestations de *D. suzukii* pour cette culture à haute valeur de vente (Fig. 28B). Sur des mono-rangs de cerisiers, Charlot *et al.* (2014) ont utilisé des mailles de 1,40 x 0,95 mm. Sur une mono-parcelle de cerisiers, Weydert *et al.* (non publié) utilisaient des murs avec des mailles de 1,37 x 1,71 mm et un toit aux mailles de 1,38 x 1,38 mm. Des mono parcelles recouvertes de filet sont également utilisées

avec succès en Suède (Fig. 30). Plusieurs projets sont encore en cours pour démontrer l'efficacité des filets sous différentes conditions aux États-Unis, au Canada et en Europe.

.

Figure 30 : Filet d'exclusion en mono-parcelle installé en Suède (Tiré de Svensson *et al.* 2017).

Seules deux études (Firlej *et al.* 2014; Riggs *et al.* 2016) ont étudié les coûts associés à l'utilisation des filets et arrivent à des chiffres différents en fonction des structures utilisées et de la ressource humaine. Des projets sont en développement en Europe pour pousser l'adoption de cette méthode, une réelle analyse économique (revenue/dépense) au Québec serait donc nécessaire afin de déterminer la rentabilité ou non de cette méthode en fonction du marché visé (biologique ou conventionnel).

3.3 LUTTE BIOLOGIQUE

La lutte biologique consiste à réguler les populations de ravageurs sous un seuil économique acceptable au moyen de prédateurs (nématodes, arthropodes), parasitoïdes (arthropodes) et agents pathogènes (virus, bactéries et champignons) (Coderre et Vincent 1992; Waage et Mills 1992). Il existe trois stratégies de lutte biologique : la lutte classique (introduction d'agents auxiliaires provenant du même lieu que le ravageur exotique), augmentative (traitements répétitifs par des agents auxiliaires) et de conservation (promotion des agents auxiliaires existants). L'utilisation d'agents auxiliaires pour lutter contre *D. suzukii* est encore à l'étape de l'évaluation en laboratoire ou sur le terrain sans que leur utilisation ne soit réellement déjà adoptée. Les tableaux 8 et 9 dressent les listes de prédateurs et parasitoïdes connus pour s'attaquer à *D. suzukii*. De manière générale, les stades œufs, larve et pupes sont susceptibles d'être atteints par divers agents auxiliaires.

La littérature fait état d'au moins quatre parasitoïdes larvaires et deux parasitoïdes pupaux pouvant attaquer naturellement *D. suzukii* dans son aire d'invasion (Chabert *et al.* 2012; Gabarra *et al.* 2015; Miller *et al.* 2015; Moreno Carrillo *et al.* 2015; Poyet *et al.* 2013; Rossi-Stacconi *et al.* 2013) (Fig. 31). Parmi les quatre parasitoïdes larvaires, il y a *Asobara japonica*, *A. tabida*, *Leptopilina boulardi* et *L. heterotoma* (Tabl. 8) mais les œufs de ces parasitoïdes sont susceptibles au système immunitaire de *D. suzukii*; la charge en cellules immunitaires protégeant *D. suzukii* du parasitisme est d'ailleurs plus élevée que chez *D. melanogaster* (Kacsoh et Schlenke 2012). Les études récentes de Chabert *et al.* (2012) et de Poyet *et al.* (2013) ont démontré que seuls les œufs d'*A. japonica* arrivent à se développer dans *D. suzukii*. Toutefois, ce candidat intéressant initialement originaire du Japon fut rarement reporté parasitant *D. suzukii* (Nomano *et al.* 2015) puisque les femelles recherchent leurs hôtes dans des fruits en fermentation, alors que *D. suzukii* s'attaque à des fruits mûrs, donc non fermentés. Pour les parasitoïdes pupaux, il s'agit de *Pachycrepoideus. vindemiae* et *Trichopria drosophilae* (Tabl. 9). Pour ces parasitoïdes, le système immunitaire de *D. suzukii* influence moins les chances de parasitisme car les œufs sont pondus entre la pupe et le puparium. *Pachycrepoideus vindemiae* et *T. drosophilae* ont aussi un potentiel important de régulation des populations de *D. suzukii* et *T. drosophilae* est pour l'instant testé par la compagnie Biobest pour de l'élevage de masse et des essais terrains en Europe (Weydert, comm. pers.). Mitsui et Kimura (2010) ont observé que *Ganaspis xanthopoda* n'émerge jamais de *D. suzukii* lors de test en laboratoire. Cela démontre que certains parasitoïdes n'utilisent pas *D. suzukii* comme hôte et l'écologie de cette espèce peut expliquer ce phénomène. Par exemple les parasitoïdes attaquants les drosophiles en général trouvent leurs hôtes dans des fruits en décomposition contrairement à *D. suzukii* qui se trouve dans les fruits mûres sur le plant. Il y a donc un décalage dans la localisation des hôtes qui peut expliquer que certains parasitoïdes n'attaquent pas *D. suzukii*.

L'équipe du Dr. Kent Daane en Californie en collaboration avec différentes équipes en Corée du sud (Daane *et al.* 2016) ont mené des campagnes de ramassage de fruit pour récupérer des espèces exotiques de parasitoïdes capables de s'attaquer à *D. suzukii*. Durant les deux années (2013 et 2014), ils ont collecté *Asobara japonica* Belokobylskij, *A. leveri* (Nixon), *A. brevicauda* Guerrieri & van Achterberg (Hymenoptera: Braconidae), *Ganaspis brasiliensis* (Ihering), *Leptopilina japonica* japonica Novkovic & Kimura, *L. japonica formosana* Novkovic & Kimura (Hymenoptera: Figitidae); et les parasitoides de pupes *Pachycrepoideus vindemiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) et *Trichopria drosophilae* Perkins (Hymenoptera: Diapriidae). Mais en laboratoire c'est particulièrement *A. japonica*, *G. brasiliensis*, *T. drosophilae*, *P. vindemia* qui attaquent *D. suzukii*. Actuellement ils évaluent le potentiel des différents parasitoïdes exotiques pour établir un programme de lutte biologique classique et deux espèces parmi les plus prometteuses font l'objet d'une pétition pour leur relâcher dans la nature. Un projet Canadien a été également déposé en ce sens à la grappe biologique du Canada pour étudier ces deux parasitoïdes et leur introduction au Canada.

Tableau 9 : Liste des parasitoïdes s'attaquant à *D. suzukii*.

Espèces de parasitoïdes	Stade attaqué	Pourcentage d'infestation	Pourcentage d'émergence	Références
Asobara brevicauda	Larve	n.d.	n.d. 67,7 %	Daane *et al.* 2016 Mitsui et Kimura 2010
Asobara japonica	Larve	91-98 %	41-71 % 67,7 %	Chabert *et al.* 2012 Mitsui et Kimura 2010
Asobara leveri	Larve	n.d.	n.d.	Daane *et al.* 2016
Asobara tabida	Larve	0 %	0 %	Chabert *et al.* 2012
Leptopilina boulardi	Larve	63-70 %	0 %	Chabert *et al.* 2012
Leptopilina japonica japonica	Larve	n.d.	n.d.	Daane *et al.* 2016
Leptopilina heterotoma	Larve	52-83 %	0%	Chabert *et al.* 2012
Pachycrepoideus vindemiae	Pupe	50-68 % 49 %	53-60 % 25-68 %	Chabert *et al.* 2012 Rossi-Stacconi *et al.* 2013 Wang *et al.* 2016
Trichopria drosophilae	Pupe	69-85 % 17 %	38-76 %	Chabert *et al.* 2012 Wang *et al.* 2016
Ganaspis sp. *Ganaspis xanthopoda*	Larve Larve		1,8-7 % 0 %	Nazuki *et al.* 2013 Mitsui et Kimura 2010

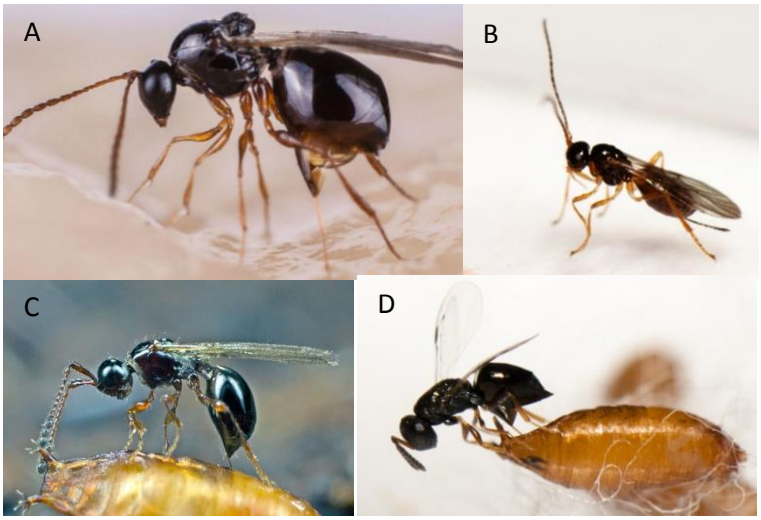


Figure 31 : Photos de A) *Leptopilina heterotoma*, B) *Asobara tabida*, C) *Trichopria drosophilae* et D) *Pachycrepoideus vindemia*.

En ce qui concerne les prédateurs, le tableau 9 résume les récentes recherches publiées depuis les trois dernières années. Plusieurs prédateurs ont été évalués en laboratoire et démontrent des résultats

d'efficacité mais avec une certaine variation entre les études. Les punaises de types *Orius* sp. et *Anthocoris* sp. peuvent attaquer les larves et les adultes de *D. suzukii* (Tabl. 10 et Fig. 32). Cependant ce sont aussi des prédateurs d'autres ravageurs pouvant être présents au même moment sur la culture (thrips, tétranyques, pucerons, etc) les rendant ainsi moins efficace à lutter contre *D. suzukii*. *Dalotia coriaria* et *Labidura riparia* sont deux prédateurs du sol pouvant s'attaquer aux larves et auxpupes de *D. suzukii* lors de fortes infestations. Woltz et Lee (2017) ont observé significativement moins de pupes de *D. suzukii* (réduction de 61 à 91 %) dans un traitement où des prédateurs avaient un accès aux pupes sur le sol. Les principaux prédateurs de pupes au sol observés par vidéo étaient les fourmis, les araignées et les opilions (Woltz et Lee 2017). Chaque prédateur actuellement pris individuellement n'est pas capable de diminuer de façon significative les populations de *D. suzukii*.

Tableau 10 : Liste des prédateurs attaquant *D. suzukii*.

Espèces de prédateurs	Stade attaqué	Pourcentage de prédation	Références
Orius insidiosus	Larve	12-50 %	Gabarra *et al.* 2015; Woltz *et al.* 2015
Orius laevigatus	Adulte Oeuf	17-37 % 36 %	Cuthbertson *et al.* 2014 Gabarra *et al.* 2015
Orius majusculus	Adulte	?	Cuthbertson *et al.* 2014
Anthocoris nemoralis	Adulte	9 %	Cuthbertson *et al.* 2014
Dalotia coriaria	Larve	50 % 9 %	Renkema *et al.* 2015 Cuthbertson *et al.* 2014
Labidura riparia	Larve Pupe	91-96 % 61-77 %	Gabarra *et al.* 2015
Hypoaspis miles	Larve/pupe	0 %	Cuthbertson *et al.* 2014

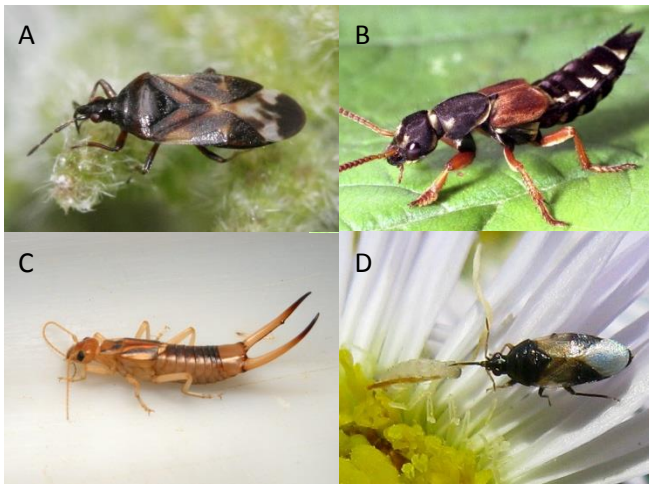


Figure 32 : Photos de A) *Anthocoris nemoralis*, B) *Dalotia coriaria*, C) *Labidura riparia* et D) *Orius insidiosus*.

Également, ces ennemis naturels ne s'attaquent souvent qu'à un stade de développement de *D. suzukii* et si celui-ci n'est pas l'adulte, alors des dommages peuvent survenir. Des essais avec le parasitoïde *T. drosophilae* en serres de fraises en France ont démontré un taux de parasitisme d'au moins 60 % mais comme le parasitoïde attaque juste les pupes, les dommages aux fruits étaient tout de même élevés dans la parcelle (Weydert, comm. pers.).

En ce qui concerne les pathogènes pouvant s'attaquer à différents stades de *D. suzukii*, Cuthbertson et Audsley (2016) ont évalué le taux de mortalité suite à un trempage de sol ou de fruit avec différentes solutions de nématodes et champignons. Ils ont montré que *Steinernema feltiae* et *S. carpocapsae* provoquent tous les deux 80 % de mortalité larvaire de *D. suzukii*, quant à *Heterorhabditis bacteriophora*, c'est près de 95 % de mortalité. Les deux champignons *Metarhizium anisopliae* et *Isaria fumosorosea* peuvent avoir un effet résiduel non négligable sur les adultes contrairement à *Beauveria bassiana* qui a très peu d'effets sur les adultes (Tabl. 11).

Tableau 11 : Liste des pathogènes attaquant *D. suzukii*.

Espèces pathogènes	Groupe	Stade attaqué	Pourcentage de mortalité	Références
Beauveria bassiana	Bactérie	Adulte	10 %	Woltz *et al.* 2015
Isaria fumosorosea	Champignon	Adulte	85 %	Naranjo-Lázaro *et al.* 2014
Heterorhabditis bacteriophora	Nématode	Larve	95 %	Cuthbertson et Audsley 2016
Metarhizium anisopliae	Champignon	Adulte	61 %	Woltz *et al.* 2015
Steinernema feltiae	Nématode	Larve Pupe	80 % 40 %	Cuthbertson et Audsley 2016
Steinernema kraussei	Nématode	Larve Pupe	52 % 55 %	Cuthbertson et Audsley 2016
Steinernema carpocapsae	Nématode	Larve	8 0%	Cuthbertson et Audsley 2016

L'utilisation d'agents de lutte biologique est actuellement à l'étude et peu d'essais terrain sont à ce jour réalisés. Cette méthode de lutte est en développement mais son applicabilité va prendre encore plusieurs années.

3.4 AUTRES MÉTHODES

3.4.1 Fréquence de cueillettes

La fréquence des cueillettes des fruits a un effet sur le taux d'infestation de ceux-ci par *D. suzukii*. Grassi *et al.* (2016) ont observé jusqu'à 40 % moins d'infestation dans des framboises d'automne en Italie cueillies tous les deux jours comparativement à des framboises cueillies tous les quatre jours. Leach *et al.* (2017) ont observé que le nombre moyen d'œufs et de larves de *D. suzukii* étaient plus faibles dans des fruits récoltés tous les jours ou aux deux jours que dans des fruits récoltés aux trois jours (Fig. 33).

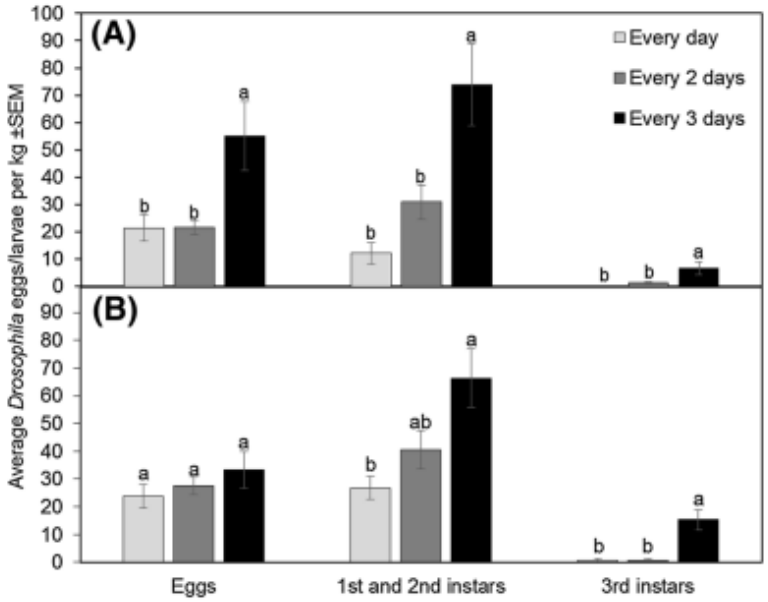


Figure 33 : Pourcentage de framboises d'automne infestées par des œufs ou larves de *D. suzukii* durant une saison selon la fréquence de cueillette en A) 2015 et B) 2016 (des lettres différentes indiquent des différences significatives à $\alpha = 0{,}05$) (Tiré de Leach *et al.* 2017).

