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. et Franz Vanoosthuyse, M. Sc.
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Janvier 2022

Québec

INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) a été constitué en mars 1998 par quatre fondateurs, soit le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation (MEI).

L'Institut est une corporation de recherche à but non lucratif, qui travaille 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 soutenir le développement d'une agriculture durable au Québec en favorisant le recours à l'innovation et aux partenariats.

Consulter le www.irda.qc.ca pour en connaître davantage sur l'Institut et ses activités.

AUTEUR DE LA REVUE

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

COLLABORATEURS

- Élisabeth Ménard, B. Sc. IRDA
- Daniel Cormier, Ph. D. IRDA
- Christian Lacroix, Agr. MAPAQ
- Guy-Anne Landry, Agr. MAPAQ
- Jean-Philippe Légaré, M. Sc. MAPAQ
- Laurence Jochems-Tanguay, M. Sc. IRDA
- Liette Lambert, Agr. MAPAQ
- Kim Ostiguy, Tech. IRDA
- Justin Ouellette, Tech. IRDA
- Stéphanie Tellier, M.Sc., Agr. MAPAQ
- Jean-Philippe Parent, Ph. D. AAC

REMERCIEMENTS

En 2017, 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.
En 2021, ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 3.1 du programme Prime-vert 2018-2023 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.

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.

LA REVUE PEUT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

Firlej, A. et F. Vanoosthuyse. 2022. La drosophile à ailes tachetées, un ravageur des petits fruits au Québec. Synthèse bibliographique. IRDA. 106 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 7
2.2.1 Cycle de vie 7
2.2.2 Développement et reproduction 10
2.3 Hivernation 20
2.4 Plantes hôtes 23
2.4.1 Inventaire des plantes hôtes 23
2.4.2 Caractéristiques des plantes hôtes 31
2.4.3 Plantes cultivées et pertes économiques 35
2.4.4 Seuil économique 37
2.5 Méthode de dépistage 38
2.5.1 Piégeage 38
2.5.2 Évaluation des infestations 47
3 Méthode de lutte 49
3.1 Lutte par insecticides 49
3.1.1 Insecticides conventionnels et biologiques 49
3.1.2 Ajout de substances attractives 52
3.1.3 Facteurs pouvant moduler les applications phytosanitaires 53
3.2 Lutte physique 56
3.2.1 Couvre-sol 56
3.2.2 Taille 56
3.2.3 Filets 57
3.3 Lutte biologique 59
3.4 Autres méthodes 64
3.4.1 Fréquence de cueillettes 64
3.4.2 Mesures d'hygiène 65
3.4.3 Traitements post-récolte 66

3.4.4 Variétés hâtives 66
3.4.5 Lutte attracticide 69
3.4.6 Push-pull et utilisation de répulsifs 73
3.4.7 Piégeage de masse 77
3.4.8 Plantes trappes 80
3.4.9 Lâchers d'insectes stériles et autres techniques génétiques 80
4 Conclusion et pistes de recherche 84
5 Équipes de recherche 85
6 Références 87

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 nécessaires pour l'atteinte des stades/étapes clés de *D. suzukii* selon les résultats de Tochen *et al.* (2014) (Tiré de Wiman *et al.* 2016). 5

Tableau 3 : Plantes hôtes cultivées et alternatives connues à travers le monde permettant le développement de *D. suzukii*. 24

Tableau 4 : Nombre moyen d'œufs pondus par femelle *D. suzukii* en 24 h et nombre moyen d'adultes produits dans différents stades de maturité de trois variétés de bleuets en corymbe (Tiré de Lee *et al.* 2011). 33

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). 37

Tableau 6 : Types de piège utilisés pour le dépistage de *D. suzukii* en Amérique du Nord et Europe. 40

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). 49

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). 57

Tableau 9 : Liste des parasitoïdes s'attaquant à *D. suzukii*. 61

Tableau 10 : Liste des prédateurs attaquant *D. suzukii*. 62

Tableau 11 : Liste des pathogènes attaquant *D. suzukii*. 63

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). 67

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). 68

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). 68

Tableau 15 : Composition chimique des pourcentages des éléments secs de la gomme (Tiré de Rossi-Stacconi *et al.* 2020a). 72

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 différents 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 É.-U.)+Hawaii, A3=sud de l'Europe+est des É.-U., A4=ouest des É.-U.+est des É.-U., A5=sud de l'Europe+nord de l'Europe; O1–O3=sources les plus probables à l'intérieur de l'aire d'origine : O1=Japon, O2=sud-est de la Chine, O3=nord-est de la Chine). 4

Figure 2 : Résumé des différences entre les populations de *D. suzukii* américaines et européennes (Tiré de Rota-Stabelli *et al.* 2020). 5

Figures 3 : Distribution potentielle de *D. suzukii* en 2050 selon des scénarios d'émissions de GES faibles (RCP 4,5) ou élevées (RCP 8,5). Les zones entourées de bleu sont les zones de distribution actuelles et les zones de couleur jaune à rouge indiquent les zones de présences probables de *D. suzukii* (Tiré de Reyes et Lira-Noriega 2020). 6

Figure 4 : Oeuf de *D. suzukii* (Crédit : F. Vanoosthuyse). 7

Figure 5 : Larve de *D. suzukii* (Crédit : Laboratoire d'expertise de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ). ..8

Figure 6 : Mandibules des trois stades larvaires de *D. suzukii* (Tiré de Jakobs *et al.* 2017). A : premier stade; B : deuxième stade; C : troisième stade. 8

Figure 7 : Pupe de *D. suzukii* avec les stigmates en forme d'étoile (flèche) (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ). 9

Figure 8 : A) mâle et femelle de *D. suzukii*; B) peignes sexuels noirs sur la patte antérieure du mâle; C) ovipositeur en forme de scie dentelée de la femelle (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ). 10

Figure 9: Temps de développement de l'oeuf à l'adulte de *D. suzukii* en fonction de la température. Les résultats sont issus de différentes études de laboratoire à température constante (Tiré de Winkler *et al.* 2020). 11

Figure 10 : a) Mortalité des adultes de *D. suzukii* en fonction de la température et b) de l'humidité relative (Tiré de Gutierrez *et al.* 2016). 12

Figure 11 : Nombre moyen d'oeufs pondus par jour par les femelles *D. suzukii* à différentes humidités relatives (Tiré de Tochen *et al.* 2015). 12

Figure 12 : Comportement de parade nuptiale 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 ses ailes (Tiré de Revadi *et al.* 2015). 13

Figure 13 : 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). 14

Figure 14 : 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). 15

Figure 15 : Oeufs déposés sur des fruits avec seuls les filaments dépassant (Crédit : F. Vanoosthuyse)..... 18

Figure 16 : Fraises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de ODA 2010)..... 18

Figure 17 : Framboises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de ODA 2010)..... 19

Figure 18 : Bleuets infestés par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de ODA 2010). 20

Figue 19 : 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 d'août à décembre 2011 à Hood River (Oregon, É.-U.) (Tiré de Shearer *et al.* 2016). 21

Figure 20 : Nombre de larves de *D. suzukii* par fruits observés fin août en Suisse (Tiré de Taskforce suzukii 2016)..... 32

Figure 21 : 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). 34

Figure 22 : Préférence de *D. suzukii* pour les fruits cultivés. 36

Figure 23 : 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). 44

Figure 24: 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). 45

Figure 25 : Matériel pour la réalisation de tests de sel (Crédit photographique : A. Firlej). 48

Figure 26 : 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) (Tiré de Isaacs 2013). 51

Figure 27 : Nombre moyen de *D. suzukii* capturé à différentes périodes de la journée et dans des pièges placés à différente hauteur dans la culture de framboises remontantes (haute (top)=90-120 cm, moyenne (middle)=43-65cm et bas (ground)=10 cm) (Tiré de Jaffe et Guédot 2019). 54

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). ... 58

Figure 29 : Pourcentage d'infestation des fruits par *D. suzukii* dans une parcelle de framboise 'Tulameen' protégée par des filets (Tiré de Grassi *et al.* 2016). 58

Figure 30 : Filet d'exclusion en mono-parcelle installé en Suède (Tiré de Svensson *et al.* 2017)..... 59

Figure 31 : Photos de A) *Leptopilina heterotoma*, B) *Asobara tabida*, C) *Trichopria drosophilae* et D) *Pachycrepoideus vindemia*. 61

Figure 32 : Photos de A) *Anthocoris nemoralis*, B) *Dalotia coriaria*, C) *Labidura riparia* et D) *Orius insidiosus*. 63

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). 65

Figure 34 : Période de récolte de 14 variétés de bleuets différentes et taux d'infestation des fruits (Tiré de Hampton *et al.* 2014). 66

Figure 35 : Couleurs, formes et tailles testées pour développer un outil de lutte attracticide contre *D. suzukii* (Tiré de Leskey 2014)..... 70

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). 70

Figure 37 : Nombre de *D. suzukii* collecté dans les fruits lors d'essais de sphères attractives appâtées et enduites d'un insecticide placées tous les trois mètres en comparaison à une régie producteur conventionnelle, un témoin non traité et une combinaison de sphère et régie conventionnelle (Tiré de Rice *et al.* 2017). 71

Figure 38 : Produit SPLAT pour *D. suzukii* pulvérisé sur le feuillage (Tiré de Klick *et al.* 2019)..... 71

Figure 39 : Gomme en poudre et hydratée (Tiré de Rossi-Stacconi *et al.* 2020b). 72

Figure 40 : Morceau de chanvre imprégné de la gomme et installé près d'un tuyau d'irrigation pour tenir une humidité constante (Tiré de Rossi-Stacconi *et al.* 2020b)..... 73

Figure 41 : Illustration de la stratégie « push-pull » pour *D. suzukii* (Tiré de Alkema *et al.* 2019). 73

Figure 42 : 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). 75

Figure 43 : Nombre d'oeufs et larves de *D. suzukii* observés dans des fruits (Tiré de Baroffio *et al.* 2017a). 76

Figure 44 : Fruits avec résidus de chaux appliquée en fin de journée (Tiré de Baroffio *et al.* 2016). 76

Figure 45 : Différentes phases du piégeage de masse utilisé en Suisse (Tiré de Baroffio *et al.* 2013). 79

Figure 46 : Nombre total de *D. suzukii* adulte capturé par piège en fonction des appâts et selon les semaines d'échantillonnage (Tiré de Lanoue Piché 2014)..... 80

Figure 47 : Principe de l'interférence ARN (Tiré de https://vulgariz.com/medecine-sante/cancer/nouvelle-avancee-dans-la-therapie-personnalisee-contre-le-cancer/). 83

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 13 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 Bhatt 1988
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 2011
République Tchèque	n.d.	Màca *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	Milek *et al.* 2011; Rota-Stabelli *et al.* 2013; Seljak 2011
Slovénie	2010	Milek *et al.* 2011; Rota-Stabelli *et al.* 2013; Seljak 2011
Allemagne	2011	Vogt *et al.* 2012
Autriche	2011	Asplen *et al.* 2015
Belgique	2011	Mortelmans *et al.* 2012

PAYS	ANNÉES	RÉFÉRENCES
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	Minkov *et al*. 2018
Pologne	2014	Piotrowski et Łabanowska 2017
Serbie	2014	Toševski *et al.* 2014
Slovaquie	2014	NPPO 2014
Uruguay	2014	Gonzàles *et al.* 2015
Argentine	2015	Lue *et al.* 2017
Chili	2015	Medina-Muñoz *et al.* 2015
Chypre	2016	Özbek Çatal *et al.* 2018

* 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. L'étude de Fraimout *et al.* (2017) a brossé 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'île 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 par 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. Une étude plus détaillée de Fraimout et Monnet (2018) explique que les premiers individus qui ont envahi la Californie et l'Espagne ont rencontré un climat analogue à leur niche d'origine, ce qui a favorisé leur établissement, *D. suzukii* n'a donc pas rencontré de défi climatique lors de son établissement. La grande plasticité des *D. suzukii* au niveau comportementale, physiologique et morphologique a ensuite aidé pour son établissement en dehors de sa niche écologique originale (Little *et al.* 2020).

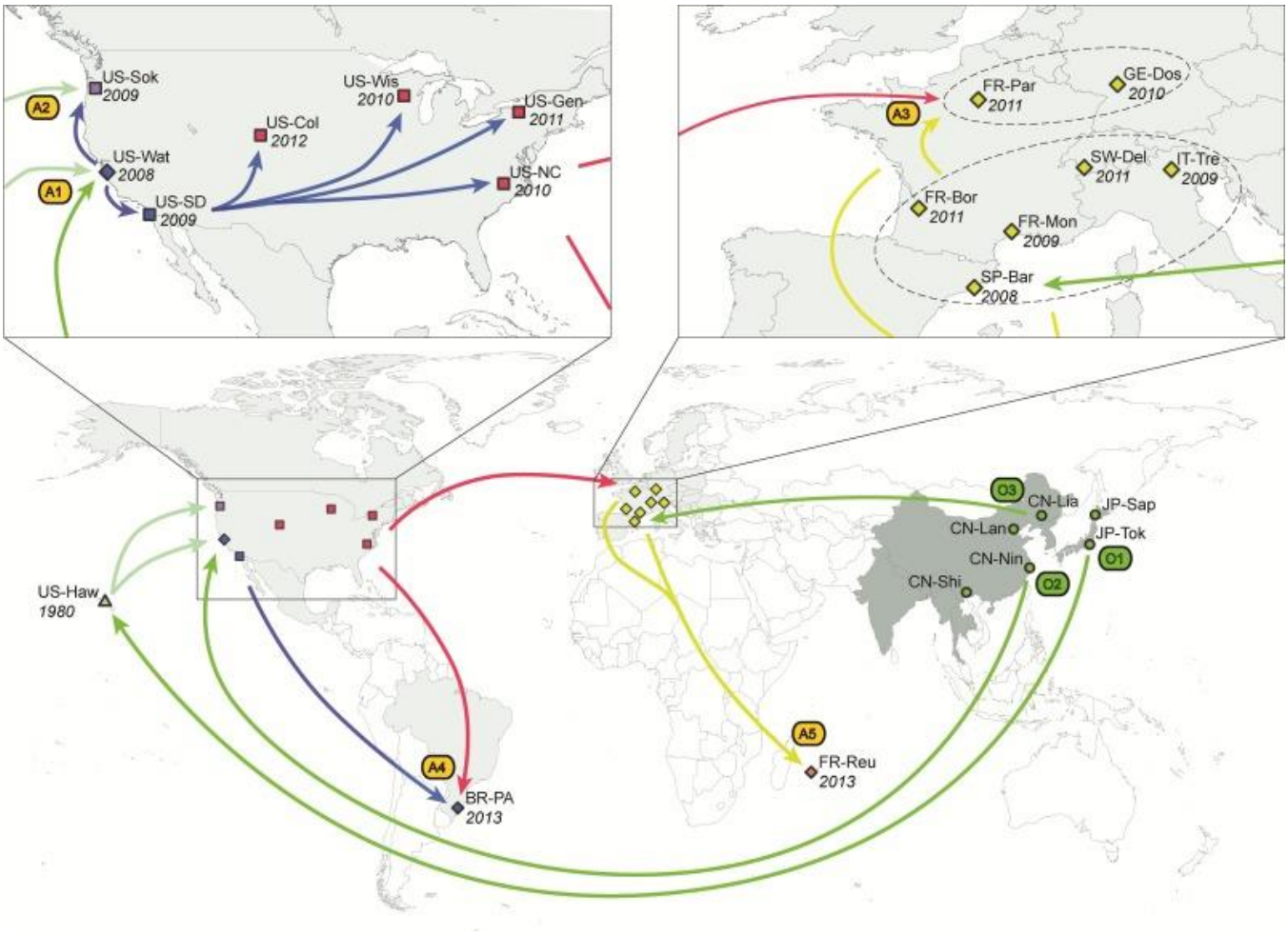


Figure 1 : Flux de populations de *D. suzukii* illustrant les routes possibles d'invasion (Tiré de Fraimout *et al.* 2017) (aire d'origine=gris; date=première année d'observation; carré=population avec étranglement génétique faible; losange= population avec étranglement génétique modéré; triangle= population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

L'étude récente de Rota-Stabelli *et al.* (2020) montre que les populations américaines et européennes diffèrent dans leur génétique et leur physiologie. En effet, les populations américaines sont beaucoup plus diversifiées génétiquement, cependant elles sont moins susceptibles au parasitisme, ont un succès d'éclosion des œufs moindre et sont moins infectées par les bactéries *Wolbachia* (Fig. 2).