3.4.2 Mesures d'hygiènes

Étant donné que les *D. suzukii* peuvent continuer leur développement dans le fruit mûre, même tombé au sol, il est important de faire la cueillette proprement. Il est recommandé de ramasser les fruits mous ou abîmés et non commercialisables ainsi que les fruits tombés au sol (Lacroix et Harnois 2013). Ces fruits, ainsi que les fruits déclassés doivent être éliminés afin d'interrompre le développement de *D. suzukii* Plusieurs méthodes d'éliminations sont possibles (Lacroix et Harnois 2013; Baroffio *et al.* 2017b) :

- Enterrer les fruits à au moins 30 cm, voir même 60 cm de profondeur.
- Détruire les fruits par solarisation : placer les fruits sous une toile de plastique transparent dont les côtés ont été scellés ou dans des sacs de plastique bien fermés. Placer au soleil et laisser chauffer pendant au moins une semaine.
- Congeler les fruits pendant au moins 48 heures.
- Placer les fruits dans un tonneau avec de l'eau savonneuse et fermer le tonneau hermétiquement.
- Éliminer les fruits dans une fosse à purin et remuer.

3.4.3 Variété hâtives

Planter des variétés qui sont matures avant l'augmentation des populations de *D. suzukii* est aussi une solution envisageable pour éviter ce ravageur. Hampton *et al.* (2014) ont montré qu'au Rhodes Island, les variétés de bleuets 'Ealiblue', 'Bluetta', 'Collins', 'Bluejay', 'Bluehave' et 'Blueray' mûrissent avant l'arrivée des *D. suzukii* et sont à privilégier (Fig. 34).

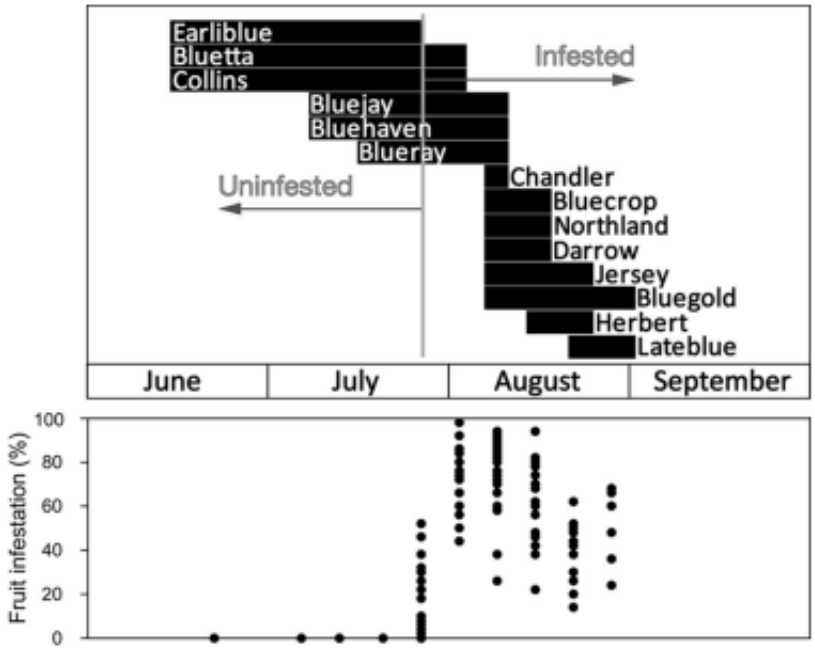


Figure 34 : Période de récolte de 14 variétés de bleuets différentes et taux d'infestation des fruits (Tiré de Hampton *et al.* 2014).

Afin de faciliter un choix de variétés avant la plantation, les trois tableaux 12, 13, et 14 indiquent les périodes de fructification des différentes variétés vendues au Québec avec la période de vulnérabilité à la *D. suzukii* (zone grisée). Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production (bâches, plastiques, plantations décalées). De manière générale, les framboises d'été sont attaquées en fin de période de récolte et certaines variétés fructifient avant les observations des dégâts par *D. suzukii*, il s'agit des variétés 'Boyne', 'Gatineau', 'Jewel', `Madawaska', 'Octavia', 'Prelude', 'Taylor' et 'Titan' (Tabl. 12). Toutes les framboises d'automne fructifient dans la période de susceptibilité à *D. suzukii*. Pour les bleuets en corymbe, la majorité des variétés commence à être récoltée quand les premières captures sont présentes mais les dommages n'apparaissent que vers la fin des récoltes.

Tableau 12 : Périodes de fructification de différentes variétés de framboise au Québec et périodes de susceptibilité à *D. suzukii* au Québec (Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production).

Framboises d'été	Juin		Juil.		Août		Sept.		Oct.	
Bleu nuit					X	X				
Boyne		X	X							
Cowinchan			X	X						
Encore				X	X					
Festival				X	X					
Gatineau			X	X						
Jewel			X	X						
Killarney				X	X					
Mac Black					X	X				
Madawaska			X	X						
Nova				X	X					
Octavia			X	X						
Prelude		X	X							
Taylor		X	X							
Titan		X	X							
Framboises d'automne	**Juin**		**Juil.**		**Août**		**Sept.**		**Oct.**	
Anne						X	X			
Autumn Britten					X	X				
Caroline					X	X	X			
Heritage					X	X	X	X		
Himbo top						X	X	X	X	
Jaclyn				X	X					
Josephine							X	X	X	X
Kiwi Gold						X	X			
Pathfinder					X	X	X	X		
Polana						X	X	X		
Polka					X	X	X	X	X	

Tableau 13 : Périodes de fructification de différentes variétés de bleuet en corymbe au Québec et périodes de susceptibilité à *D. suzukii* (Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production).

Bleuets en corymbe	Juin		Juil.		Août		Sept.		Oct.	
Bluecrop				X	X					
Bluegold				X	X					
Blueray				X	X					
Bluetta		X	X							
Bonus					X	X				
Chippewa					X	X				
Duke			X	X						

Bleuets en corymbe	Juin		Juil.		Août		Sept.		Oct.	
Northblue				X	X					
Northland				X	X					
Patriot				X	X					
Polaris			X	X						
Reka				X	X					
Spartan				X	X					
Superior				X	X					
Toro				X	X					

Tableau 14 : Périodes de fructification de différentes variétés de la fraise au Québec et périodes de susceptibilité à *D. suzukii* (Ces données sont à moduler en fonction de la région et des conditions météorologiques. Également, les dates varient en fonction des techniques de production).

Fraises hâtives	Juin		Juil.		Août		Sept.		Oct.	
Annapolis	X	X	X							
Brunswick		X	X							
Chandler		X	X							
Clery CIV	X	X	X							
Darselect		X	X							
Évangéline	X	X								
Galetta	X	X								
Sable	X	X								
Veestar	X	X								
Wendy	X	X								
Fraises mi-saison	**Juin**		**Juil.**		**Août**		**Sept.**		**Oct.**	
Benicia		X	X							
Cavendish		X	X							
Chambly		X	X							
Clancy		X	X							
Flavorfest			X	X						
Glooscap		X	X							
Jewel		X	X							
Kent			X	X						
Rubicon			X	X						
Sonata		X	X							
Fraises tardives	**Juin**		**Juil.**		**Août**		**Sept.**		**Oct.**	
AC-St-Pierre			X	X	X					
AC-Yamaska		X	X							
Bounty			X	X	X					
Cabot			X	X						
Malwina			X	X						
Mesabi			X	X						
Record				X	X					
Sparkle			X	X						
Valley Sunset			X	X						

Fraises à jour neutre	Juin		Juil.		Août		Sept.		Oct.	
Albion	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Charlotte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mara des bois	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monterey	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Portola	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
San Andreas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Seascape			X	X	X	X	X	X	X	X
Sweet Ann	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.4.4 Lutte attracticide

L'équipe du Dr. Tracey Leskey connu pour ses travaux sur le charançon de la prune, la mouche de la pomme et la punaise marbrée a regardé si les sphères attractives utilisées pour lutter contre la mouche de la pomme pouvaient être utilisées pour *D. suzukii* dans un système de lutte attracticide. Ils ont évalué l'effet de la couleur la forme et la grosseur des sphères (Fig. 35).

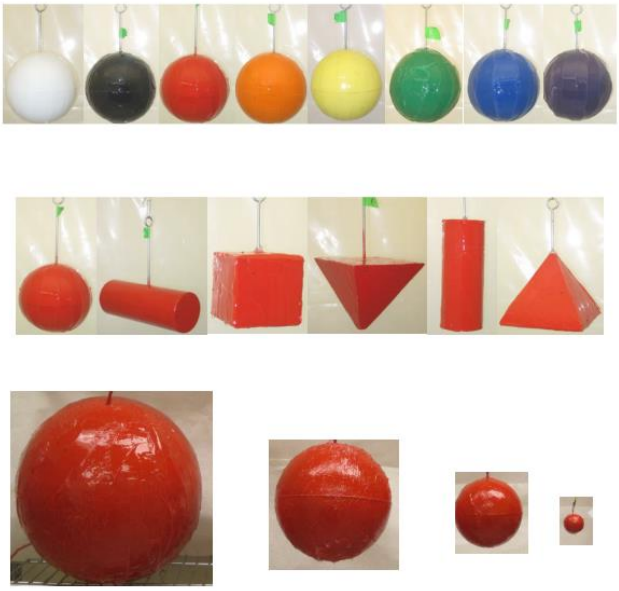


Figure 35 : Couleurs, formes et tailles testées pour développer un outil de lutte attracticide contre *D. suzukii* (Tiré de Leskey 2014)

Les couleurs noires et rouges sont les plus attirantes, et la taille de la sphère doit être d'au moins 10 cm (Fig. 36). Des essais chez des producteurs ont mis en évidence que lorsque des sphères couvertes de 1 % de Venom (dinethofuran) appâtées avec la phéromone de Trécé sont placés tous les trois mètres, le nombre de *D. suzukii* par échantillon dans les fruits est vraiment réduit (Fig. 37).

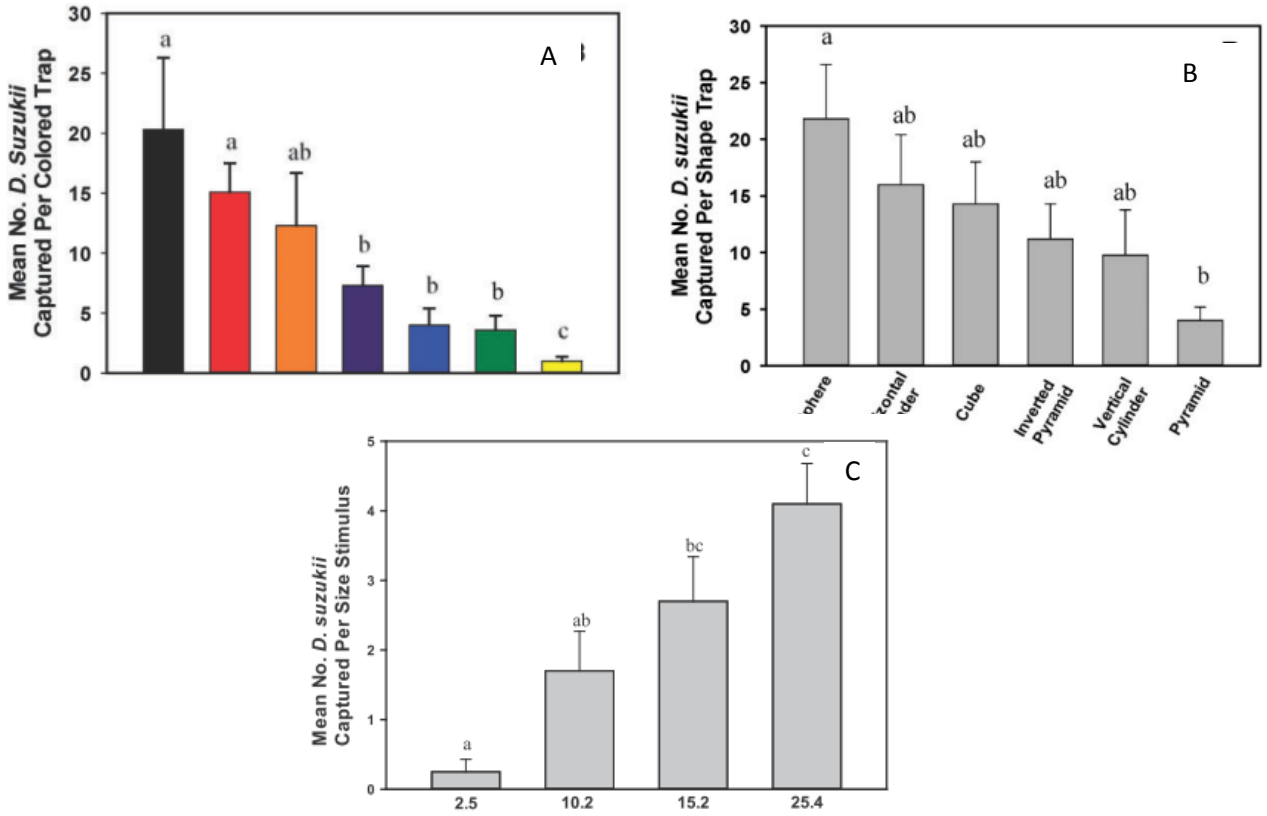


Figure 36 : Effet des A) couleurs, B) formes et C) tailles de sphères sur le nombre de *D. suzukii* capturées (Tiré de Rice *et al.* 2016).

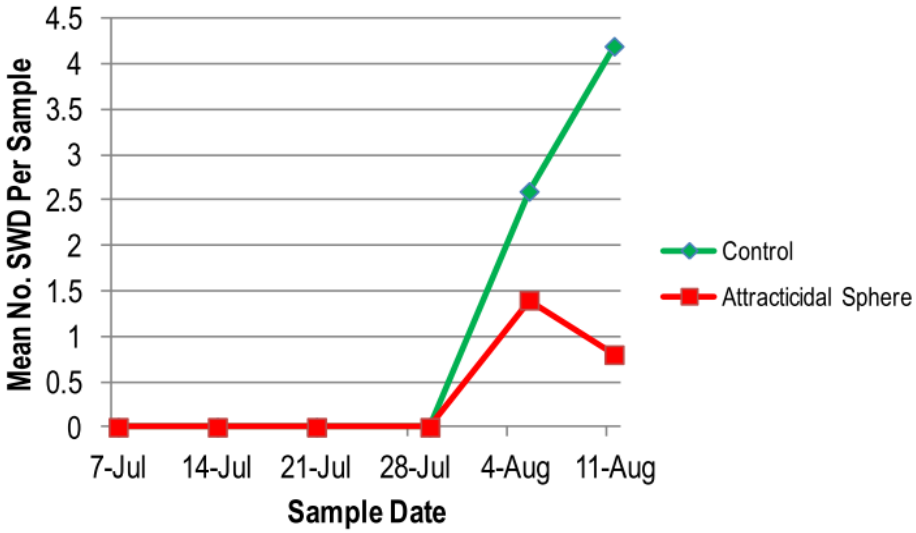


Figure 37 : Nombre de *D. suzukii* collectés dans les fruits lors d'essais de sphères attractives appâtés et enduites d'un insecticide placées tous les trois mètres en comparaison à une régie producteur conventionnelle (Leskey 2014).