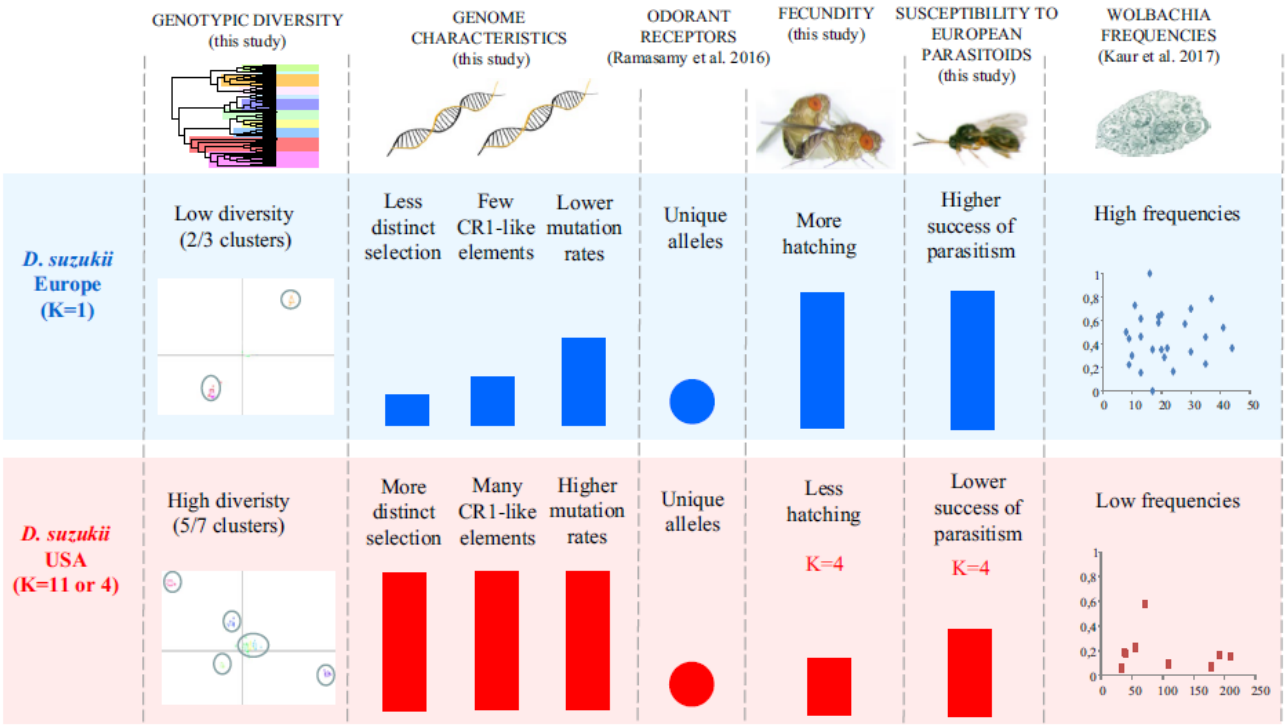


Figure 2 : Résumé des différences entre les populations de *D. suzukii* américaines et européennes (Tiré de Rota-Stabelli *et al.* 2020).

Les modèles phénologiques sont utilisés pour tenter de prédire les dates clés d'apparition des premières captures de *D. suzukii* même si les facteurs influençant le développement des populations au printemps ne sont pas tous connus (adultes survivants à l'hiver, ressource alimentaire disponible, etc.). Un modèle démographique avec l'inclusion des données de développement établies par Tochen *et al.* (2014) a été réalisé par Wiman *et al.* (2014; 2016) et a permis de calculer les degrés-jours pour chaque étape/stade clé de *D. suzukii* selon une température minimale de développement de 7,2°C (Tabl. 2). Plus récemment au Michigan, Leach *et al.* (2019) ont utilisé sept années de données de dépistage pour déterminer que la première date de capture et le pic d'activité peuvent être prédit par le nombre de jours sous 0°C durant l'hiver et le nombre de jours au-dessus de 10°C au printemps. Au Wisconsin, Kamiyama *et al.* (2020) ont déterminé que les premiers individus capturés s'observent à 1276 degrés-jours (Base 7,2°C), ce qui est en accord avec les prédictions du modèle de Leach *et al.* (2019).

Tableau 2 : Degrés-jours nécessaires pour l'atteinte des stades/étapes clés 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

L'intérêt des modèles est aussi de prédire la distribution de *D. suzukii* à travers le monde, car ce ravageur continue son expansion. L'étude la plus récente de Reyes et Lira-Noriega (2020) a évalué la distribution géographique potentielle de *D. suzukii* en 2050 à l'aide d'un modèle de niche écologique. Ils prédisent que *D. suzukii* aura une expansion importante de sa niche écologique dans l'hémisphère nord (Nord et est de l'Europe, Amérique du Nord tempérée et est de l'Asie) selon les scénarios d'émissions de GES faibles ou élevées (Fig. 3).

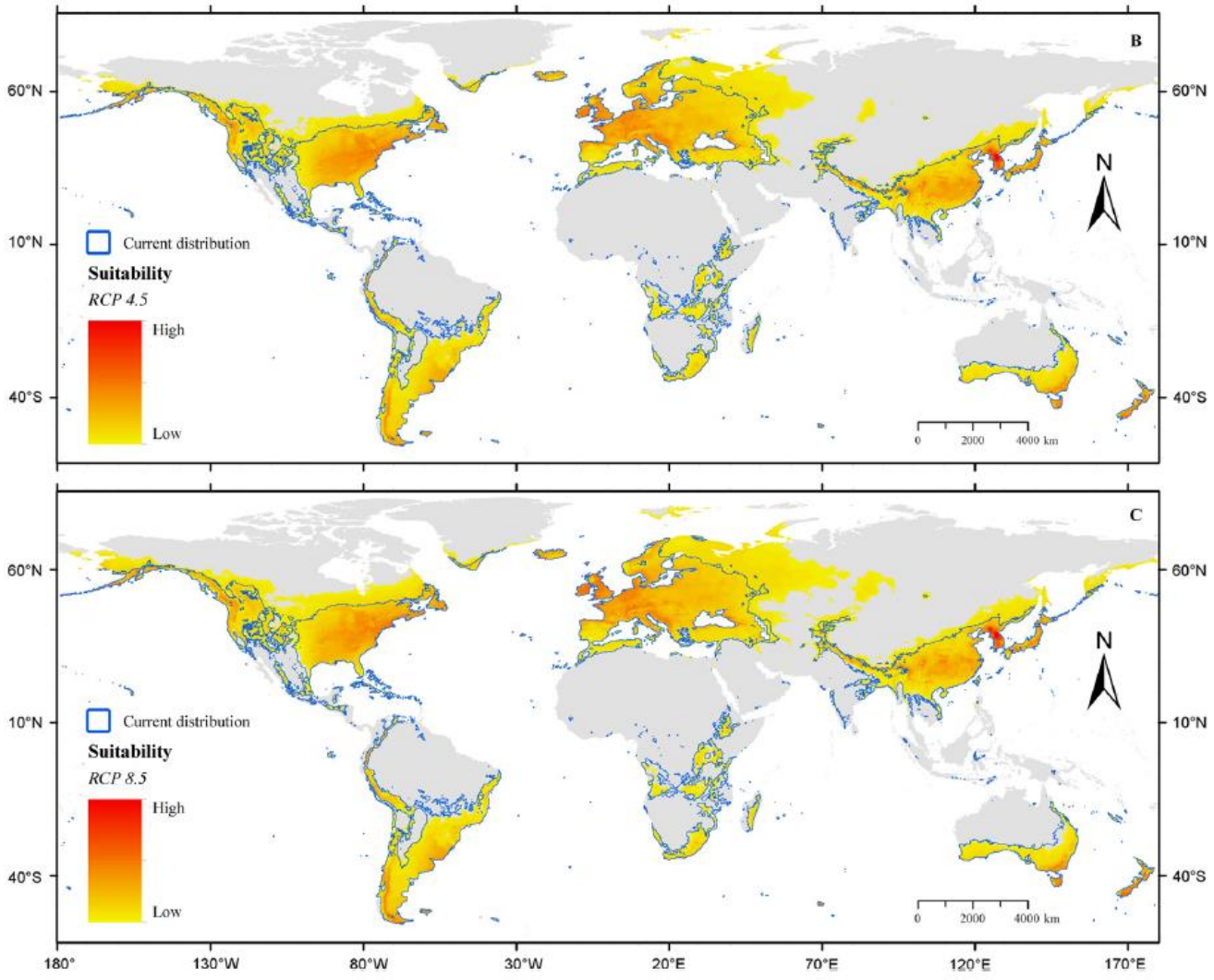


Figure 3 : Distribution potentielle de *D. suzukii* en 2050 selon des scénarios d'émissions de GES faibles (RCP 4,5) ou élevées (RCP 8,5). Les zones entourées de bleu sont les zones de distribution

actuelles et les zones de couleur jaune à rouge indiquent les zones de présences probables de *D. suzukii* (Tiré de Reyes et Lira-Noriega 2020).

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. 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 (Fig. 4). 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] (CABI 2017; Légaré *et al.* 2013; Walsh *et al.* 2011). Les femelles vierges sont capables, sans accouplement, de pondre des œufs, mais ceux-ci ne sont pas fertiles (Lanouette *et al.* 2017).

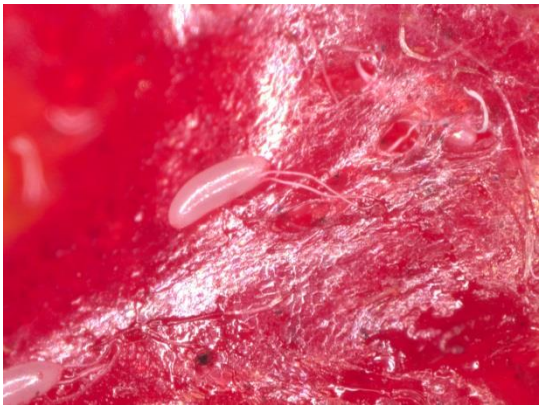


Figure 4 : Oeuf de *D. suzukii* (Crédit : F. Vanoosthuyse).

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. 5) (CABI 2017; Légaré *et al.* 2013; Walsh *et al.* 2011). Les différents stades larvaires

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

peuvent se distinguer uniquement sur la taille, la forme du spécimen et les dents des mandibules (Jakobs *et al.* 2017) (Fig. 6).

Figure 5 : Larve de *D. suzukii* (Crédit : Laboratoire d'expertise de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ).

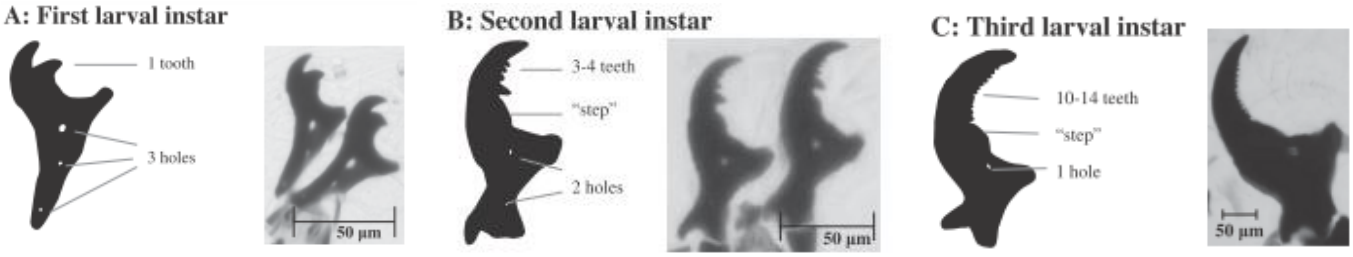


Figure 6 : Mandibules des trois stades larvaires de *D. suzukii* (Tiré de Jakobs *et al.* 2017). A : premier stade; B : deuxième stade; C : troisième stade.

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 (CABI 2017; Légaré *et al.* 2013; Walsh *et al.* 2011). Elle présente à son extrémité antérieure deux excroissances (stigmates) portant des petites projections en forme d'étoile (flèche sur la Fig. 7).

Figure 7 : Pupe 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. 8). 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. 8). La femelle est munie d'un ovipositeur bien apparent muni de denticules plus sombres que le reste de l'ovipositeur (Fig. 8) (CABI 2017; Légaré *et al.* 2013; Walsh *et al.* 2011). 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).

A

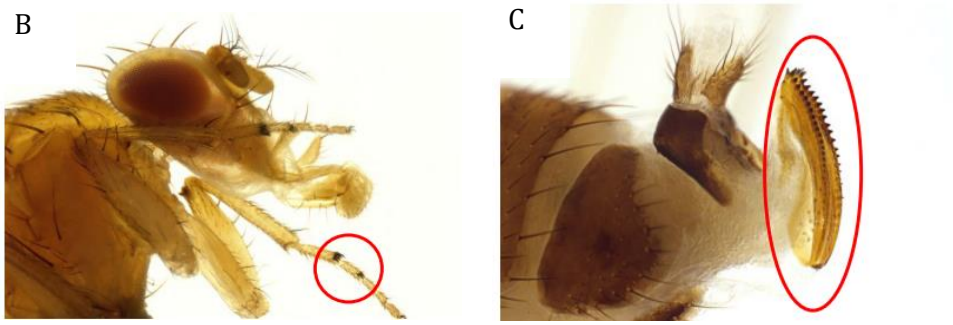


Figure 8 : A) mâle et femelle de *D. suzukii*; B) peignes sexuels noirs sur la patte antérieure du mâle; C) ovipositeur en forme de scie dentelée de la femelle (Crédit : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ).

2.2.2 Développement et reproduction

Développement

Les œufs sont pondus à travers la pelure des fruits et seuls les filaments respiratoires dépassent (Walsh *et al.* 2011). Leur développement embryonnaire découpé en 17 stades (Landi *et al.* 2015) dure d'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* (Chandler *et al.* 2014; Hamby *et al.* 2012). D'autres espèces de *Drosophila* sont connues pour interagir avec une variété de levures, champignons et bactéries symbiotiques. Pour connaître un peu plus le rôle de ces microorganismes sur *D. suzukii*, voir la section sur les besoins nutritionnels (page 16). Une fois le développement larvaire terminé, la pupaison peut avoir lieu à l'intérieur, mais plus fréquemment à l'extérieur du fruit (Walsh *et al.* 2011). En effet le dernier stade larvaire va se laisser tomber au sol et former une pupe dont seule l'extrémité avec les stigmates va dépasser du sol. Le stade pupal dure cinq jours à 22°C après lesquels 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 diverses 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.* 2015; Landi *et al.* 2015; Lee *et al.* 2011; Lin *et al.* 2014; Tochen *et al.* 2014). Un article de revue a récemment synthétisé toutes les connaissances sur l'effet de la température sur le développement de *D. suzukii* (Winkler *et al.* 2020). De manière générale, le succès de développement est le plus élevé entre 19°C et 25°C et varie de 59 à 100%. Également, le temps de développement varie en fonction de la température, la figure 9 montre que le développement est le plus long à 10 °C et le plus court à 28°C. Pour une température moyenne de 22°C le passage de l'œuf à l'adulte de *D. suzukii* est d'environ 13 jours (Emiljanowicz *et al.* 2014).