De son côté, l'équipe du Dr. Peter Jentsch de l'Université Cornell a développé un disque de 3 pouces formé de polypropylène tissé, d'un polymère super absorbant et de de gélatine (Fig. 38). Ce disque est imprégné de 2 ml de solution appelée « Atk » composée d'un concentré de framboise, de vinaigre de cidre de pomme, de levure de bière et 1 % d'une matière active insecticide. Des essais préliminaires en laboratoire ont montré que le disque a besoin d'être humide pour avoir une pleine efficacité. En laboratoire, 70 % de mortalité des adultes *D. suzukii* est observé après 18 h pour des disques humides avec une solution à base d'Entrust comparativement à 50 % pour un disque similaire mais sec. Des comparaisons d'efficacité des disques ont montré que le Borax (Borate hydraté de sodium) appliqué dans la solution AtK a autant d'efficacité que l'Entrust. Des essais terrains ont ensuite démontré que le disque imprégné de solution Atk + 1 % de Borax placé à 18 ou 36 pouces d'espacement permet une réduction de près de 60 % des œufs pondus dans les fruits. L'équipe va poursuivre des études pour détailler la densité d'application et le taux de renouvellement du disque pour une réduction optimale de la ponte des œufs.

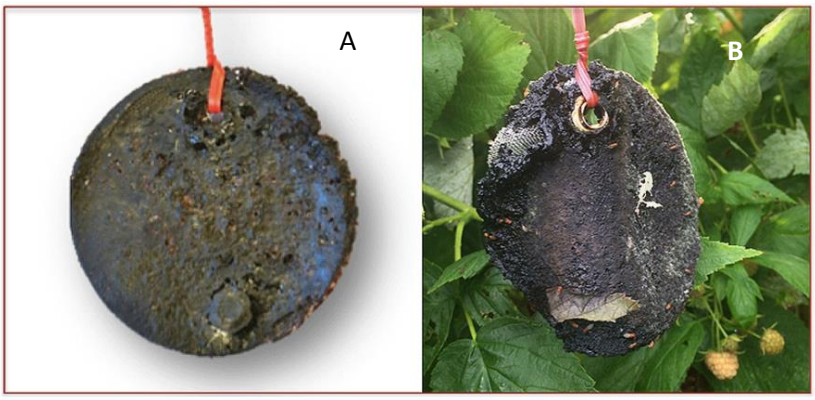


Figure 38 : Disque utilisé pour la méthode de lutte attracticide (A) et lorsque placé en champs après 4 mois (B) (tiré de Jentsch 2016).

3.4.5 Push-pull

La plupart des plantes émettent des stimulis (visuels, chimiques…) qui attirent à la fois ravageurs et ennemis naturels. Ces stimuli peuvent rendre une plante non attractive ou non adéquate pour le ravageur (push), le repoussant vers une plante piège attractive (pull) (Fig. 39) (Cook *et al.* 2007) L'efficacité de cette méthode est fonction de l'agencement de plantes dotées de la capacité biologique ou chimique de repousser, attirer ou piéger les insectes. L'évaluation du potentiel de cette méthode est actuellement à ses premiers pas pour *D. suzukii*. Il est connu que les drosophiles s'orientent vers les cultures grâce à des odeurs attractives et une fois la proximité ce sont des indications visuelles et chimiques de courtes distances qui aident les drosophiles dans leur sélection de la plante hôte. À ce niveau, certaines substances répulsives pourraient cacher l'odeur de plantes attirantes et provoquer une réorientation des *D. suzukii* vers d'autres milieux. L'utilisation de molécules odorantes répulsives est actuellement à l'étape d'évaluation en laboratoire ou sur le terrain pour *D. suzukii*. Renkema *et al.* (2015) ont testés 12 huiles essentielles (gingembre, eucalyptus, menthe, géranium, cèdre, thuya occidental, pin

blanc, épinette blanche, citronnelle, lavande, romarin et thym) et du potassium métabisulfite qui est un répulsif de la coccinelle asiatique (Glemser *et al.* 2012). L'huile essentielle de menthe a montré le meilleur effet répulsif pour *D. suzukii* avec plus de six jours d'efficacité. L'huile essentielle de thym a aussi de bonnes propriétés répulsives et provoque 22 % de mortalité des mâles *D. suzukii*. Le basilic camphré et le géranium ont été testés sous format de plants dans des grands tunnels de framboises en Suisse (Richoz *et al.* 2013). La seule mention de cette étude indique des résultats intéressants mais il ne semble pas y avoir eu de poursuite de la recherche.

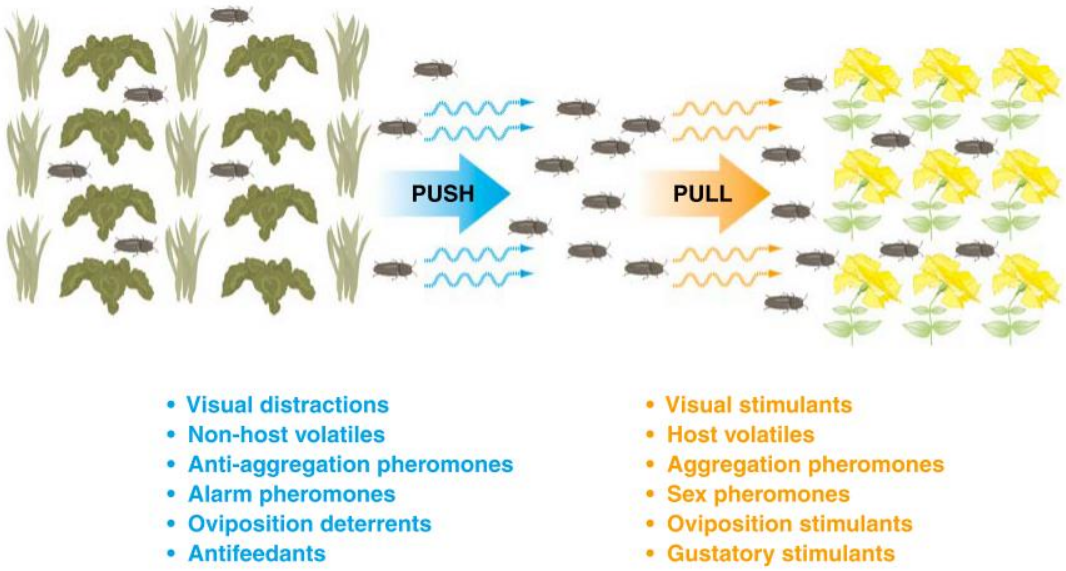


Figure 39 : Illustration de la stratégie « push-pull » (Tiré de Cook *et al.* 2007).

Le Geosmin, molécule odorante produite par des champignons, des bactéries et des cyanobactéries, et le 1-octen-3-ol, molécule volatile produite par les champignons et les moisissures des maisons, ont été testés en laboratoire pour leur propriété répulsive et seule le 1-octen-3-ol a repoussé les *D. suzukii* (Wallingford *et al.* 2015). Dans des essais terrain, un distributeur de cette molécule a permis de réduire de presque 41,5 % le nombre d'œufs pondus et de 47,6 % le nombre d'adultes produits dans des fruits proche du distributeur. En France, des essais en verger de cerises, abricots et pêches ont été réalisés pour vérifier les capacités répulsives d'huiles essentielles listées dans la figure 40 (Ondet et Gorski 2015). Les histogrammes élevés indiquent une capture de *D. suzukii* plus élevée dans un piège témoin que dans le piège additionné d'huile essentielle correspondante. L'ail et le girofle sont les deux huiles essentielles qui, additionné dans un piège montrent respectivement 80 et 58 % de réduction des captures de *D. suzukii* dans ces pièges. Des essais au Québec en 2016 ont testé l'effet de produits à base d'ail (Alsa, Garlic Barrier et Mosquito less) pour protéger des framboisiers d'automne en grands tunnels contre les infestations de *D. suzukii* (Firlej et Cormier, non publié). Les résultats ont montré qu'aucun des produits testés n'a été efficace à réduire les dommages aux fruits dans les conditions de l'expérience. Cependant, des observations dans les champs de bleuets au Québec suggèrent une certaine efficacité de l'ail en début de saison quand les populations de *D. suzukii* sont faibles (Lambert et Joly-Séguin, comm. pers.)

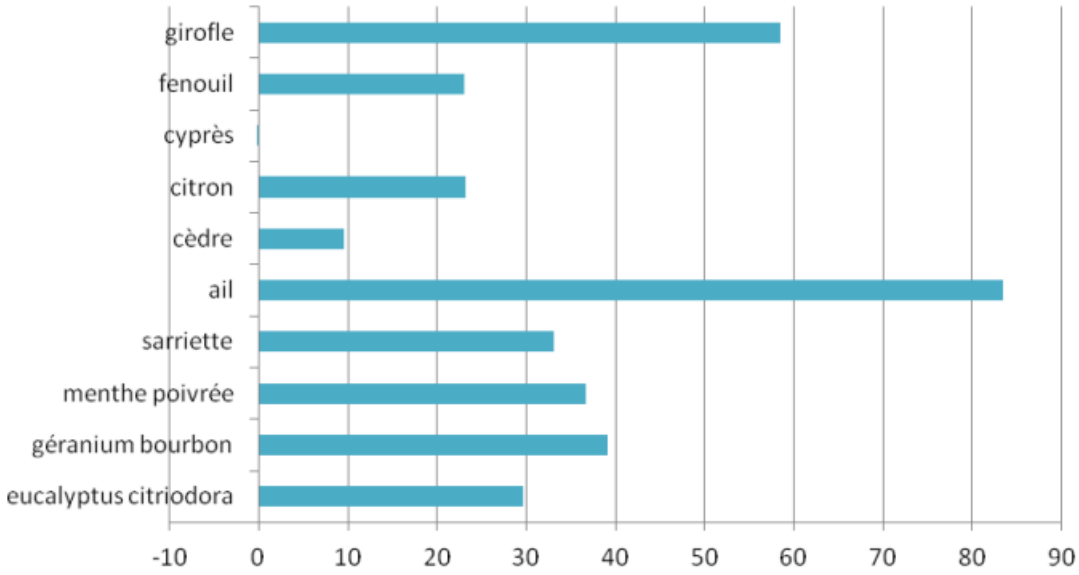


Figure 40 : Efficacité moyenne des pièges additionnés d'huiles essentielles comparativement à des pièges témoins (plus l'histogramme s'approche de 100, plus l'huile est répulsive) (tiré de Ondet et Gorsik 2015).

Même si tous les résultats ne sont pas positifs, ces recherches démontrent le potentiel de certaines molécules odorantes pour repousser *D. suzukii* des parcelles de plantes cultivées et potentiellement pour diminuer les dommages aux fruits. De la recherche doit encore être poursuivie notamment pour documenter leur efficacité sur plusieurs années et les conditions maximisant leur efficacité : doses, types de diffuseurs, fréquence d'applications, types de cultures ciblés, etc.

3.4.6 Piégeage de masse

Le piégeage de masse est une méthode qui réduit les insectes en les capturant physiquement en misant sur un grand nombre de pièges dans une parcelle. L'efficacité de cette méthode dépend de différentes variables: l'efficacité chimique et visuelle de pièges à attirer l'insecte visé, l'efficacité du piège à tuer l'insecte, le nombre de pièges placé par unité de surface, la densité de population de l'insecte et le seuil économique selon la culture. Cette technique serait plus efficace sur des faibles populations ou des populations isolées de ravageurs, contre des espèces univoltines, monophages et monogames (El-Sayed *et al.* 2006). Dans le cas de *D. suzukii*, la technique de piégeage de masse pourrait avoir un bon potentiel pour diminuer de faibles populations. Seule, cette technique ne parvient cependant pas à lutter efficacement contre *D. suzukii* (Kuske *et al.* 2016). Chez les producteurs de petits fruits en Suisse, cette technique a été introduite avec succès (Baroffio *et al.* 2014a; 2017). Pour être efficace, elle est utilisée conjointement avec des mesures d'hygiène strictes (déchets systématiquement éliminés, rythme des passages de cueillette augmenté et retrait des fruits trop matures) (Barioffo *et al.* 2014; 2017). Dans cette

même région, les producteurs de fruits à noyaux (prunes et cerises) utilisent le piégeage de masse pour réduire les populations de *D. suzukii* hivernantes au printemps, pour « vider » les parcelles sous filets d'exclusion ou dans les parcelles récoltées (Kuske *et al.* 2016a; 2016b). Botta *et al.* (2013) ont quand à eux obtenu un bon contrôle des populations de *D. suzukii* en cultures de framboises en Espagne. Cependant ils n'étaient pas en situation de fortes populations de *D. suzukii*.

Dans la région de Trentino, Italie, un essai de piégeage de masse a été réalisé de 2013 à 2015 dans des parcelles de bleuets avec des pièges contenant du Drosidrink (Grassi *et al.* 2016). Suite aux résultats variables selon les années, l'auteur recommande une utilisation du piégeage de masse en début de saison au printemps quand les populations sont faibles. Actuellement, une bonne partie des *D. suzukii* qui entrent dans les pièges en ressortent sans mourir et c'est probablement un facteur qui rend le piégeage de masse moins efficace. Ceci a été observé par Hampton *et al.* (2014), de 10 à 30 % des individus entrant dans les pièges sont effectivement capturés. L'activité des *D. suzukii* autour des pièges avec un attractif a même tendance à augmenter et à favoriser plus de dommages dans les fruits adjacents des pièges. L'ajout d'un insecticide sur ou dans le piège résulte en trois fois plus de capture d'individus (Hampton *et al.* 2014).

En Suisse, le Centre de compétence de la confédération pour la recherche agricole (Agroscope) recommandent le piège RIGA (Knup *et al.* 2015), le piège Drosal Pro (Andermatt Biocontrol AG) ou tout autre piège suspendu fermé sur le dessus et percé de 5 à 10 trous de 3 mm de diamètre pour le piégeage de masse (Baroffio *et al.* 2013). Le piège peut être rempli avec un mélange composé de 1/3 de vinaigre de pomme, 1/3 d'eau et 1/3 de vin rouge avec une goutte de savon liquide et quelques gouttes de sirop de framboises ou de sureau (Baroffio *et al.* 2014b). Botta *et al.* (2013) préconisent l'utilisation d'un piège utilisant l'attractif Suzukii Trap® qui semble plus stable avec un pouvoir attractif et sélectif plus grand que les autres mélanges testés (attractif du piège RIGA et attractif à base de vinaigre de cidre, vin rouge et eau). Il peut également rester plusieurs semaines dans le piège sans nécessité d'être changé de manière hebdomadaire.

La méthode Suisse d'Agroscope pour le piégeage de masse en framboisière utilise trois phases (Fig. 41) : Phase 1) contrôle de présence avec un piège à l'extérieur de la parcelle en bordure de zone naturelle. Phase 2) dès les premières captures, installation d'un second pièges de surveillance mais au centre de la parcelle et ajout de pièges en bordure de la parcelle afin de ceinturer la culture fruitière, à raison de 1 piège aux 2 mètres. Le fabriquant du Drosal® Pro recommande qu'en cas d'infestation sévère, cette méthode peut être renforcé par l'ajout de pièges intercalaires, diminuant ainsi la distance entre chaque piège à 1 mètre (Andermatt Biocontrol AG). Une phase 3) optionnelle peut aussi être ajoutée dès les premières captures dans le piège central en ajoutant des pièges tous les 2 mètres à l'intérieur de la parcelle (Baroffio *et al.* 2013). Les pièges doivent être vérifiés et le liquide changé tous les 3 à 7 jours (Baroffio *et al.* 2013).

Les premiers pièges (phase 1) sont donc placés tôt au printemps. Dès les premières captures d'une région il est recommandé d'installer le piégeage de masse sur la périphérie des cultures prêtes (Baroffio

et al. 2017b). Deux cent à 500 pièges sont nécessaires pour couvrir un hectare (Baroffio *et al.* 2013 et 2014a; Knup *et al.* 2015). Si l'on choisit le piège RIGA, à 200 pièges/ha, le coût en matériel du piégeage pour 4 semaines est d'environ 3000$ (prix vérifiés sur le site de Becherfalle http://www.becherfalle.ch/bestellung_fr.html).