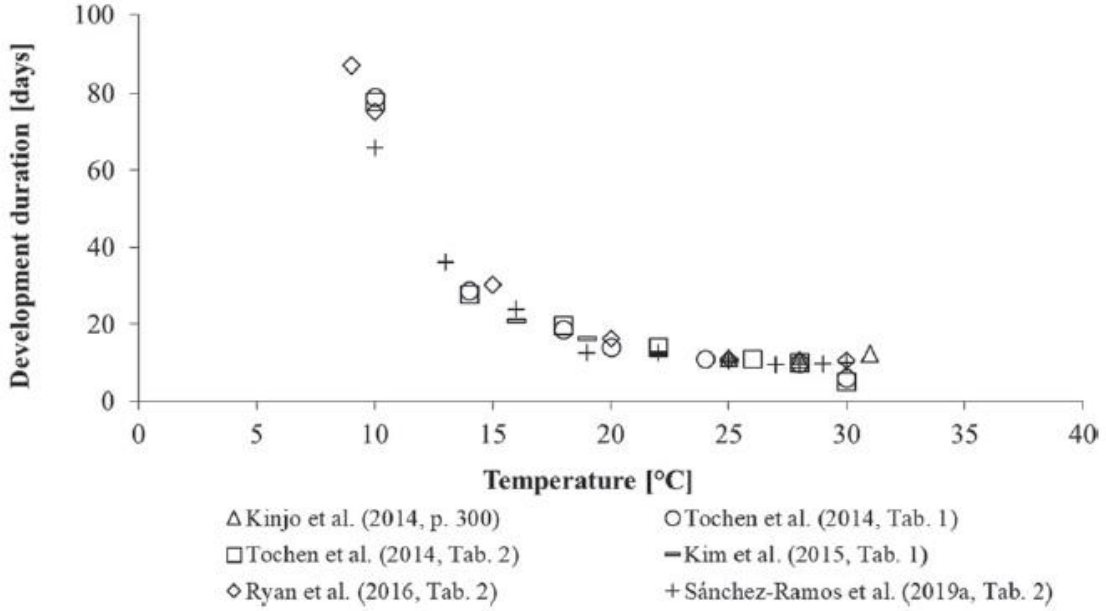


Figure 9: Temps de développement de l'oeuf à l'adulte de *D. suzukii* en fonction de la température. Les résultats sont issus de différentes études de laboratoire à température constante (Tiré de Winkler *et al.* 2020).

La survie, la longévité et la reproduction des adultes sont dépendantes de la température et de l'humidité relative de l'air. La survie à des températures élevées est faible, car *D. suzukii* ne répond pas bien à de grosses chaleurs (Evans *et al.* 2018). En général, ils évitent le stress de la chaleur en allant se réfugier dans des habitats plus frais (Green *et al.* 2019; Tonina *et al.* 2016; Xue et Ma 2020) ou en différant certaines activités ou comportements à des périodes plus fraîches de la journée (Shaw *et al.* 2018; Xue et Ma 2020). La survie des adultes d'été diminue avec l'augmentation des températures à partir de 30°C et les mâles adultes semblent être plus tolérants à la chaleur que les femelles (Enriquez et Colinet 2017) (Fig. 10a). Les morphes d'été peuvent vivre 33 et 60 jours respectivement à 10°C et 16 °C (Winkler *et al.* 2020) même si des auteurs ont déjà mesuré jusqu'à 160 jours de longévité (Emiljanowicz *et al.* 2014; Grumiaux *et al.* 2019; Toxopeus *et al.* 2016).

En ce qui concerne l'humidité, plus celle-ci est élevée, plus elle influence positivement la longévité des adultes et la fécondité des femelles. Plus elle est élevée, plus basse sera la mortalité (Tochen *et al.* 2015) (Fig 10b). Également, au Wisconsin, Guédot *et al.* (2018) ont observé en condition naturelle une influence positive de l'humidité maximale sur les populations de morphes d'été, mais pas celles de morphes d'hiver. 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.* (2016) (Fig. 10a et b). La figure 11 illustre que la moyenne d'œufs pondus peut atteindre 14 œufs/femelle/jour à 94 % d'humidité ce qui est sept fois plus élevé qu'à 33 % d'humidité. L'humidité est donc un facteur important à prendre en compte pour les stratégies de gestion de *D. suzukii*.

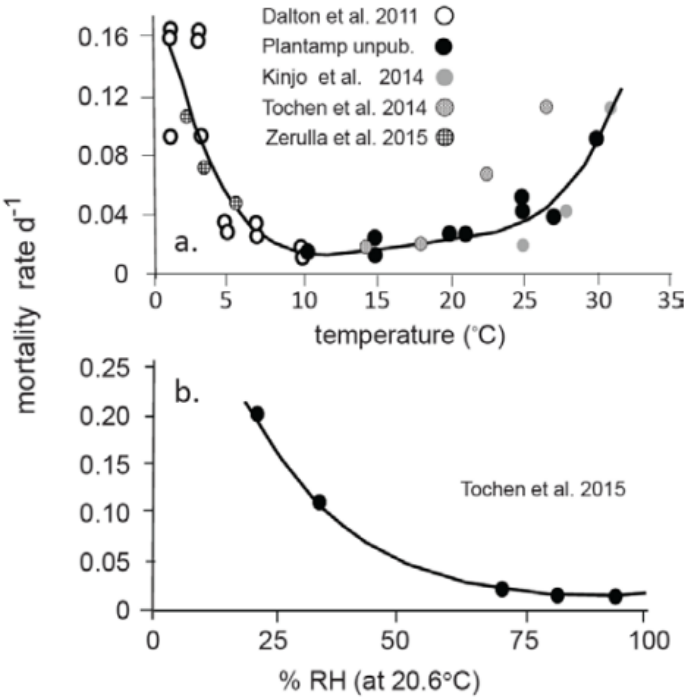


Figure 10 : a) Mortalité des adultes de *D. suzukii* en fonction de la température et b) de l'humidité relative (Tiré de Gutierrez *et al.* 2016).

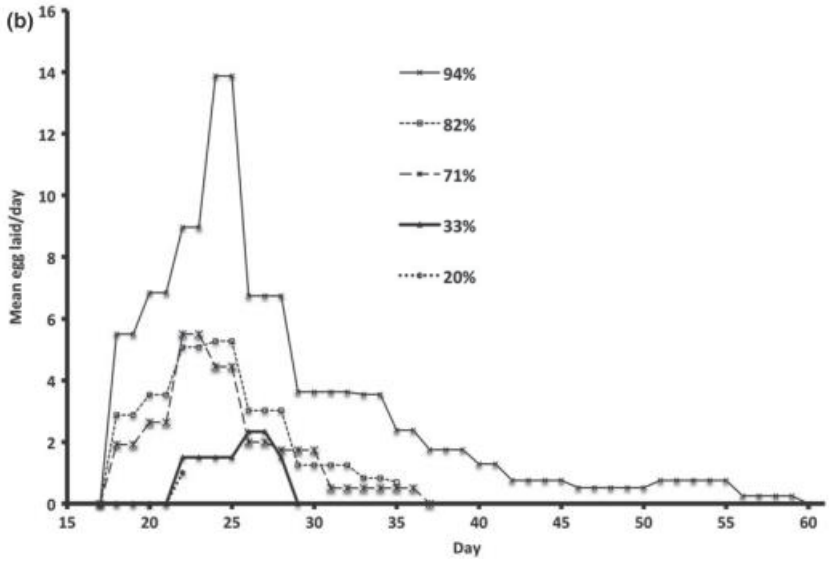


Figure 11 : Nombre moyen d'oeufs pondus par jour par les femelles *D. suzukii* à différentes humidités relatives (Tiré de Tochen *et al.* 2015).

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. 12).

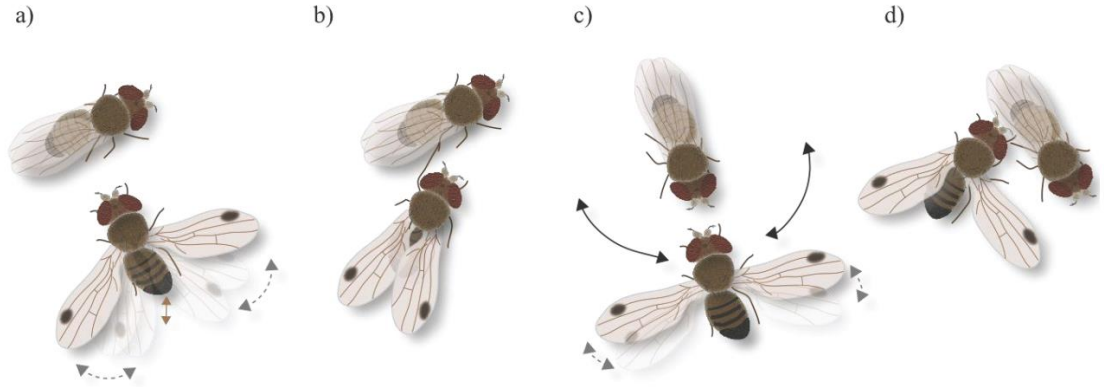


Figure 12 : Comportement de parade nuptiale chez *D. suzukii* a) le mâle s'oriente vers la femelle, ouvre et ferme ses ailes et bouge son abdomen pour produire les «toots» b) le mâle tape la femelle avec une patte antérieure c) le mâle déploie ses ailes et tourne autour de la femelle d) le mâle se déplace vers l'arrière de la femelle et déploie une ou ses 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 Anderson 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*). Ce sont uniquement les femelles qui peuvent produire des hormones volatiles chez *D. suzukii* (Snelling *et al.* 2018). 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 2005; Jallon 1984). Chez les femelles comme chez les mâles de *D. suzukii*, ces phéromones non volatiles sont produites dès l'émergence et leur quantité augmente particulièrement au 3^{e} jour de vie des femelles (Revadi *et al.* 2015; Snelling *et al.* 2018), selon la même tendance que l'augmentation du pourcentage d'accouplement (Revadi *et al.* 2015) (Fig. 13). Jusqu'à 60 composés ont été mis en évidence chez *D. suzukii*, mais seulement quelques-uns sont impliqués dans la régulation de l'accouplement (Snelling *et al.* 2018). McIntosh (2016) comme Snelling *et al.* (2018) évoquent une possibilité d'utiliser ces composés non volatils comme attractifs pour la lutte intégrée.

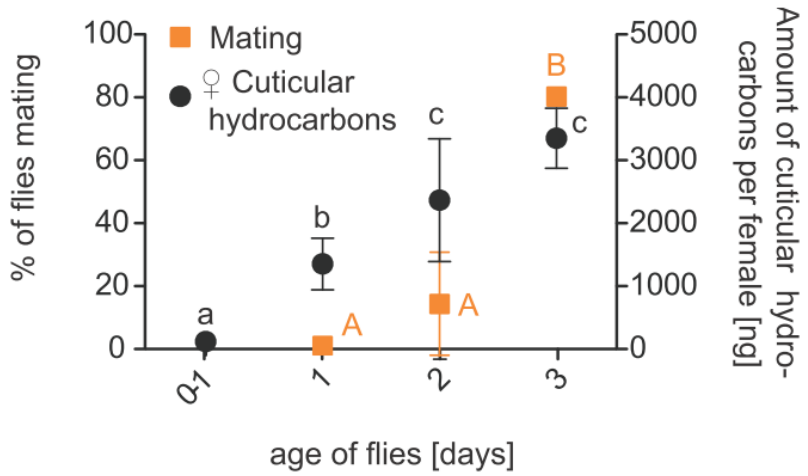


Figure 13 : Pourcentage d'accouplement (carré orange) et quantité d'hydrocarbones cuticulaires (point noir) en fonction de l'âge des femelles de *D. suzukii* (en jours) (Tiré de Revadi *et al.* 2015).

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. 14), 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 réaccouplement dans une période de 48 h suivant le premier accouplement. Des expériences en laboratoire avec une souche italienne (Lanouette *et al.* 2020) montrent que 8,1% des femelles peuvent se réaccoupler deux jours après un premier accouplement. Après quatre jours, le réaccouplement 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. Ces données sont aussi corroborées par une étude de Krüger *et al.* (2019) qui indique une faible fréquence de réaccouplement des femelles *D. suzukii*.

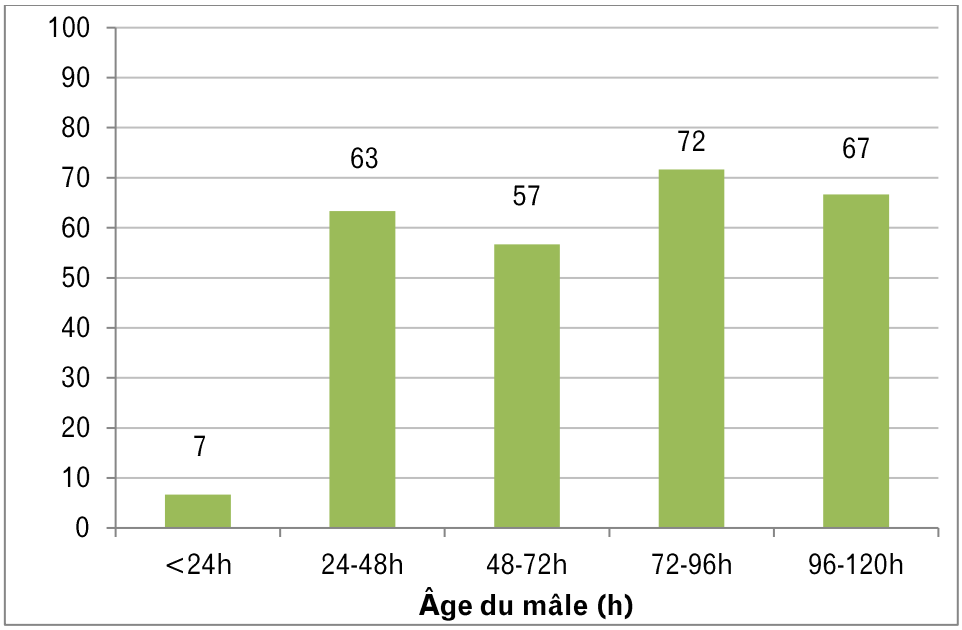


Figure 14 : Pourcentage de femelles vierges de quatre jours accouplées par un mâle vierge d'âge variable de *D. suzukii* (trois femelles étaient proposées à chaque mâle) (Firlej, non publié).

Les mâles qui ont eu un développement sur un milieu nutritif moins adéquat sont sexuellement moins attractifs pour les femelles (Young et Long 2020). Les femelles qui s'accouplent avec ces mâles produisent aussi moins d'œufs. Les femelles qui se sont développées sur un milieu nutritif de moins bonne qualité sont aussi moins selectives sur le choix des mâles (Young et Long 2020).

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 estivales, *D. suzukii* a un pic d'activité de reproduction et de nutrition le matin après le lever du soleil et un pic d'activité de ponte en fin de journée et le soir (Swoboda-Bhattarai et Burrack 2020). Dans des conditions de température et photopériode plus fraîches 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, pourraient pondre des œufs deux jours et demi après leur émergence selon Revadi *et al.* (2015), alors que ce serait après 6 à 7 jours selon la température dans l'étude de Schlesener *et al.* (2020). Elles ont la capacité de retenir les œufs fertilisés qui se développent dans l'oviducte. En effet, 25,6 % des œufs fraîchement 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 d'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). En laboratoire, il n'y a pas d'œufs pondus à des températures aussi basses que 10°C (Firlej, non publié) ou aussi haute que 33°C (Evans *et al.* 2018). Les plus hauts taux de ponte dans les fruits se font entre 19,7°C et 24,8°C (Zerulla *et al.* 2017). Le choix du site de ponte se ferait grâce à l'aide de sensilles et de dents coniques présentes sur l'ovipositeur de la femelle et ces structures microscopiques fonctionneraient comme des mécanorécepteurs (Crava *et al.* 2019).

Besoins nutritionnels et élevage

L'écologie nutritionnelle de *D. suzukii* commence à être mieux 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 (Tochen *et al.* 2016) ou de levures (Hamby *et al.* 2012) avec leur pièce buccale de type suceur. 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 non seulement besoin de sucre pour leur survie, mais aussi de protéine provenant de levure pour la maturation des oeufs (Plantamp *et al.* 2016). Une étude en Grande-Bretagne suggère que les morphes d'hiver sont opportunistes et s'alimentent sur des moisissures et des végétaux en décomposition (Fountain *et al.* 2018). Dans les régions tempérées de la côte ouest Nord Américaine, l'étude de Park (2020) a montré que les *D. suzukii* semblent s'alimenter sur des sucres issus de la décomposition des feuilles de la litière par suite des pluies hivernales qui mettent les sucres en solution. En Allemagne, les premiers fruits sauvages servent de nourriture pour les adultes et le développement des larves se fait dans les fruits du gui (*Viscum album s*ubsp*. laxum*), une plante parasite des pins sylvestres (*Pinus sylvestris* L.) (Briem *et al.* 2016). Toutes ces nouvelles informations peuvent permettre de comprendre comment les *D. suzukii* peuvent survivre au printemps dans les boisées avant que d'autres ressources alimentaires soient disponibles. En milieux cultivés comme dans les vergers de fruits, des *D. suzukii* adultes peuvent aller pondre dans des fruits tombés au sol en fin de saison quand les fruits mûrs ne sont plus disponibles à l'automne.