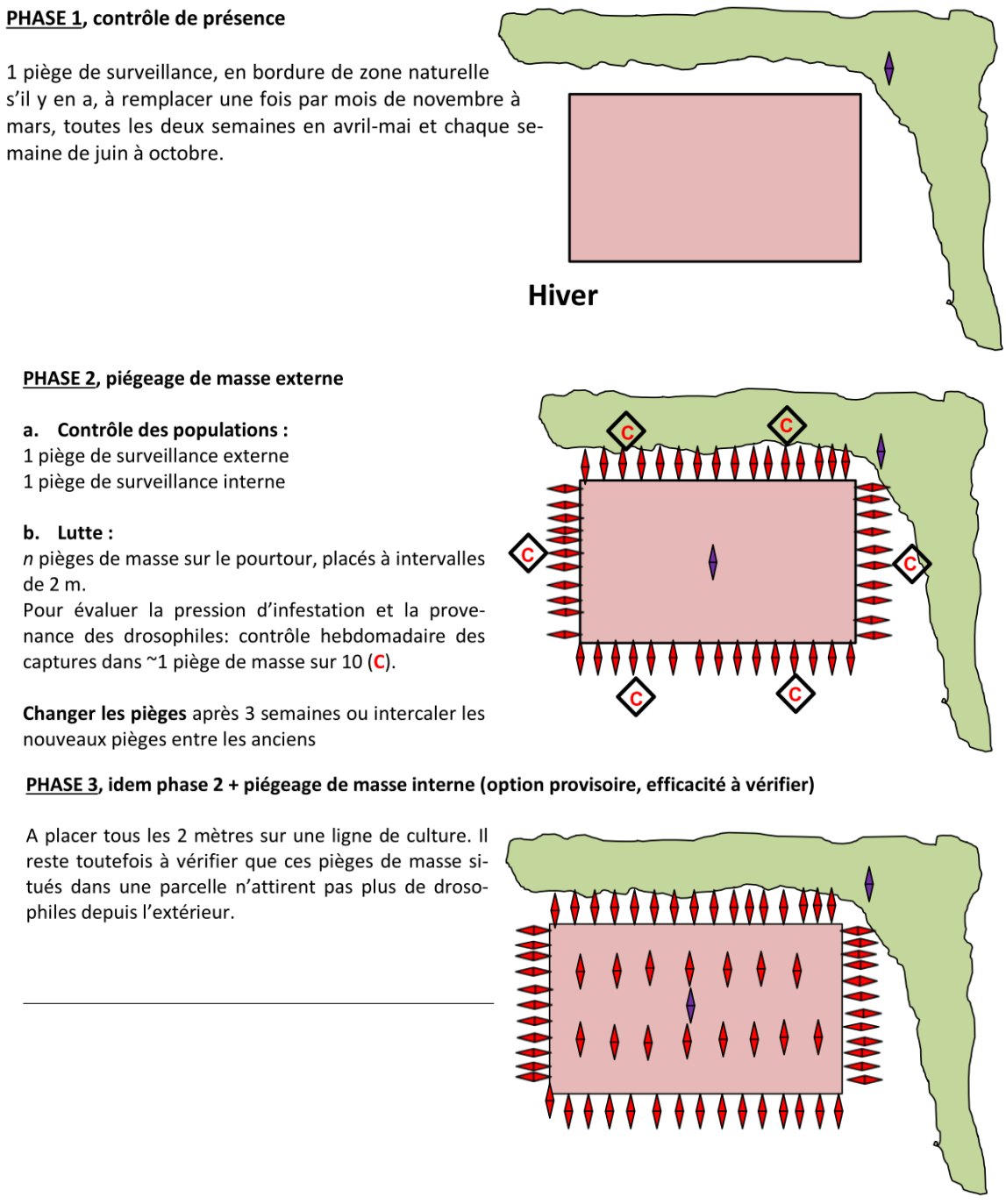


Figure 41 : Différentes phases du piégeage de masse utilisé en Suisse (Tiré de Baroffio *et al.* 2013).

3.4.7 Lâchers d'insectes stériles et autres techniques génétiques

Parmi les méthodes prometteuses pour lutter contre *D. suzukii*, il y a les lâchers de mouches stériles. La technique repose sur la production en masse du ravageur à éradiquer puis l'irradiation des pupes ou des adultes qui sont ensuite relâchés en grande quantité dans la nature pour que les mâles stériles s'accouplent avec les femelles sauvages, résultant en l'absence de descendance (Klassen et Curtis, 2005). L'irradiation provoque des mutations génétiques sur les chromosomes qui empêchent le développement de l'embryon après la fécondation. Cette technique base sa réussite sur une réduction importante et progressive du nombre d'individus à chaque génération À la suite de lâchers de mâles stériles sur plusieurs générations, une population d'insectes nuisibles peut être réduite sous un seuil acceptable, voire éradiquée (Klassen et Curtis, 2005). Cette technique développée dans les années 1950 et a connu depuis de beaux succès avec notamment les lâchers de mâles stériles pour lutter contre la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae), en Amérique centrale (Hendrichs *et al.* 2002) et la mouche du melon, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera : Tephritidae), au Japon où elle a été finalement complètement éradiquée en 1993 (Kakinohana *et al.* 1993). Au Québec, cette technique est utilisée avec succès pour lutter contre la mouche de l'oignon (Fournier 2015).

Le potentiel de cette technique appliquée à *D. suzukii* est actuellement étudié à travers plusieurs projets. Lanouette *et al.* (accepté) ont évalué l'effet des différentes doses d'irradiation sur différents paramètres biologiques des mâles et femelles *D. suzukii* (taux d'émergence des pupes, malformation, longévité, stérilité, survie larvaire et descendance F1) et ont démontré que les doses de 80 à 120 Gray appliquées sur des pupes de 4 jours provoquent une stérilité de 98,1 à 99,8 % sans avoir d'effets néfastes sur les paramètres biologiques des mâles. Des études comportementales et en cage sont actuellement en cours pour déterminer la compétitivité des mâles *D. suzukii* irradié à ces doses (Lanouette *et al.* en préparation).

Une autre équipe de recherche dirigée par le Dr. Collinet (Projet SUZUKILL : https://suzukill.univ-rennes1.fr/index.php) s'est tourné vers l'utilisation de l'incompatibilité cytoplasmique avec l'infection de population de *D. suzukii* par des souches de *Wolbachia* provoquant la stérilité des mâles. Les souches de *Wolbachia* naturellement présentes dans les populations d'insectes une fois injectées dans une population de mâles de laboratoire ne se transmet pas aux femelles mais empêche le développement de l'embryon et son éclosion. Cette technique en complément de l'irradiation permet de produire des individus mâles stériles et l'irradiation permet de stériliser les femelles avant le lâcher. Le projet SUZUKILL a également pour objectif d'évaluer la résistance au froid pour optimiser la conservation individus irradiés (Enriquez et Collinet, 2017) et de développer les outils pour un élevage de masse.

Dans le cadre de lâcher de mâles stériles, le développement d'une souche de *D. suzukii* modifiée génétiquement ne produisant que des mâles pour faciliter la production de masse est souhaitable et cette technique est actuellement en développement dans les laboratoirse du Dr Scheteling et du Dr Scott à l'Université Raleigh (Scheteling et Handler 2013; Li et Scott 2016; http://insekten-biotechnologie.de/en/ng-schetelig-attract.html).

La compagnie Oxitec Limited qui développe des insectes génétiquement modifiés stériles pour des programmes de lutte à large échelle (http://www.oxitec.com/) participe au projet européen DROPSA-*Drosophila suzukii*, consortium de 26 partenaires d'Europe, Asie, Nouvelle Zélande et Amérique du Nord. La compagnie est en charge de développer une souche de *D. suzukii* avec un gène de létalité qui permet aux mâles génétiquement modifiés de se reproduire avec des femelles sauvages mais qui empêche l'éclosion des œufs. Actuellement, aucune information n'est disponible sur les avancées de leur projet. Enfin, dans le cadre des projets concertés développés par l'Agence internationale d'énergie atomique de Vienne, un projet a été mis sur pied pour 5 ans dans le but de coordonner la recherche pour développer la lutte à *D. suzukii* en milieu confiné avec la technique des insectes stériles (http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/crp/ipc-sit-biocontrol-greenhouse.html).

D'autres groupes utilisent des produits génétiques pour rendre des *D. suzukii* stériles ou réduire leur population en influençant leur comportement. C'est le cas de l'équipe du Dr. Schetelig à l'université Justus Liebig d'Allemagne qui utilise la nouvelle technologie révolutionnaire de l'interférence ARN (ARNi). Des molécules d'ARNi double brins ingérées par les insectes suppriment ou mettent au silence des gènes en empêchant l'expression de ceux-ci et donc la production de protéines jouant un rôle actif dans certaine fonction de l'insecte (Fig. 42). L'équipe de Joanna Chiu à l'Université de la Californie à Davis développe également la technique de l'interférence ARNi pour la lutte à la *D. suzukii* mais en utilisant les levures présentes sur les fruits comme moyen de fournir des ARNi aux drosophiles (Murphy *et al.* 2016). Elle a démontré que les *D. suzukii* se nourrissant de ces levures portant des ARNi avaient une réduction de leur activité locomotrice, pondaient moins d'œufs, et ces œufs avaient une moins bonne éclosion (Murphy *et al.* 2016). Cette technique ARNi semble très prometteuse pour la lutte aux insectes ravageurs, cependant elle est très couteuse à développer.

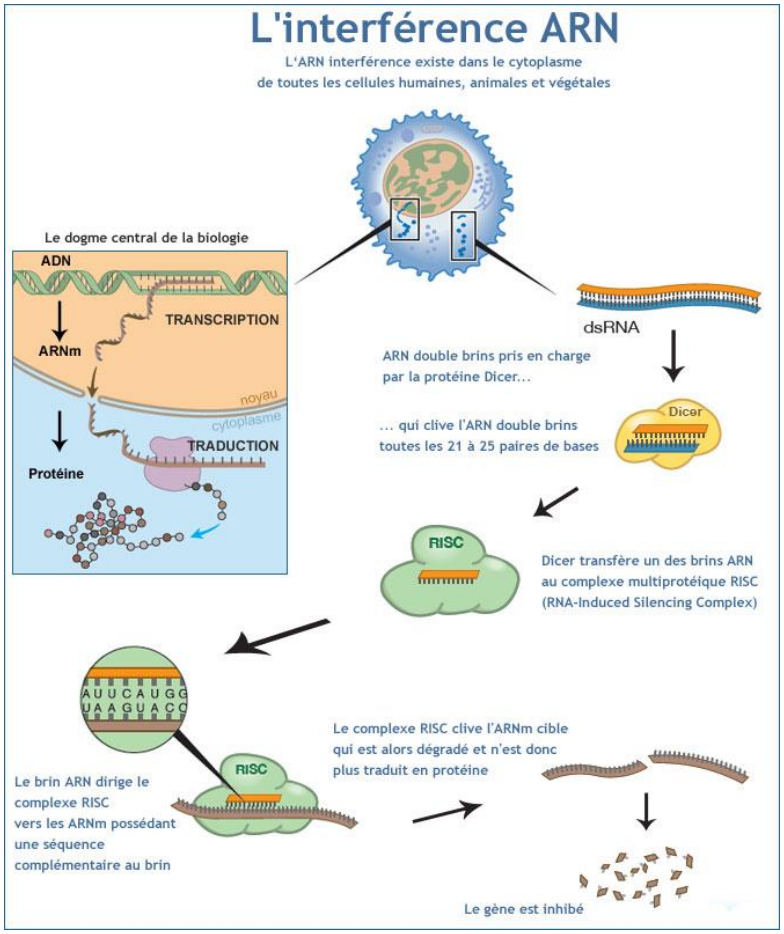


Figure 42 : Principe de l'interférence ARN (Tiré de https://vulgariz.com/medecine-sante/cancer/nouvelle-avancee-dans-la-therapie-personnalisee-contre-le-cancer/)

4 CONCLUSION ET PISTES DE RECHERCHE

4.1 CONCLUSION

En conclusion, les connaissances sur la biologie et le développement de *D. suzukii* se sont beaucoup améliorés depuis les dernières années tout comme le développement de pièges et d'attractifs efficaces et de différentes méthodes de lutte. Cependant, certaines connaissances restent à développer ou approfondir afin d'établir une stratégie de lutte pour la production de petits fruits conventionnels et biologiques au Québec. En effet certaines technique sont par exemple testées aux États-Unis mais pas encore validées au Québec (piégeage de masse, taille des plants, pulvérisation 1 rang sur 2, etc..). Suite aux lectures réalisées pour cette revue de littérature, il a été possible de déterminer une stratégie provisoire de gestion de ce ravageur (Fig. 43) qui résume les méthodes de lutte actuellement applicables au Québec ou qui ont été validées dans d'autres pays. Les solutions en cours de recherche et qui sont encore trop expérimentales, ne sont pas intégrées dans cette figure. Cette stratégie provisoire doit cependant être validée avec un agronome car elle ne représente pas une recommandation agronomique adaptée pour toutes les cultures et les caractéristiques des fermes de petits fruits.

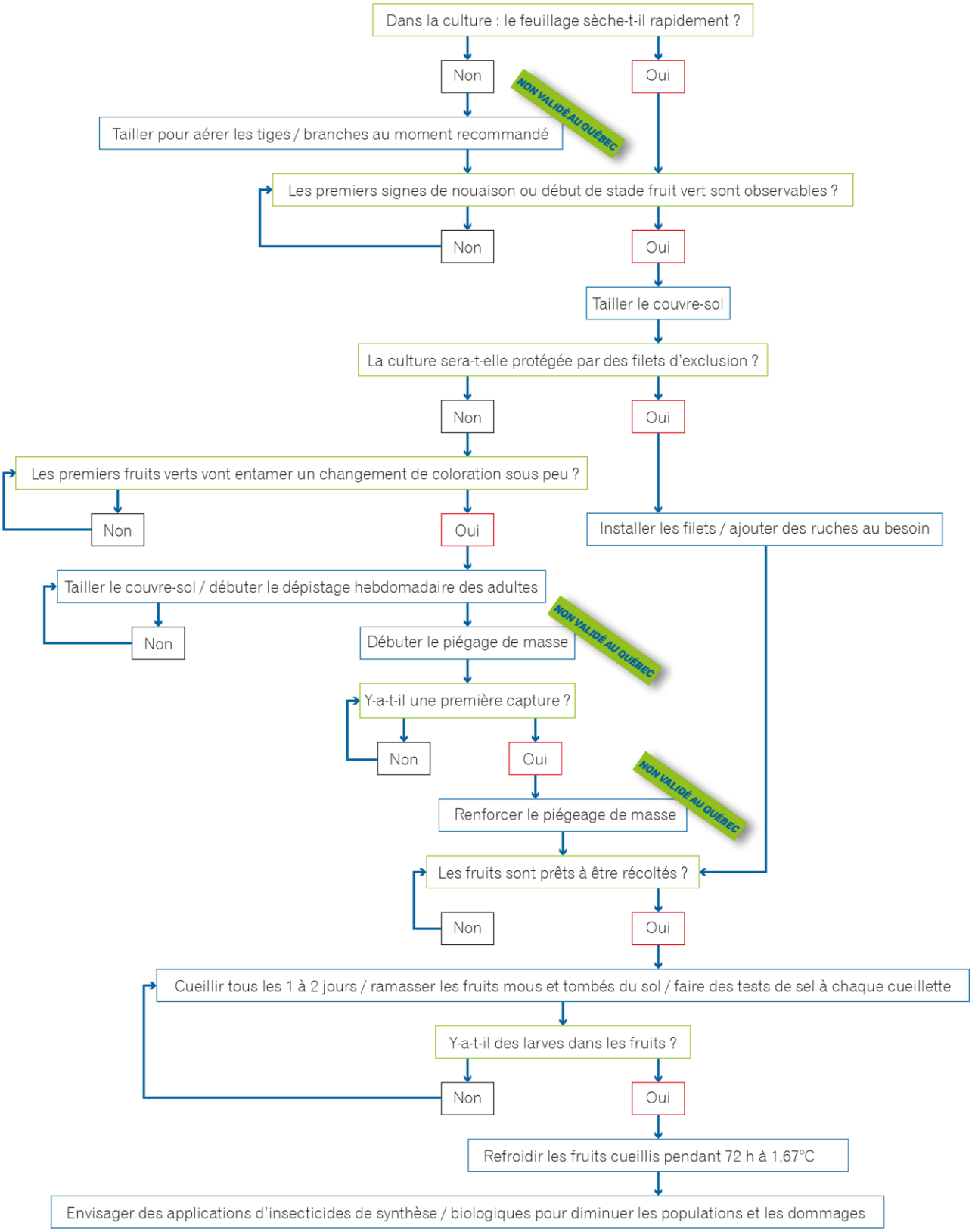


Figure 43 : Arbre décisionnel provisoire de gestion de *D. suzukii.*

4.2 PISTES DE RECHERCHE

Suite aux connaissances receuillies dans cette synthèse, il est ressorti que des recherches fondamentales et appliquées sont encore nécessaires pour une gestion intégrée de ce ravageur. Une liste général est donc dressée ci-dessous afin d'identifier les connaissances ou les validations qui seraient nécessaires pour le secteur des petis fruits au Québec :