Les femelles de *D. suzukii* ont tendance à sélectionner un milieu riche en sucre et pauvre en protéine pour pondre leurs œufs (Young *et al.* 2018; Silva-Soares *et al.* 2017). Les études de Rendon *et al.* (2018; 2019) ont montré que la proportion de sucre/protéine dans la diète de *D. suzukii* a ensuite de l'importance sur les paramètres biologiques de l'espèce, et ce, selon les morphes (hiver et été). Une diète faible en protéine comparativement à la quantité de sucre (1:4) a pour conséquence une meilleure fécondité et une plus grande longévité comparativement à une diète riche en protéine et cela pour les deux types de morphes. Les femelles d'été ou d'hiver s'alimentant d'une diète pauvre en protéine atteignent leur pic de fécondité après 400-500 degrés-jours (base 7,2°C) comparativement à celles s'alimentant d'une diète riche en protéine atteignant leur pic à environ 200 degrés-jours.

Les symbiontes présents dans le tube digestif des *D. suzukii* adultes sont très diversifiés et varient suivant la localisation des populations du ravageur. En nature, Hamby *et al.* (2012) ont observé que les larves de *D. suzukii* seraient associées avec 28 différentes espèces de levures en culture de cerise et framboise. Le microbiome identifié chez les adultes de *D. suzukii* comprend des organismes des familles des *Comamonadaceae*, *Enterococcaceae*, *Lactobacillaceae*, *Leuconostocaceae* et *Pseudomonadaceae* (Belluti *et al.* 2018; Bing *et al.* 2018; Hamby et Becher 2016; Lewis et Hamby 2019; Martinez-Sañudo *et al.* 2017). La levure la plus souvent associée à *D. suzukii* est *Hanseniaspora uvarum* (Lewis et Hamby 2019) qui est une levure naturellement présente sur la peau des raisins. De manière générale, les larves se développent mieux sur une diète contenant *H. uvarum* comparativement à quatre autres levures testées (*Issatchenkia terricola*, *Pichia kluyveri*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Wickerhamomyces pijperi*) (Lewis et Hamby 2019). Cette levure a été retrouvée dans le tube digestif de la DAT (Hamby *et al.* 2012) ainsi que dans 86 à 100% des échantillons de déjections de larve de *D. suzukii* (Lewis *et al.* 2018). Enfin, les volatiles de *H. uvarum* sont très attractifs pour *D. suzukii* (Batista *et al.* 2017). Il semble y avoir une corrélation entre les infestations de *D. suzukii* et l'abondance de levures suggérant que celle-ci joue un rôle essentiel dans le développement larvaire. De manière générale, les femelles adultes sélectionnent un milieu nutritif riche en sucre pour pondre leurs œufs, mais celui-ci doit quand même contenir des protéines pour le développement des larves. La nutrition des larves de *D. suzukii* est importante, car elle vient maximiser la longévité, la fécondité et la survie des adultes. Les larves de *D. suzukii* se développent donc sur des fruits riches en sucre, mais l'apport en protéine leur est apporté par les levures retrouvées sur ces fruits. Lewis et Hamby (2019) ont démontré que d'élever des larves de DAT sur une diète dépourvue de protéines ne permet pas d'obtenir des pupes.

Plusieurs diètes artificielles ont été testées ou sont utilisées en laboratoire pour l'élevage de *D. suzukii* et leurs recettes peuvent être trouvées dans les articles suivants : Aceituno-Medina *et al.* (2020), Gonzalez-Cabrera *et al.* (2018), Schlesener *et al.* (2018) et Sassù *et al.* (2019a).

Compétition

La compétition interspécifique et intraspécifique influence les choix de ponte de *D. suzukii* et sa valeur adaptative. La présence d'autres espèces de *Drosophila* sp. peut être observée dans les fruits infestés par *D. suzukii*. Cependant, les femelles *D. suzukii* vont moins pondre dans des fruits préalablement colonisés ou montrant des signes chimiques de la présence de compétiteurs tels que *D. melanogaster* (Kidera et Takahashi 2020; Shaw *et al.*, 2018). Également, la présence de nombreuses larves de *D. suzukii* dans un élevage peut amener du cannibalisme ou de la compétition pour la ressource, ce qui aura un impact négatif sur le temps de développement, la survie et la taille des adultes produits (Da Silva *et al.* 2019; Hardin *et al.* 2015; Takahashi et Kimura, 2005).

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. 15). 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. 16-17-18). Les framboises infestées de larves présentent des symptômes rapidement (presque deux jours), alors que pour la fraise et le bleuet, c'est en trois jours environ (Fig. 16-17-18). Ces dommages compromettent la commercialisation du fruit et créent une zone propice à l'introduction de ravageurs secondaires et au développement d'agents pathogènes fongiques et bactériens (Walsh *et al.* 2011). De plus *D. suzukii* peut aussi véhiculer des pathogènes comme beaucoup d'autres insectes ravageurs. Cependant un lien a été observé entre *D. suzukii* et le champignon *Cladosporium cladosporioides* (Swett et al. 2019)

Figure 15 : Oeufs déposés sur des fruits avec seuls les filaments dépassant (Crédit : F. Vanoosthuyse).

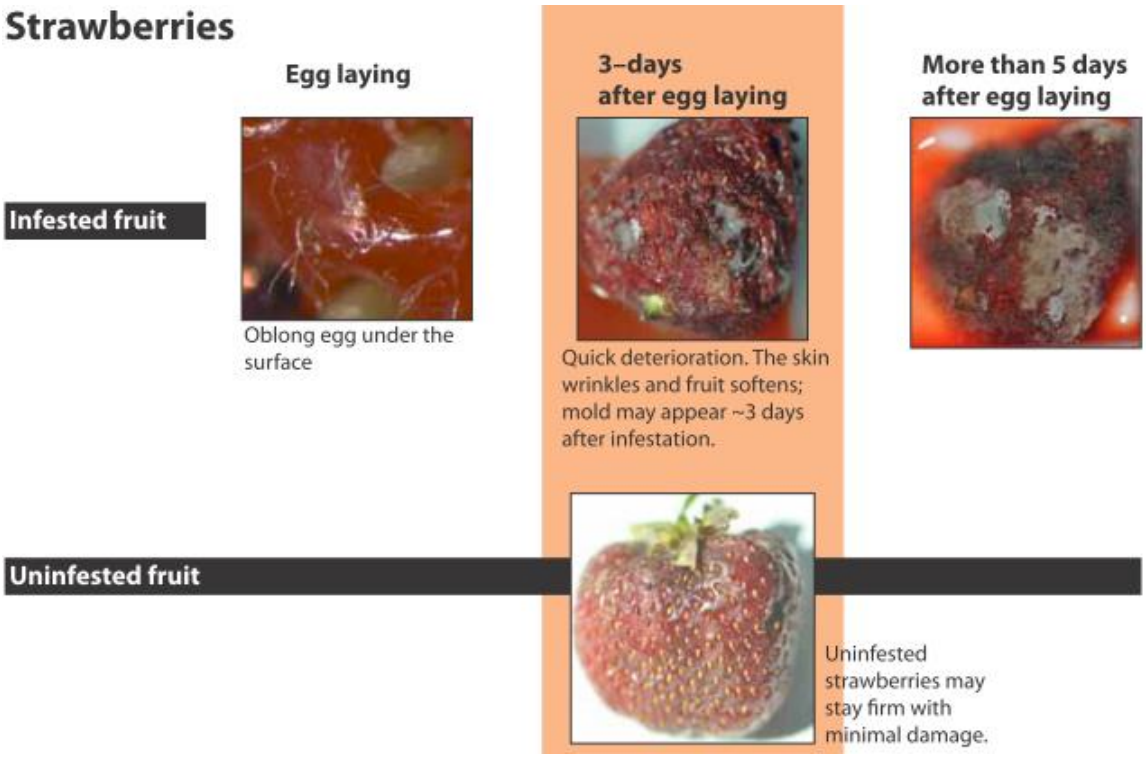


Figure 16 : Fraises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de ODA 2010).