- ✓ Poursuivre les recherches pour déterminer si *D. suzukii* hiverne au Québec et les caractéristiques physiologiques et comportementales des morphotypes d'hiver. De manière générale, comprendre mieux l'écologie des adultes à l'automne et au printemps;
- ✓ Améliorer les connaissances sur les comportements d'accouplements et de ponte de *D. suzukii* pour améliorer les techniques de lutte basées sur la manipulation des adultes (piégeage de masse, répulsifs, etc.)
- ✓ Améliorer les attractifs actuellement existant pour améliorer les évaluations des populations à différents moments de la saison et sous différentes régies de cultures (tunnel *versus* plein champ). De manière générale, poursuivre les efforts sur l'écologie chimique de ce ravageur;
- ✓ Déterminer un seuil économique pour les cultures de bleuet en corymbe et framboise d'été où les infestations sont moins fortes afin de reculer/diminuer les applications phytosanitaires;
- ✓ Déterminer les paramètres permettant de développer un modèle phénologique pour *D. suzukii* et valider ce modèle avec des données terrain au Québec;
- ✓ Déterminer les conditions gagnantes d'alternance de produits de différentes classes chimiques d'insecticides pour diminuer les risques de résistance et maximiser le contrôle des populations;
- ✓ Développer ou obtenir des données terrain pour homologuer de nouveaux insecticides biologiques;
- ✓ Démontrer l'efficacité des filets d'exclusion pour d'autres cultures de petits fruits que le bleuet en corymbe et déterminer la méthode de pollinisation adéquate, l'effet sur les maladies et autres ravageurs de ces cultures; De manière générale, réaliser une analyse de rentabilité a long terme de l'utilisation des filets d'exclusion en culture de petits fruits;
- ✓ Tester différentes substances répulsives afin de déterminer leur efficacité à différent moments lors des infestations pour les producteurs biologiques de petits fruits hâtifs en plein champ comme en tunnel;
- ✓ Poursuivre le développement de la méthode des mâles stériles pour *D. suzukii*;
- ✓ Pour les variétés du Québec, déterminer les conditions de taille et de couvre-sol qui peuvent diminuer les infestations par *D. suzukii* et la gestion des fruits trop mûrs tombés au sol;
- ✓ Continuer à sélectionner/tester des ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes, nématodes, virus et champignons) en condition de laboratoire et champs pour lutter contre ce ravageur;
- ✓ Collaborer plus activement avec les chercheurs des États-Unis pour éviter le dédoublement de recherche sur la mise au point de différentes méthodes de lutte (biologique, push-pull, piégeage de masse, attracticide…) et favoriser la validation de ces méthodes en parallèle au Québec;
- ✓ Mettre à jour annuellement un arbre décisionnel quand aux stratégies de lutte disponibles pour la *D. suzukii* au Québec;
- ✓ Organiser une journée de transfert aux producteurs afin de synthétiser les méthodes de lutte disponibles et celles à venir ainsi qu'une journée de démonstration à la ferme.

5 ÉQUIPES DE RECHERCHE ET PROJETS EN COURS

Voici une liste de chercheurs travaillant sur *D. suzukii* en fonction des pays/continents et une liste de leurs projets en cours (Tabl. 15). Ces listes ont été établies suite à l'envoi d'un sondage courriel à plus de 100 personnes. Ces listes ne sont pas exhaustives puisqu'elles dépendent du taux de réponse des personnes contactées. Elle sera remise à jour au fur et a mesure des nouvelles versions de ce document.

USA

- Anne Nielsen : http://nielsenentlab.weebly.com/
- Ashfaq Sial: http://extension.uga.edu/about/staff/index.cfm?pk_id=14787
- Cesar Rodriguez-Saona: http://entomology.rutgers.edu/personnel/cesar-rodriguez-saona.html
- Christelle Guédot: http://labs.russell.wisc.edu/fruitcropentomology/
- Dean Polk : https://njaes.rutgers.edu/personnel/individual.asp?id=1044&s=o
- Donn Johnson: http://entomology.uark.edu/directory/index.php/uid/adow/uid/dtjohnso/name/Donn-Johnson/
- Elizabeth Beers : http://www.tfrec.wsu.edu/pages/ebeers
- Greg Loeb: https://entomology.cals.cornell.edu/people/greg-english-loeb
- Hannah Burrack : https://projects.ncsu.edu/cals/entomology/burrack
- Jana Lee: https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/corvallis-or/horticultural-crops-research/people/jana-lee/
- Joanna Chiu: http://biosci3.ucdavis.edu/Faculty/Profile/View/14413
- Kelly Hamby: http://hambylab.weebly.com/
- Kent Daane : https://ourenvironment.berkeley.edu/people/kent-m-daane
- Larry Gut: http://www.ent.msu.edu/directory/larry_gut
- Max Scott : https://maxscottlab.wordpress.ncsu.edu/
- Oscar Liburd: http://entnemdept.ufl.edu/people-directory/oscar-liburd/
- Tracey Leskey : https://www.ars.usda.gov/northeast-area/kearneysville-wv/appalachian-fruit-research-laboratory/innovative-fruit-production-improvement-and-protection/people/tracy-leskey/

EUROPE :

- Alberto Grassi: http://www.fmach.it/CTT/Chi-siamo/Organizzazione/Direzione/Dipartimento-Filiere-Agroalimentari/Unita-Frutticoltura-Piccoli-frutti-e-Frigoconservazione/GRASSI-ALBERTO
- Darren Obard: http://obbard.bio.ed.ac.uk/darren.html
- Gianfranco Anfora: http://www.fmach.it/eng/CRI/general-info/organisation/Sustainable-ecosystems-bioresources/Agricultural-entomology/ANFORA-GIANFRANCO
- Heidrun Vogt: https://www.julius-kuehn.de/en/plant-protection-in-fruit-crops-and-viticulture/staff/p/s/heidrun-vogt/
- Hervé Collinet: http://herve-colinet.blogspot.ca/

- Jean-Luc Gatti : https://www6.paca.inra.fr/institut-sophia-agrobiotech_eng/Research-teams/ESIM/Team-members
- Marc Kenis: http://www.cabi.org/about-cabi/staff/marc-kenis
- Marc Schetelig: http://insekten-biotechnologie.de/en/marc-schetelig.html
- Marc Vreysens: http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/ipc-laboratory.html
- Patricia Gilbert: http://lbbe.univ-lyon1.fr/-Gibert-Patricia-.html
- Sergio Angeli: https://www.unibo.it/sitoweb/sergio.angeli/cv
- Simon Fellous: http://simonfellous.free.fr/research/gate.htm
- Tim Haye : http://www.cabi.org/about-cabi/staff/tim-haye

ASIE :

- Madoka Nakai: http://researchmap.jp/read0054470/?lang=english
- Hoonbok Yi : http://bch.cbd.int/database/record.shtml?documentid=100237

CANADA

- Annabelle Firlej: https://www.irda.qc.ca/fr/equipe/annabelle-firlej/
- Boyd Mori: http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/centres-de-recherche/saskatchewan/centre-de-recherche-et-de-developpement-de-saskatoon/personnel-et-expertise-scientifiques/mori-boyd-a-ph-d/?id=1488834701061
- Brent Sinclair: https://www.uwo.ca/biology/directory/faculty/sinclair.html
- Conrad Cloutier: https://www.bio.ulaval.ca/departement-et-professeurs/professeurs-et-personnel/professeurs/fiche/show/cloutier-conrad/
- Daniel Cormier: https://www.irda.qc.ca/fr/equipe/daniel-cormier/
- Debra Moreau : http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/research-centres/atlantic-provinces/kentville-research-and-development-centre/scientific-staff-and-expertise/moreau-debra-l-phd/?id=1473710914436
- Howard Thistlewood: http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/research-centres/british-columbia/summerland-research-and-development-centre/scientific-staff-and-expertise/thistlewood-howard-mpm-phd/?id=1181923175739
- Joan Cossentine: http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/research-centres/british-columbia/summerland-research-and-development-centre/scientific-staff-and-expertise/cossentine-joan-phd/?id=1181934491950
- Kirk Hillier : http://www.acadiau.ca/~khillier/index.html
- Paul Abram: http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/research-centres/british-columbia/agassiz-research-and-development-centre/scientific-staff-and-expertise/abram-paul-phd/?id=1477400721032

Tableau 15 : Liste des projets répertoriés sur *D. suzukii* en Europe, Asie et Amérique du Nord suite à un sondage auprès d'une centaine d'intervenants en recherche (en anglais).

Project title	Principal investigator	Collaborators / countries	Years:	Objectives
Chemical control of spotted wing drosophila (SWD): Insecticide efficacy, resistance development, and effects on natural enemies.	I. Scott et M.-M. Ayyanath (Canada)	Agriculture and Agri-Food Canada Canadian Tree Fruit Product Development BC Fruit Growers Association Summerland Varieties Corp BC Cherry Association (Canada)	2013-2018	• Assess whether repeated exposure to insecticides could result in the development of resistance. • Determine the relative efficacies of insecticides to spotted wing drosophila, including currently-registered and new materials. • Generate information on the response of natural enemies (predators and parasitoids) to insecticides used for SWD control. • Chemical control of SWD. • Continuing ongoing experiments on insecticide efficacy, effects on biocontrol agent, and resistance development.
Molecular analysis of ingested chloroplast DNA	Julius Kühn-Institut. Dossenheim (Allemagne)	University Innsbruck (Austria)	2014 - 2018	• Identificate food resources by *D. suzukii* especially during winter and spring for better understanding of winter survival.
SWD phenology the whole year round (land-scape vs. cultivated crops, diurnal rhythm, activity at differences heights)	Julius Kühn-Institut. Dossenheim (Germany)	Julius Kühn-Institut. Siebeldingen, J.K.I. Darmstadt et L.T.Z. Augustenberg (Germany)	2014 - 2018	• Understand the phenology and movement between habitats and resources (feeding, reproduction), including abiotic factors.
Viral pathogens suitable for the control of *Drosophila suzukii* in the United Kingdom	N.Medd et D. Obbard (Scotland, UK)	J. Cross, NIAB-EMR, East Malling, Kent (UK) et S.Fellous, Centre de Biologie pour la Gestion des Populations INRA, Montpellier (France)	2014- 2018	• Describe the diversity of viruses infecting SWD in the UK and Japan through metatranscriptomic sequencing. • Examine the potential of known Drosophila viruses to work as effective biopesticides. • Understand the patterns of distribution and host ranges of these viruses in the wild fruit fly fauna. • Compare the sex specific immune response of *Drosophila suzukii* to that of the closely related *D. melanogaster* in response to RNA and DNA virus challenge.

Project title	Principal investigator	Collaborators / countries	Years:	Objectives
IPM Strategies against *Drosophila suzukii*	I. Sánchez Ramos (Spain)	C. Lethmayer, A. Egartner & S. Blümel (Austria) S. Simoni & E. Gargani (Italy) M. de Ro & H. Casteels (Belgium) V. Bozkurt, A. Ozdem & E. Ayan, GDAR (TR)	2014-2016	• Improve basic knowledge about the biology of the fly, including overwintering behaviour and effect of temperature on development, reproduction and population increase. • Developp an effective trapping systems for population reduction • Evaluate alternative methods for control, such as insect growth regulators and entomopathogenic microorganisms. • Monitor surveys for early detection and development of quarantine measures and effective surveys of goods in global trade among countries
knowledge based solutions for controlling *Drosophila suzukii* in practice	V. Van Kerckvoorde (Belgium)	T. Belien (Belgium), M. De Ro (Belgium) et P. De Clercq (Belgium)	2014-2018	• Generate insights into *D. suzukii* biology with emphasis on local conditions (Northestern Europe). • Develop and tests practical control techniques with focus on mass trapping and Attract & Kill.
The sterile insect release as biological bontrol method against the SWD	A. Firlej (Canada)	J.Brodeur(Canada), F.Fournier(Canada), V. Martel (Canada), D. Cormier (Canada), C. Caceres et M. Vreysens (Austria)	2014-2018	• Testing different irradiations doses to obtain male sterility. • Testing competitiveness in lab and outdoor with the four most promising doses.
Development of practical measurements against economic damage of SWD	C. Scheer & L. Lehmberg, KOB (DE)	C. Knaus, U. Höfert, LK Vorarlberg, C. Lethmayer, K. Geipel (Germany) S. Kuske (Switzerland); U. Müller (Switzerland); R. Hollenstein (Switzerland); H. Thoß, Strickhof (Switzerland)	2015 - 2018	• Trans-national development of a protecting strategy against SWD (--> efficiency tests of plant protection products; testing of nets, repellents, attractants, bait methods, mass-trapping; studies on the use of antagonists; monitoring of SWD).
Occurrence of winter- and summermorphs	Julius Kühn-Institut, Dossenheim (Germany)		2015 - 2018	• Better understanding of *D. suzukii* seasonal dynamics and prediction of starting/ending of infestation period.
Physiological status of SWD and attraction response	J. Lee (USA)	J. Wong (USA) G. Loeb (USA) & A. Wallingford (USA)	2015-17	• Test how physiological status (age, mating, feeding status, reproductive status) of SWD affects their attraction to standard baits.

Project title	Principal investigator	Collaborators / countries	Years:	Objectives
Screening of toxic and behaviour-modifying secondary plant compounds	Julius Kühn-Institut, Dossenheim, (Germany)	University Heidelberg (Germany)	2015-2017	• Identify substances with contact toxicity and potential effects as feeding attractants or repellents.
Research on the possibility of reducing populations of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura), a new invasive species threatening of fruit production in Poland	B. Łabanowska et W.Piotrowski (Poland)	Polish growers	2015-2018	• SWD monitoring in Poland. • Traps and attractants comparison for SWD. • SWD control with chemical and allelopathic products.
SWD flight ability	J. Lee (USA)	J. Wong (USA)	2016-2017	• Test the flight ability of SWD on a frictionless flight mill. Test flight with different floral blossom diets and fruit diets that would be available in the field. Test flight at different humidities.
Literature review on the spotted wing drosophila, a major pest of berry crops	A. Firlej (Canada)	F.Vanoosthuyse (Canada) & D. Cormier (Canada)	2016-2017	• Review on biological cycle, host plant, methods of control, need of research.
Projet *Drosophila suzukii*	O. Chabrerie (France)		2016-2017	• Determine the role of fleshy fruits of wild and ornamental plants in *D. suzukii* invasion.
Searching DNA virus from SWD	M. Nakai (Japan)	M. Takatsu (Japan)	2016-2017	• Screen for entomopathogenic natural enemies of SDW in Japan by detecting DNA virus from SWD from fields.
Evaluation of a potential effect of habitat diversity on infestation of fruit crops	Julius Kühn-Institut, Dossenheim (Germany)	INTERREG project Upper Rhine Valley, 29 partners (France, Switzerland, Germany)	2016-2018	• Develop sustainable methods for protection of fruit crops in close cooperation with growers.
Study the link between SWD population damage and yield losse	A. Firlej (Canada)	C. Lacroix (Canada) & E. Lefrançois (Canada)	2016-2018	• Study the correlation between trap catch and damage in summer and raspberry fields.

Project title	Principal investigator	Collaborators / countries	Years:	Objectives
Strategies to reduce the impact of spotted wing drosophila	A. Firlej (Canada)	V.Fournier (Canada), J. Renkema (USA) & D. Cormier (Canada)	2016-2019	• Test effect of delay in pesticides applications on damage (1-2-3 weeks after first catch). • Test different combinations of commercially available natural enemies to control SWD.
Impact of SWD in the production of lowbush blueberries and implementation of a strategy to minimize its impact	C. Cloutier (Canada)	Syndicat des producteurs de bleuets nains du Québec, M. Bellemare, P.-O. Martel, V.Fournier & A.Firlej (Canada)	2016-2019	• Seasonal ecology of *D. suzukii* in lowbush blueberry • Developp a model of risk of infection and economic threshold • Study alternative host-plant and natural enemies • Study winter survival
Impact of SWD populations on the production of lowbush and highbush blueberry in Eastern Canada.	G. Bourgeois (Canada)	D. Moreau (Canada) & P.Dixon (Canada)	2016-2019	• Develop efficient bioclimatic models to predict risk of damage caused by SWD populations in order to implement appropriate management strategies.
Testing prospective inundative biological control strategies for SWD, *Drosophila suzukii*	J. Cossentine (Canada)	D. Gillespie (Canada) & P. Abram (Canada)	2016-2019	• The acquisition of a fungal infection by wild *D. suzukii* adults • Mass release and enable wild *D. suzukii* parasitism by *Pachycrepoideus vindeminae.*
Task Force SWD	D. Mazzi (Switzerland)	S. Kuske, C. Baroffio, P. Kehrli, J. Collatz & C. Daniel (Switzerland)	2016-2020	• Implement feasible management solution for the Swiss stone fruit, berry and grapevine production. The focus is on applied aspects (implementation of known control methods) although basic aspects (in particular the potential of native natural enemies and the effects of landscape structure on crop risk) are touched upon in the frame of a PhD and a postdoc project.
Exclusion nets to protect fruit crops	Julius Kühn-Institut, Dossenheim, (Germany)	Advisory service in three Federal States	2017-2019	• Optimize and spread the use of exclusion nets
Innovation and implementation into practice of automatic detection and warning systems for insect pests	T. Belien (Belgium)	KULeuven, BIOSYST – MeBioS (Belgium) Nationale Proeftuin voor Witloof (Belgium) Inagro (Belgium)	2017-2021	• Develop an automatic detection system for several insect pests including *D. suzukii.* • Testing and implementing this automatic detection system in practice.

6 RÉFÉRENCES

ACIA. 2012. *Drosophila suzukii* (drosophile aux ailes tachetées). Document de gestion du risque. Parasites réglementés. DGR-11-01. [En ligne] http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/phytoravageurs-especes-envahissantes/directives/gestion-du-risque/dgr-11-01/fra/1330738873775/1330738972893 Page consultée en avril 2017.

Adrion, J.R., A. Kousathanas, M. Pascual, H.J. Burrack, N.M. Haddad, A.O. Bergland, H. Machado,T.B. Sackton, T.A. Schlenke, M. Watada, D. Wegmann et N.D. Singh. 2014. *Drosophila suzukii*: the genetic footprint of a recent, worldwide invasion. Mol. Biol. Evol. 31(12) : 3148-3163.

Akasaka, N., H. Higashikubo, Y. Ishii, H. Sakoda et S. Fujiwara. 2016 Polyamines in brown rice vinegar function as potent attractants for the spotted wing drosophila, J. Biosci. Bioeng. http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.06.014

Amin Ud Din, M., K. Mazhar, S. Haque et M. Ahmed. 2005. A preliminary report on Drosophila fauna of Islamabad (Capital, Pakistan). Drosophila Information Service. 88 : 6-7.

Andreazza, F., D. Bernardi, C.A. Baronio, J. Pasinato, D.E. Nava et M. Botton. 2017. Toxicities and effects of insecticidal toxic baits to control *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). Pest Manag. Sci. 73(1) : 146–52.

Arnó,J., J. Riudavets et R. Gabarra. 2012. Survey of host plants and natural enemies of *Drosophila suzukii* in an area of strawberry production in Catalonia (northeast Spain). IOBC/WPRS Bull. 80 : 29-34.

Arnó, J., M. Solà, J. Riudavets et R. Gabarra. 2016. Population dynamics, non-crop hosts, and fruit susceptibility of *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 89(3) : 713-723.

Asplen, M.K., G. Anfora, A. Biondi, D.-S. Choi, D. Chu, K.M. Daane, P. Gibert *et al.* 2015. Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. J. Pest Sc. 88(3): 469-494.

Atallah, J, L. Teixeira, R. Salazar G. Zaragoza et A. Kopp. 2014. The making of a pest: the evolution of fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. Proc. Royal Society B: Biol. Sci. 281 : 20132840

Baroffio, C, et S. Fischer. 2011. New threat to orchards and berry plants: the cherry fruit fly (Neue Bedrohung fur Obstplantagen und Beerenpflanzen: die Kirschessigfliege). UFA-Revue, 11:46-47.

Baroffio, C., S. Fisher, S. Kuske, P. Kehrli et C. Linder. 2013. Lutte contre la drosophile suzukii. Agroscope Avril 2013. 3 p.

Baroffio, C., S. Fischer, P. Kehrli, S. Kuske, C. Linder, P. Richoz. 2014a. *Drosophila suzukii* 3 years of experience in Switzerland. International soft fruit conference ISFC, St-Hertogenbasch. pp. 1-26.

Baroffio, C., P. Richoz, H. Thoss et H.P. Berger. 2014b. Tenir en échec la drosophile suzukii dans les petites parcelles et les jardins familiaux. Agroscope Fiche technique 14. 2 p.

Baroffio, C.A., S. Fisher, M. Dorsaz et F. Kuonen. 2016. Situation *D. suzukii*. https://www.vs.ch/documents/180911/1666309/BilanBaies_Drosophile_2015.pdf/44310a1b-1112-404c-9d01-008336ebd14f

Baroffio, C., M. Dorsaz et F. Kuonen. 2017a. Current integrated pest management tactics for the spotted wing Drosophila and their practical implementation in Switzerland. Pestic. Phytomed. 32(1) : 33-39

Baroffio, C., B. Huber, M. Kopp, C. Marazzi, F. Sandrini, H. Thoss, D. Vulliemin et M. Zurflüh. 2017b. *Drosophila suzukii* Stratégie 2017 pour les petits fruits. Agroscope Fiche technique 55. 2 p.

Beers, E.H., R.A. Van Steenwyk, P.W. Shearer, W.W. Coates, et J.A. Grant. 2011. Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet cherry in the western United States. Pest Manag. Sc. 67(11) : 1386-1395.

Bellamy, D.E., M.S. Sisterson et S.S. Walse. 2013. Quantifying host potentials: indexing postharvest fresh fruits for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. PLoS One 8(4) : e61227 1-10.

Berry, J.A. 2012. Pest risk assessment *Drosophila suzukii:* spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) on fresh fruit from the USA : Final. MPI Technical Paper No: 2012/05. Wellington, N.Z. Ministry for Primary Industries 42 p.

Bolda, M.P., R.E. Goodhue et F.G. Zalom. 2010. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. Giannini Foundation of Agricultural Economics 13(3) : 5-8.

Bontonou, G. et C. Wicker-Thomas. 2014. Sexual communication in the *Drosophila* genus. Insects. 5 : 439-458.

Botta, A., M. Fratantuono, M. Carrión, C. Marín, N. Sierras, R. Sorribas et R. Piñol. 2013. Evaluation of a new specific attractant for the monitoring and trapping of *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) a new plague in the West. 7th Cherry international simposium, Plasencia, Spain.

Bruck, D.J., M. Bolda, L. Tanigoshi, J.Klick, J. Kleiber, J. DeFrancesco, B. Gerdeman, et H. Spitler. 2011. Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. Pest. Manag. Sci. 67(11): 1375-1385.

Burrack, H.J., G.E. Fernandez, T. Spivey et D.A. Kraus. 2013. Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumara (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. Pest Manag. Sci. 69(10) : 1173-1180.

Burrack, H.J., M. Asplen, L. Bahder, J. Collins, F.A. Drummond, C. Guédot, R. Isaacs et al. 2015. Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environ Entomol. 44 :704-712.

CABI. 2017. *Drosophila suzukii* (spotted wing drosophila) [original text by Ioriatti, C., Stacconi, M., Mach, F. & Anfor, G.] In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK. CAB International. [En ligne] http://www.cabi.org/isc/datasheet/109283 Page consultée en avril 2017.

Calabria, G, J. Máca, G. Bachli, L. Serra, et M. Pascual. 2012. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. J. Appl. Entomol. 136 : 139-147.

Cha, D.H., T. Adams, H. Rogg et P.J. Landolt. 2012. Identification and field evaluation of fermentation volatiles from wine and vinegar that mediate attraction of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. J. Chem. Ecol. 38(11) : 1419-1431.

Cha, D.H., S.P. Hesler, R.S. Cowles, H. Vogt, G.M. Loeb et P.J. Landolt. 2013. Comparison of a synthetic chemical lure and standard fermented baits for trapping *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Env. Entomol. 42(5) : 1052-1060.

Cha, D.H., T.Adams, C.T. Werle, B.J. Sampson, J.J. Adamczyk, H. Rog et P.J. Landolt. 2014. A four-component synthetic attractant for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) isolated from fermented bait headspace. Pest. Manag. Sci. 70(2) : 324-331.

Cha, D.H, P.J. Landolt et T.B. Adams. 2017. Effect of chemical ratios of a microbial-based feeding attractant on trap catch of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Env. Entomol. 46(4) : 907-915.

Chabert, S., R. Allemand, M. Poyet, P. Eslin et P. Gibert. 2012. Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. Biol. Control 63(1) : 40-47.

Chandler, J.A., P.M. James, G. Jospin et J.M. Lang. 2014. The bacterial communities of *Drosophila suzukii* collected from undamaged cherries. *PeerJ* 2 : e474.

Charlot, G., C. Weydert, M. Millan, M.L. Brachet et F. Warlop. 2014. Nets and covers toprotect cherry trees from rain and insects, in: Ecofruit. Proceedings of the 16thInternational Conference on Organic-Fruit Growing, 17–19 February 2014,Hohenheim,

Chireceanu, C. et A. Chiriloaie. 2014. First record of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in Romania. Proceeding of the 8th international conference on biological invasions, Antalya, p 213.

Cini, A., C. Ioriatti, et G. Anfora. 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. Bull. Insect. 65(1) : 149-160.

Cini, A., G. Anfora, L.A. Escudero-Colomar, A. Grassi, U. Santosuosso, G. Seljak et A. Papini. 2014. Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. J Pest Sci. 87(4) : 559-566.

Coates, B. 2009. Spotted Wing Drosophila: Host Observations. Presentation to the spotted wing Drosophila meeting, Novembre 2009. http://www.ipm.ucdavis.edu/IPMPROJECT/SWD/Spotted-Wing-Drosophila-Host-Observations.pdf

Coderre, D. et C. Vincent. 1992. La lutte biologique : toile de fond de la situation. Dans Vincent, C. et D. Coderre (réd.), La lutte biologique (chap. 1, p. 3-16). Boucherville (Québec), Gaëtan Morin Éditeur.

Cook, S.M., Z.R. Khan et J.A. Pickett. 2007. The use of 'push–pull' strategies in integrated pest management. Ann.l Rev. Entomol. 52: 375-400.

Coop, L. 2010. Online phenology and degree-day model for agricultural and decision-making in the US. Integrated Plant Protection Center, Botany and Plant Pathology Dept. Oregon State University, Corvallis, Oregon. http://uspest.org/risk/models?spp=swd

Cormier, D., J. Veilleux et A. Firlej. 2015. Exclusion net to control spotted wing Drosophila in blueberry fields. IOBC-WPRS Bull. 109 : 181-184.

Cowles, R.S. 2011. Custom baits to manage spotted wing drosophila. Northeastern IPM Center – IPM Partnership Grant Program 2011. Webpage: http://projects.ipmcenters.org/Northeastern/ProposalDocs/Pship2011/UrgentRFA2011-Cowles-Proposal-6256369.pdf

Cowles, R.S. 2013. Trap improvements, phagostimulants, and behavioral control. http://neipm.cce.cornell.edu/neipm/assets/File/SWDWG/SWD-Traps-phagostimulants-and-behavioral-control-2013.pdf

Cowles, R.S., C. Rodriguez-Saona, R. Holdcraft, G.M. Loeb, J.E. Elsensohn et S.P. Hesler. 2015. Sucrose improves insecticide activity against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 108(2): 640-653.

Cuthbertson, A.G. et N. Audsley. 2016. Further screening of entomopathogenic fungi and nematodes as control agents for *Drosophila suzukii*. Insects 7(2) : 24.

Daane, K.M., X.-G. Wang, A. Biondi, B. Miller, J.C. Miller, H. Riedl, P.W. Shearer *et al.* 2016. First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. J. Pest Sci. 89(3) : 823-835.

Dalton, D.T., V.M. Walton, P.W. Shearer, D.B. Walsh, J. Caprile et R. Isaacs. 2011. Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. Pest Manag. Sci. 67(11) : 1368-1374.

Damus, M. 2009. Some preliminary results from Climex and Maxent distribution modeling of *Drosophila suzukii*. Version 2. CFIA Plant Health Risk Assessment, Ottawa, Canada. http://horticulture.oregonstate.edu/system/files/u1318/DrosophilaSuzukiiInfestationModel.pdf

Danks, H.V. 2006. Insect adaptations to cold and changing environments. Can. Entomol. 138 :1-23.

De Ros, G., A.G. Anfora, A. Grassi et C. Ioriatti. 2013. The potential economic impact of *Drosophila suzukii* on small fruits production in Trentino (Italy). IOBC-WPRS Bull 91 : 317-321.

De Ros, G., S. Conci, T. Pantezzi et G. Savini. 2015. The economic impact of invasive pest *Drosophila suzukii* on berry production in the Province of Trento, Italy. J. Berry Res. 5(2) : 89-96.

Dekker, T., S. Revadi, S. Mansourian, S. Ramasamy, S. Lebreton, P. G. Becher, S. Angeli, O. Rota-Stabelli et G. Anfora. 2015. Loss of Drosophila pheromone reverses its role in sexual communication in *Drosophila suzukii*. Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 282(1804) : 20143018.

Del Fava, E., C. Ioriatti et A. Melegaro. 2017. Cost-Benefit Analysis of Controlling the Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) spread and infestation of soft fruits in Trentino, Northern Italy: Economic impact of *Drosophila suzukii* on soft fruits in Northern Italy. Pest Manag. Sci. Accepted manuscript online. doi:10.1002/ps.4618.

Deprá, M., J.L. Poppe, H.J. Schmitz, D.C. De Toni et V.L. Valente. 2014. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. J Pest Sci. 87 : 379-383.

Dong, H.C., T. Adams, H. Rogg, P.J. Landolt. 2012. Identification and field evaluation of fermentation volatiles from wine and vinegar that mediate attraction of Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii*. J. Chem. Ecol. 38(11) :1419-1431.

Dorsaz, M. et C. Baroffio. 2015 Efficacité de la chaux contre *Drosophila suzukii*. Journée nationale *D. suzukii* 24.11.2015, Agroscope IPV, Conthey|, Oeschberg, 1 p.

El-Sayed, A.M., D.M. Suckling, C.H. Wearing et J.A. Byers. 2006. Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. J. Econ. Entomol. 99 : 1550-1564.

Emiljanowicz, L.M., G.D. Ryan, A. Langille, et J. Newman. 2014. Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. J. Econ. Entomol. 107(4): 1392-1398.

Enriquez, T. et H. Colinet. 2017. Basal tolerance to heat and cold exposure of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. PeerJ. 5:e3112. https://doi.org/10.7717/peerj.3112

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) 2013. *Drosophila suzukii* (Diptera; Drisophilidae) Spotted wing drosophila. EPPO Alert List. http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/drosophila_suzukii.htm

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) 2010. EPPO Reporting Service. Paris, France: EPPO. http://archives.eppo.int/EPPOReporting/2010/Rse-1001.pdf?utm_source=archives.eppo.org&utm_medium=int_redirect

Farnsworth, D., K.A. Hamby, M. Bolda, R.E. Goodhue, J.C. Williams et F.G. Zalom. 2017. Economic analysis of revenue losses and control costs associated with the Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura), in the California raspberry Industry. Pest Manag. Sci. 73(6) : 1083-1090.

Ferguson, C.T.J., T.L. O'Neill, N. Audsley et R.E. Isaac. 2015. The sexually dimorphic behaviour of adult *Drosophila suzukii*: elevated female locomotor activity and loss of siesta is a post-mating response. J. Exp. Biol. 218 : 3855-3861.

Ferveur, J.-F. 2005. Cuticular hydrocarbons: Their evolution and roles in *Drosophila* pheromonal communication. Behav. Genet. 35 : 279–295.

Firlej, A., F. Vanoosthuyse et D. Cormier. 2014. Évaluation de filets d'exclusion contre la drosophile à ailes tachetées en bleuetière au Québec. Rapport final présenté au MAPAQ dans le cadre du programme Prime-Vert, volet 11 - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise. IRDA. 8 p

Fisher, P. et H. Fraser. 2015. Salt water assessments for SWD larvae in fruit. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/swd-saltwater.htm

Fournier, F. 2015. Cinq ans de mouches stériles dans l'oignon : efficacité biologique et économique. Journée horticoles de St-Rémi, Canada.

Fraimout A., V. Debat, S. Fellous, R.A. Hufbauer, J. Foucaud, P. Pudlo, J.-M. Marin *et al*. 2017. Deciphering the routes of invasion of *Drosophila suzukii* by means of ABC random forest. Mol. Biol. Evol. 34(4): 980-996.

France Agrimer. 2017. http://www.franceagrimer.fr/filiere-fruit-et-legumes/Aides/Aides-de-crise/indemnisation-pertes-de-cerises-dues-a-Drosophila-suzukii

Fuerst, P., W. Pendlebury et J. Kidwell. 1973. Propensity for multiple mating in *Drosophila*. Evolution 27 : 265-268.

Gabarra, R., J. Riudavets, G.A. Rodríguez, J. Pujade-Villar, J. et J. Arnó. 2015. Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. Biocontrol 60(3) : 331-339.

Gautam, B.K., B.A. Little, M.D. Taylor, J.L. Jacobs, W.E. Lovett, R.M. Holland et A.A. Sial. 2016. Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides against spotted wing drosophila in blueberries. Crop Protection 81 : 122-128.

Glemser, E.J., L. Dowling, D. Inglis, G.J. Pickering, W. McFadden-Smith, M.K. Sears, M.K. et R. Hallet. 2012. A novel method for controlling multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in vineyards. Env. Entomol. 41 :1169-1176.

Gong, X., L.Bräcker, N. Bölke, C. Plata, S. Zeitlmayr, D. Metzler, K. Olbricht, N. Gompel et M. Parniske. 2016. Strawberry accessions with reduced *Drosophila suzukii* emergence from fruits. Front. Plant Sci. 7(1880) : 1-7.

Goodhue, R.E., M. Bolda, D. Farnsworth, J.C. Williams et F.G. Zalom. 2011. Spotted Wing Drosophila Infestation of California Strawberries and Raspberries: Economic Analysis of Potential Revenue Losses and Control Costs. Pest Manag. Sci. 67 : 1396-1402.

Grassi, A., G. Anfora, S. Maistri, G. Maddalena, A. De Cristofaro, G. Savini et C. Ioriatti. 2014. Development and efficacy of Droskidrink, a food bait for trapping *Drosophila suzukii*. In: IOBC VIII Workshop on Integrated Soft Fruit Production. 26–28 May 2014, Vigalzano di Pergine, Italy.

Grassi, A., A. Gottardello, G. Ganarin, S. Conci, S. Franchini, P. Miorelli, P. Zucchi, V.R. Stacconi et T. Pantezzi. 2016. Biology, behaviour and control of *Drosophila suzukii* in Trentino region, Northern Italy. International soft fruit conference (ISCF), Hertogenbosch, Pays-Bas.

Gutierrez, A.P., L. Ponti et D.T. Dalton. 2016. Analysis of the invasiveness of Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*) in North America, Europe, and the Mediterranean Basin. Biol. Invasions 18(12) : 3647-3663.

Hamby, K.A., A. Hernandez, K. Boundy-Mills et F.G. Zalom. 2012. Associations of yeasts with Spotted-Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*; Diptera: Drosophilidae) in cherries and raspberries. Appl. Env. Microbiol. 78(14) : 4869-4873.

Hamby, K.A., R.S. Kwok, F.G. Zalom et J.C. Chiu. 2013. Integrating circadian activity and gene expression profiles to predict chronotoxicity of *Drosophila suzukii* response to insecticides ». PloS one 8(7) : e68472

Hamby, K.A., M.P. Bolda, M.E. Sheehan et F.G. Zalom. 2014. Seasonal monitoring for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in California commercial raspberries. Env. Entomol. 43(4) : 1008–1018.

Hamby, K.A., D.E. Bellamy, J.C. Chiu, J.C. Lee, V.M. Walton, N.G. Wiman, R.M. York et A. Biondi. 2016. Biotic and aabiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *J. Pest Sci.* 89(3) : 605-619.

Hamby, K.E. 2017. https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1009196-developing-cultural-control-tactics-for-spotted-wing-drosophila-management-in-small-fruits.html

Hampton, E., C. Koski, O. Barsoian, H. Faubert, R.S. Cowles et S.R. Alm. 2014. Use of early ripening cultivars to avoid infestation and mass trapping to manage *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Vaccinium corymbosum (Ericales: Ericaceae). J. Econ. Entomol. 107(5) : 1849-1857.

Harris, D.W., K.A. Hamby, H.E. Wilson et F.G. Zalom. 2014. Seasonal monitoring of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in a mixed fruit production system. J. Asia-Pacific Entomol. 17(4) : 857-864.

Hauser M. 2011. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. Pest Manag. Sci. 67 : 1352-1357.

Haviland, D.R. et E.H. Beers. 2012. Chemical control programs for *Drosophila suzukii* that comply with international limitations on pesticide residues for exported sweet cherries. J. Integr. Pest Manag. 3(2) : F1-F6.

Haviland D.R., J.L. Caprile, S.M. Rill, K.A. Hamby et J.A.Grant. 2016. Phenology of spotted wing drosophila in the San Joaquin Valley varies by season, crop and nearby vegetation. Calif. Agric . 70 : 24-31.

Helsen H, J. van Bruchem et R. Potting. 2013 De suzuki-fruitvlieg *Drosophila suzukii*, ennieuweplaagopfruit in Nederland. Gewasbescherming 44 : 72-76.

Hendrichs, J., A. Robinson, J. Cayol et W. Enkerlin. 2002. Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: the importance of mating behavior studies. Florida Entomol. 85 :1-13.

Iglesias, L.E., T.W. Nyoike et O.E. Liburd. 2014. Effect of trap design, bait type, and age on captures of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops. J. Econ. Entomol. 107(4): 1508-1518.

Iglesias, L.E. et O.E. Liburd. 2017. The effect of border sprays and between-row soil tillage on *Drosophila suzukii* in organic blackberry production. J. Appl. Entomol. 141(1-2) : 19-27.

IR4 projets. 2015 et 2016. http://ir4app.rutgers.edu/biopestPub/pnnProjects.aspx

Jakobs, R., T.D. Gariepy et B.J. Sinclair. 2015. Adult plasticity of cold tolerance in a continental-temperate population of *Drosophila suzukii*. J. Insect Physiol. 79 : 1-9.

Jakobs, R., B. Ahmadi, S. Houben, T.D. Gariepy et B.J. Sinclair. 2017. Cold tolerance of third-instar *Drosophila suzukii* larvae. J. Insect Physiol. 96: 45-52

Jallon, J.M. 1984. A few chemical words exchanged by *Drosophila* during courtship and mating. Behav Genet. 14(5) : 441-478.

Jaramillo, S.L., E. Mehlferber et P.J. Moore. 2015. Life-history trade-offs under different larval diets in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Physiol.Entomol. 40(1) : 2-9.

Jentsch, P. 2016. Developing attract-and-kill strategies to manage Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumara, in raspberry. https://blogs.cornell.edu/jentsch/files/2016/10/ICE.AtK_.Jentsch.9.30.16.Final_.RdSz-2kpk9kc.pdf

Joshi, N.K., B. Butler, K. Demchak et D. Biddinger. 2016. Seasonal occurrence of spotted wing drosophila in various small fruits and berries in Pennsylvania and Maryland. J. Appl. Entomol. 141 : 156-160.

Kacsoh, B.Z., Schlenke T.A. 2012. High hemocyte load is associated with increased resistance against parasitoids in *Drosophila suzukii*, a relative of *D. melanogaster*. PloS One 7(4).

Kakinohana, H., H. Kuba, M. Yamagishi, T. Kohama, K. Kinjyo, A. Tanahara, Y. Sokei et S. Kirihara. 1993. The eradication of the melon fly from the Okinawa Islands, Japan: II. Current control program. Pages 465-469 Fruit Flies. Springer, États-Unis.

Kanzawa, T. 1935. Research into the fruit-fly *Drosophila suzukii* Matsumura (Preliminary Report).In S. Kawai (Ed), Yamanashi Prefecture Agricultural Experiment Station Report. In Japanese.

Kanzawa, T. 1939. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu, Yamanashi Agricultural Experiment Station 49 pp. (abstr.). *Rev. Appl. Entomol*. 29 : 622.

Kasuya, N., H. Mitsui, Sh. Ideo, M. Watada et M.T. Kimura. 2013. Ecological, morphological and molecular studies on *Ganaspis* individuals (Hymenoptera: Figitidae) attacking *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Appl. Entomol. Zool. 48(1) : 87-92.

Kenis, M., L. Tonina, R. Eschen, B. van der Sluis, M. Sancassani, N. Mori et H. Helsen. 2016. Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 89(3) : 735-748.

Kido, M.H., A. Asquith et R.I. Vargas. 1996. Nontarget insect attraction to methyl eugenol traps used in male annihilation of the Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in riparian Hawaiian stream habitat. Env. Entomol. 25(6) : 1279-1289.

Kim, Y.Ha, J.H. Hur, G.S. Lee, M.-Y. Choi, et Y.H. Koh. 2016. Rapid and highly accurate detection of *Drosophila suzukii*, Spotted Wing Drosophila (Diptera: Drosophilidae) by loop-mediated isothermal amplification assays. J. Asia-Pacific Entomol. 19(4) : 1211-16.

Kimura, M.T. 2004. Cold and heat tolerance of drosophilid flies with reference to their latitudinal distributions. Oecologia 140(3) : 442-449.

Kinjo, H., Y. Kunimi, T. Ban et M. Nakai. 2013. Oviposition efficacy of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on different cultivars of blueberry. J. Econ. Entomol. 106(4): 1767-1771.

Kiss, B., G.D. Lengyel, Z. Nagy et Z. Kárpáti. 2013. A pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) elsö magyarországi elöfordulása. Növényvédelem 49 :97-99

Klassen, W. et C. Curtis. 2005. History of the sterile insect technique. Pages 3-36 dans V. Dyck, J. Hendrichs et A. Robinson, éditeurs. Sterile Insect Technique. Springer, Pays-Bas.

Klick, J., W.Q. Yang, V.M. Walton, D.T. Dalton, J.R. Hagler, A.J. Dreves, J.C. Lee et D.J. Bruck. 2016. Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. J. Appl. Entomol. 140(1-2) : 37-46.

Knup, P., J. Beiner et F.S.A. Delaloye. 2015. Lockstoff für *Drosophila suzukii*. Fiche technique RIGA AG. http://becherfalle.ch/downloads/RIGA_2015_Merkblatt_Drosophila_de_A4.pdf

Koch, K. et H.-J. Ensikat. 2008. The hydrophobic coatings of plant surfaces: epicuticular wax crystals and their morphologies, crystallinity and molecular self-assembly. Micron. 39(7) :759–72.

Kuonen, F. et C. Baroffio. 2016. *Drosophila suzukii* – Monitoring approfondi. Agroscope fiche technique N°43.

Kuske, S., M. Hunkeler, O. Eicher et P. Kehrli. 2016a. Stratégie de lutte contre *Drosophila suzukii* dans les fruits à noyaux. Agroscope Fiche technique 36. 2p.

Kuske, S., M. Hunkeler, O. Eicher et P. Kehrli. 2016b. Stratégie de lutte contre *Drosophila suzukii* en vergers haute-tige. Agroscope Fiche technique 37. 2p.

Lacroix, C. 2014. Drosophile à ailes tachetées. État de situation. MAPAQ. Conférence Chaudière-Appalaches. [En ligne] https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/ChaudiereAppalaches/CLacroixetatsituationdrosophile.pdf

Lacroix, C. et M. Harnois. 2013. La drosophile à ailes tachetées : dépistage et contrôle. Réseau d'avertissement phytosanitaire – Petits fruits. Bulletin d'information 4 : 1-8.

Lambert, L. 2014. Quoi de neuf en Amérique du Nord sur la drosophile a ailes tachetées. Présentation aux journées horticoles MAPAQ, Centre du Québec.

Landi, S., E. Gargani, F. Paoli, S. Simoni et P.F. Roversi. 2015. Morphological markers for cryopreservation in the embryonic development of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 108(4): 1875-1883.

Landolt, P.J., T. Adams et H. Rogg. 2012. Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. J. Appl. Entomol. 136(1-2) : 148-154.

Lanoue-Piché, K. 2014. Essais d'attractifs contre la drosophile à ailes tachetées. Rapport au MAPAQ dans le cadre du programme PADAAR- Appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région. IRDA. 33 p.

Lanouette, G., J. Brodeur, F. Fournier, V. Martel, M. Vreysen, C. Caceres et A. Firlej. The sterile insect technique for the management of the spotted wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii*: Establishing the optimum irradiation dose. Plos One. Accepté.

Leach, H., S. van Timmeren, et R. Isaacs. 2016. Exclusion netting delays and reduces *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) infestation in raspberries. J. Econ. Entomol. 109 : 2151-2158.

Leach, H., J. Moses, E. Hanson, P. Fanning et R. Isaacs. 2017. Rapid harvest schedules and fruit removal as non-chemical approaches for managing Spotted Wing Drosophila. J. Pest Sci. https://doi.org/10.1007/s10340-017-0873-9

Lee, J.C., D.J. Bruck, H. Curry, D. Edwards, D.R. Haviland, R.A Van Steenwyk et B.M. Yorgey. 2011. The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. Pest Manag. Sci. 67(11) : 1358-1367.

Lee, J.C., H.J. Burrack, L.D. Barrantes, E.H. Beers, A.J. Dreves, K.A. Hamby, D.R. Haviland *et al.* 2012. Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. J. Econ. Entomol. 105(4): 1350-1357.

Lee, J.C., P.W. Shearer, L.D. Barrantes, E.H. Beers, H.J. Burrack, D.T. Dalton, A.J. Dreves, *et al*. 2013. Trap designs for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Env. Entomol. 42(6): 1348-1355.

Lee, J.C., A.J. Dreves, A.M. Cave, S. Kawai, R. Isaacs, J.C. Miller et D.J. Bruck. 2015. Infestation of wild and ornamental noncrop fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 108(2) :117-129.

Lee, R.E. et D.L. Denlinger. 1991. Insects at low temperature. Chapman and Hall, London, 513 p.

Légaré, J.P., J. Moisan-De-Serres et M. Fréchette. 2013. La drosophile à ailes tachetées. Fiche technique. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection. MAPAQ. 7 p.

Leskey, T. 2014. Developing a behaviorally-based attract and kill system for Spotted Wing Drosophila. http://www.northeastipm.org/neipm/assets/File/SWDWG/Leskey-Research-objectives-and-preliminary-findings.pdf

Li, F. et M.J. Scott. 2016. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the white and Sex lethal loci in the invasive pest, *Drosophila suzukii*. Biochem. Biophys. Res. Commun 469 : 911-916.

Lin, Q.-C., Y.-F. Zhai, A.-S. Zhang, X.-Y. Men, X.-Y. Zhang, F.G. Zalom, C.-G. Zhou, et Y. Yu. 2014. Comparative developmental times and laboratory life tables for *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). Florida Entomol. 97(4) : 1434-1442.

Little, C.M., T.W. Chapman, D.L. Moreau et N.K. Hillier. 2017. Susceptibility of selected boreal fruits and berries to the invasive pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Pest Manag. Sci. 73(1) : 160-166.

Liu, W, X. Liang, J. Gong, Z. Yang, Z.-H. Zhang, J.-X. Zhang et Y. Rao. 2011 Social regulation of aggression by pheromonal activation of Or65a olfactory neurons in *Drosophila* . Nat. Neurosci. 14 : 896-902.

Lue, C.-H., J.L. Mottern, G.C. Walsh et M.L. Buffington. 2017. New record for the invasive Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) in Anillaco, Western Argentina. Proc. Entomol. Soc. Washington 119(1) : 146-50.

Máca, J., J. Rohácek, C.R. Vilela et M. Brezíková. 2015. New and interesting records of Drosophilidae (Diptera) from the Czech Republic and Slovakia. Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales, 64(2):101-106.

Manning, A. 1962. A sperm factor affecting the receptivity of *Drosophila melanogaster* females. Nature 194 : 252-253.

Massicotte, É. Et M.-C. Rioux. 2016. Profil sectoriel de l'industrie horticole au Québec, edition 2016. Gouvernement du Québec 110 p.

Mazzoni, V., G. Anfora et M. Virant-Doberlet. 2013. Substrate vibrations during courtship in three Drosophila species ». PloS one 8(11) : e80708.

McIntosh, H. 2016. *Drosophila suzukii* development & attraction. University of Oregon, 2016. https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/handle/1794/20329.

Milek T.M., G. Seljak, M. Šimala et M. Bjeliš. 2011. Prvinalaz *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) u Hrvatskoj. Glasilo Biljne Zaštite 11 : 377-382.

Miller, B., G. Anfora, M. Buffington, K.M. Daane, D.T. Dalton, K.M. Hoelmer et M.V. Rossi-Stacconi. 2015. Seasonal occurrence of resident parasitoids associated with *Drosophila suzukii* in two small fruit production regions of Italy and the USA. Bull. Insectology 68(2), 255-263.

Mitsui, H. et M.T. Kimura. 2010. Distribution, abundance and host association of two parasitoid species attacking frugivorous drosophilid larvae in central Japan. Eur. J. Entomol. 107(4) : 535.

Mitsui, H., K.H. Takahashi et M.T. Kimura. 2006. Spatial distributions and clutch sizes of Drosophila species ovipositing on cherry fruits of different stages. Pop. Ecol. 48(3) : 233-237.

Mitsui, H., K. Beppu et M.T. Kimura. 2010. Seasonal life cycles and resource uses of flower-and fruit-feeding drosophilid flies (Diptera: Drosophilidae) in central Japan. *Entomol. Sci. 13*(1) : 60-67.

Moreno Carrillo, G., B. Rodriguez Velez, J.A. Sanchez Gonzalez, et H.C.A. Bernal. 2015. Trapping and recording of the parasitoid *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani)(Hymenoptera: Pteromalidae) of *Drosophila suzukii* (Matsumura)(Diptera: Drosophilidae) in Mexico. Southwest.Entomol. 40(1) : 199-203.

Mortelmans, J., H. Casteels et T. Beliën. 2012. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) a pest species new to Belgium. Belg. J. Zool. 142 :143-146.

Murphy, K.A., J.D. West, R.S. Kwok et J.C. Chiu. 2016. Accelerating research on Spotted Wing Drosophila. J. Pest Sci. 89(3): 631-641.

Nagayama, S. et H. Okamoto. 1940. List of fruit insect pests in Korea. Ann. Agr. Exp. St. Gov. Gen. Chosen 12 :195-247.

Naranjo-Lázaro, J.M., M.A. Mellín-Rosas, V.D. González-Padilla, J.A. Sánchez-González, G. Moreno-Carrillo et H.C. Arredondo-Bernal. 2014. Susceptibility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) to entomophatogenic fungi. Southwest. Entomol. 39(1): 201-203.

Nomano, F. Y., H. Mitsui, et M. T. Kimura. 2015. Capacity of Japanese Asobara species (Hymenoptera; Braconidae) to parasitize a fruit pest *Drosophila suzukii* (Diptera; Drosophilidae). J. Appl. Entomol. 139(1-2) : 105-113.

ODA (2010) Pest Alert: Spotted Wing Drosophila. Oregon Department of Agriculture, July 2010. Webpage: http://www.oregon.gov/ODA/PLANT/docs/pdf/ippm_dsuzukii_alert_aug2010.pdf

Ondet, S.-J. et C. Gorski. 2015. *Drosophila suzukii* et effet insectifuge de certaines huiles essentielles. http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2016/05/CR-15-HE-et-Droso-suzukii-19-01-16.pdf

Ostojic, I., M. Zovko et D. Petrovic. 2014. First record of spotted wing *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) in Bosnia and Herzegovina. (Prvi nalaz octene musice ploda *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) u Bosni i Hercegovini.) Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu (Works of the Faculty of Agriculture University of Sarajevo), 59(64(1)):127-133.

OSU, 2009. Fruit fly, "Spotted Wing Drosophila," identified in wine grapes. Oregon State University, University Relations and Marketing, News & Research Communications. Webpage: http://oregonstate.edu/ua/ncs/archives/2009/oct/fruit-fly-%E2%80%9Cspotted-wing-drosophila%E2%80%9D-identified-wine-grapes.

Papachristos D., C. Matakoulis, N.T. Papadopoulos, A. Lagouranis, K. Zarpas et P. Milonas. 2013. First report of the presence of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Greece. Abstracts of the 15th entomology meeting of the Hellenic Entomological Society.

Pelton, E., C. Gratton, R. Isaacs, S. Van Timmeren, A. Blanton et C. Guédot. 2016. Earlier Activity of *Drosophila suzukii* in high woodland landscapes but relative abundance Is unaffected. J. Pest Sci. 89(3): 725-733.

Pener M.P. 1992. Environmental cues, endocrine factors, and reproductive diapause in male insects. Chronobiol. Inter. 9 :102-113.

Plant Inspection Advisory. 2010. Update for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* and potential on blueberries. Memo to: Bureau of Plant & Apiary Inspectors and Supervisors, Florida.

Plantamp, C., V. Estragnat, S. Fellous, E. Desouhant et P. Gilbert. 2016. Where and what to feed? Differential effects on fecundity and longevity in the invasive *Drosophila suzukii*. Basic Appl. Ecol. 19 : 56-66

Poyet, M., P. Eslin, M. Héraude, V. Le Roux, G. Prévost, P. Gibert et O. Chabrerie. 2014. Invasive host for invasive pest: when the Asiatic cherry fly (*Drosophila suzukii*) meets the American black cherry (*Prunus serotina*) in Europe. Agric. Forest Entomol. 16(3) : 251-259.

Poyet, M., V. Le Roux, P. Gibert, A. Meirland, G. Prévost, P. Eslin et O. Chabrerie. 2015. The wide potential trophic niche of the Asiatic fruit fly *Drosophila suzukii*: the key of its invasion success in temperate Europe? PloS one 10(11) : e0142785.

Puesnel, R., A. Bouchard, V. Myrand, J. Tremblay, S. Martinez et P. Lafontaine. 2016. Évaluation d'insecticides biologiques et d'insecticides à faible risque pour lutter contre la drosophile à ailes tachetées (*Drosophila suzukii*). Rapport final présenté au MAPAQ dans le cadre du programme Prime-Vert, volet 11 - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise. IRDA. 21 p.

Radonjić, S. et S. Hrnčić. 2015. First record of spotted wing drosophila *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Montenegro. Pestic. Phytomed. (Belgrade) 30(1): 35-40.

Renkema, J.M., R. Buitenhuis et R.H. Hallett. 2014. Optimizing trap design and trapping protocols for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 107(6) : 2107-2118.

Renkema, J.M., D. Wright, R. Buitenhuis et R.H. Hallett. 2016. Plant essential oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Sci. Rep. 6 :21432.

Revadi, S., S. Lebreton, P. Witzgall, G. Anfora, T. Dekker et P.G. Becher. 2015. Sexual behavior of *Drosophila suzukii*. *Insects* 6(1) : 183-196.

Rice K.B., B.D. Short, S.K. Jones et T.C. Leskey TC. 2016. Behavioral responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to visual stimuli under laboratory, semifield, and field conditions. Environ Entomol. 45(6) :1480-1488.

Richoz, P., C.A. Baroffio, S. Fischer, P. Kehrli, S. Kuske, G. Brand, J. Samietz, C.Linder et B. Salamanca. 2013. Evaluation des dommages causés par *Drosophila suzukii*, développement de mesures de contrôle et stratégies de lutte. Agroscope, Conthey. 11 p.

Riggs, D.I., G. Loeb, S. Hesler et L. McDermott. 2016. Using Insect Netting on Existing Bird Netting Support Systems to Exclude Spotted Wing Drosophila (SWD) from a Small Scale Commercial Highbush Blueberry Planting. http://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/McDermott-Pages-9-14-NYFQ-Book-Summer-2016.pdf

Rossi-Stacconi, M.V., A. Grassi, D.T. Dalton, B. Miller, M. Ouantar, A. Loni, C. Ioriatti *et al*. 2013. First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. *Entomologia* 1(1) :3.

Rossi-Stacconi, M.V., R. Kaur, V. Mazzoni, L. Ometto, A. Grassi, A. Gottardello, O. Rota-Stabelli, et G. Anfora. 2016. Multiplel of evidence for reproductive winter diapause in the invasive pest *Drosophila suzukii*: useful clues for control strategies. J. Pest Sci. 89(3): 689-700.

Rota-Stabelli, O, M. Blaxter et G. Anfora G. 2013. Quick guide: *Drosophila suzukii*. Curr. Biol. 23 : R-R9.

Rouzes, R., M.L. Ravidat, L. Delbac et D. Thiéry, D. 2012. The spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) entered the drosophila communities in the French Sauternes Vineyard. J. Int. Sci. Vigne Vin. 46 :145-147.

Sasaki, M. et R. Sato. 1995. Bionomics of the cherry drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Fukushima Prefecture. Annual Report Plant Protection Northern Japan 46 : 170-

172.Schetelig, M.F. et A.M. Handler. 2013. Germline transformation of the spotted wing drosophilid, *Drosophila suzukii*, with a piggyBac transposon vector. Genetica 141(4-6) :189-193.

Seljak, G. (2011) Spotted wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura), a new pest of berry-fruit in Slovenia. SAD, Revija za Sadjarstvo, Vinogradnistvo in Vinarstvo 22 :3.

Shearer, P.W., J.D. West, V.M. Walton, P.H. Brown, N. Svetec et J.C. Chiu. 2016. Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. BMC Ecology 16 :11.

Shelby, J., P. Fisher et E. Cole. 2015. Can you keep Spotted Wing Drosophila Out? Exclusion netting trial. http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2015/23hrt15a2.htm

Singh, B.K. et M. Bhatt. 1988. A preliminary report on the Drosophilidae of Kumaun Region with description of two new species and three new records. Oriental Insects 22 :147-161.

Smirle, M.J., C.L. Zurowski, M.-M. Ayyanath, I.M. Scott et K.E. MacKenzie. 2017. Laboratory studies of insecticide efficacy and resistance in *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) populations from British Columbia, Canada. Pest Manag. Sci. 73(1) : 130-37.

Steffan, S.A., J.C. Lee, M.E. Singleton, A. Vilaire, D.B. Walsh, L. Lavine et K. Patten. 2013. Susceptibility of cranberries to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 106(6) : 2424-2427.

Stephens, A.R., M.K. Asplen, W.D. Hutchison et R.C. Venette. 2015. Cold Hardiness of winter-acclimated *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) adults. Environ. Entomol. 44(6): 1619-1626.

Stewart, T.J., X.-G. Wang, A. Molinar et K.M. Daane. 2014. Factors limiting peach as a potential host for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 107(5): 1771-1779.

Svensson, B., V. Tönnberg, P. Becher, S. Manduric et T. Håjansson. 2017. Guide till fruktflugan *Drosophila suzukii*http://pub.epsilon.slu.se/14053/1/svensson_b_et_al_170216.pdf

Sward, G.F.H., S.E. Glass et C.R. Philips. 2016. The phenology of infestations and the ompacts of different varieties of cold hardy red raspberries on *Drosophila suzukii*. http://file.scirp.org/pdf/AE_2016072613360557.pdf.

Takahara, B. et K.H. Takahashi. 2017. Associative learning of color and firmness of oviposition substrates in *Drosophila suzukii*. Entomol. Exp. Appl. 162(1): 13-18.

Tamada, T .2009. Current trends of blueberry culture in Japan. Acta Horticult.e 810: 109-116.

Tan C.C., T.C. Hsu et T.C. Sheng. 1949. Known *Drosophila* species in China with descriptions of twelve new species. Univ. Texas Publ. 4920 :196-206.

Taskforce suzukii. 2016. Newsletter *Drosophila suzukii* Septembre 2016. Agroscope Transfer N° 145. 7 p.

Thireau, C., A.-M. Fortier et M. Lefebvre. 2016. Évaluation d'insecticides biologiques et d'insecticides à faible risque pour lutter contre la drosophile à ailes tachetées dans la culture de la framboise d'automne. Rapport final présenté au MAPAQ dans le cadre du programme Prime-Vert, volet 11 - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise. IRDA. 21 p.

Timmeren S.V. et R. Isaacs. 2013. Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. Crop Prot . 54: 126-133.

Tochen S., V.M. Walton et J.C. Lee. 2016. Impact of floral feeding on adult *Drosophila suzukii* survival and nutrient status. J. Pest Sci. 89 :793-802.

Tochen, S., D.T. Dalton, N. Wiman, C. Hamm, P.W. Shearer et V.M. Walton. 2014. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. Environ. Entomol. 43(2) : 501-510.

Tochen, S., J.M. Woltz, D.T. Dalton, J.C. Lee, N.G. Wiman et V.M. Walton. 2015. Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. *J. Appl. Entomol.* 140(1-2) : 47-57.

Toda, M.J. 1991. Drosophilidae (Diptera) in Myanmar (Burma) VII. The *Drosophila melanogaster* species-group excepting the *D. montium* species-subgroup. Oriental Insects 25 :69-94.

Toševski I., S. Milenković, O. Krstić, A. Kosovac, M. Jakovljević, M. Mitrović, T. Cvrović et J. Jović. 2014. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae), a new invasive pest in Serbia. Zastita Bilja 65(3) :99-101.

Toxopeus, J., R. Jakobs, L.V. Ferguson, T.D. Gariepy et B.J. Sinclair. 2016. Reproductive arrest and stress resistance in winter-acclimated *Drosophila suzukii*. J. Insect Physiol. 89 : 37-51.

Van Steenwyk, R.A. et M.P. Bolda. 2015. Spotted wing drosophila: devastating effects on cherry and berry pest management. Acta Horticulturae. 1105 : 11-18.

Vogt, H., P. Baufeld, J. Gross, K. Kopler et C. Hoffmann. 2012. *Suzukii Drosophila*: a new threat feature for the European fruit and viticulture - report for the international conference in Trient, 2, December 2011. (*Drosophila suzukii*: eine neue bedrohung fur den Europaischen obst- und weinbau - bericht uber eine internationale tagung in trient, 2, Dezember 2011.) Journal fur Kulturpflanzen 64 :68-72.

Vogt, H. 2014. A new pest, the Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura 1931), is threatening fruit-growing and viticulture. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 19 : 211-221.

Waage, J.K. et N.J. Mills. 1992. Biological control. Natural Enemies: The Population Biology of Predators, Parasites and Diseases, ed. M.J.Crawley. Blackwell Science, Oxford, UK

Wallingford, A.K., S.P. Hesler, D.H. Cha et G.M. Loeb. 2015. Behavioral response of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura, to aversive odors and a potential oviposition deterrent in the field. Pest Manag. Sci. 72(4) :701-6.

Walsh, D.B., M.P. Bolda, R.E. Goodhue, A.J. Dreves, J. Lee, D.J. Bruck, V.M. Walton, S.D. O'Neal et F.G. Zalom. 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *J. Integ. Pest Manag.* 2(1): 1-7.

Walton, V.M., J. Lee, D. Bruck et A.J. Dreves. 2011. Recognizing fruit damaged by spotted wing Drosophila (SWD), *Drosophila suzukii*. Oregon State University Extension Service, EM 9021.

Wang, L, et D.J. Anderson. 2010 Identification of an aggression-promoting pheromone and its receptor neurons in Drosophila . Nature 463 : 227-231.

Wang, X.-G., G. Kaçar, A. Biondi et K.M. Daane. 2016. Life-history and host preference of *Trichopria drosophilae*, a pupal parasitoid of spotted wing drosophila. BioControl 61(4) : 387-397.

Watabe, H., K. Nozaka et M. Morita. 2010. Preliminary research on sugar content extracted from the Crops of Drosophila (Diptera, Drosophilidae). J. Hokkaido Univ. Educ. Natural Sci. 61(1) : 21-32.

Weydert, C., Y. Trottin, J.-F. Mandrin, L. Chevalier, B. Dufaÿ, M. Fratantuono, V. Gallia et al. 2016. *Drosophila suzukii* donnaissance du ravageur, moyens de protection. Bilan du projet CASDAR 2013-2016. http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2016/11/Hors-s%C3%A9rie-D.-suzukii.pdf

Wiman, N.G., V.M. Walton, D.T. Dalton, G. Anfora, H.J. Burrack, J.C. Chiu, K.M. Daane *et al.* 2014. Integrating temperature-dependent life table data into a matrix projection model for *Drosophila suzukii* population estimation. PloS one 9(9): e106909.

Wiman, N.G., D.T. Dalton, G. Anfora, A. Biondi, J.C. Chiu, K.M. Daane, B. Gerdeman *et al.* 2016. *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. J. Pest Sci. 89(3): 653-65.

Woltz, J.M., et J.L. Lee. 2017. Pupation behavior and larval and pupal biocontrol of *Drosophila suzukii* in the field. Biol Control 110 :62-69

Woltz, J.M., K.M. Donahue, D.J. Bruck et J.C. Lee. 2015. Efficacy of commercially available predators, nematodes and fungal entomopathogens for augmentative control of *Drosophila suzukii*. J. Appl. Entomol. 139(10) : 759-770.

Yu, D., F.G. Zalom et K.A. Hamby. 2012. Host status and fruit odor response of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to figs and mulberries. J. Econ.entomol. 106(4) : 1932-1937.

Zerulla, F.N., S. Schmidt, M. Streitberger, C.P.W. Zebitz et R. Zelger. 2015. On the overwintering ability of *Drosophila suzukii* in South Tyrol. J. Berry Res. 5 : 41-48.