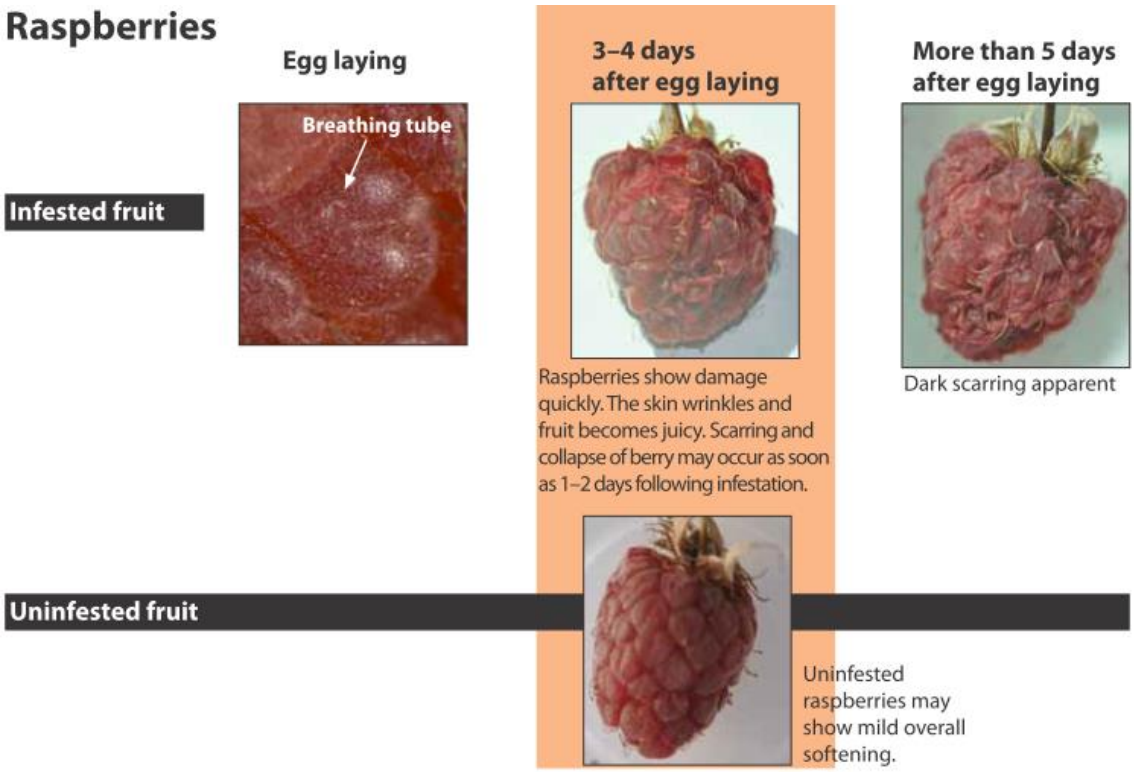


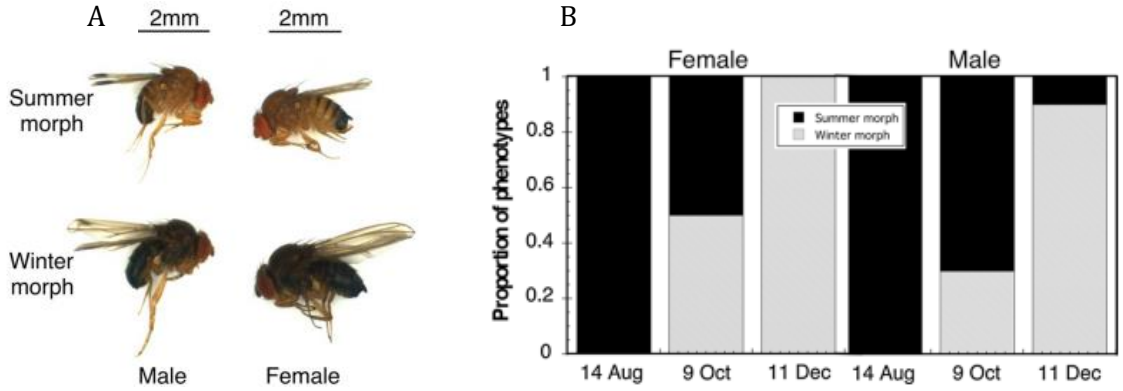
Figure 17 : Framboises infestées par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de ODA 2010).

Figure 18 : Bleuets infestés par *D. suzukii* avec évolution des dommages (Tiré de ODA 2010).

2.3 HIVERNATION

Les processus permettant à un insecte de survivre durant l'hiver sont complexes et en fonction de plusieurs paramètres. Il existe différentes stratégies utilisées, mais soit les insectes sont tolérants au gel, soit ils ne le sont pas. 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 physiologique, 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 geler 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, créant 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 à laquelle l'insecte gèle (point de surfusion) est de -16,1°C pour les femelles et de -23°C pour les mâles (Jakobs *et al.* 2015). Cependant, les *D. suzukii* peuvent mourir avant que cette température 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. Mais attention, les résultats obtenus dans ces études ne spécifient pas si les essais se sont faits sur les morphotypes d'hiver ou d'été, ce qui peut moduler grandement l'interprétation des résultats. En effet, à l'automne, les *D. suzukii* se modifient, elles grossissent en taille et deviennent plus foncées : elles se transforment en morphotype d'hiver (Shearer *et al.* 2016) (Fig. 19A). 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. Afin de distinguer les morphotypes d'hiver, l'étude de Stockton *et al.* (2020) indique les traits morphologiques à comparer entre morphe. Il s'agit de la longueur des veines L3 et L4 des ailes. Elles sont plus grandes chez les morphes d'hiver. Également, la coloration du 3e segment abdominal du mâle et du 4e segment abdominal de la femelle montre des teintes plus foncées tirant vers le marron-noir (chartre de couleur développée) (Stockton *et al.* 2020). L'observation de ces caractérisques peut nécessiter du matériel spécialisé donc une autre méthode plus simple est détaillée par Tran *et al.* (2020) et consiste à mesurer la longueur de l'aile et la longueur du tarse.



Figue 19 : 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 d'août à décembre 2011 à Hood River (Oregon, É.-U.) (Tiré de Shearer *et al.* 2016).

La figure 19B indique qu'au début de décembre, dans la région de Hood River (Oregon, É.-U.) 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. En nature, c'est la même chose, l'induction en morphe d'hiver se fait sur la base de la température et de la photopériode (Stockton *et al.* 2020). 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). Des études ont montré que le morphotype hivernant

n'est pas mature sexuellement (Hamby *et al.* 2016; Shearer *et al.* 2016; Stephens *et al.* 2015). Cependant, en Italie, 50% des mâles collectés de janvier à mars ont des spermatozoïdes dans les testicules et pour les femelles, c'est 50% qui possèdent du sperme dans leur spermathèque et leur réceptacle séminal à la même période (Grassi *et al.* 2018). Les morphes d'hiver ont aussi une meilleure résistance au dessèchement que les morphes d'été (Fanning *et al.* 2019).

Ces adultes ont une meilleure résistance au froid et peuvent rester actifs à de faibles températures. Les femelles de morphes noirs ont les ovaires non développés et la transcription de nombreux gènes associés à la reproduction et au stress sont altérés (Toxopeus *et al.* 2016). Dans la littérature, on parle de plasticité à la tolérance au froid et cela repose sur des stratégies physiologiques identiques à d'autres espèces de drosophiles (Enriquez *et al.* 2018). Les *D. suzukii* qui ont une capacité d'acclimatation au froid accumulent de faibles niveaux de cryoprotectants (sucres et acides aminés) et sont capables d'homéostasie métabolique. Toutefois, l'historique de température qu'ils ont subit influence beaucoup cette capacité. Il apparaît que *D. suzukii* est une espèce limitée par sa faible résistance au froid, cependant, sa plasticité physiologique et comportementale lui permet de résister aux conditions hivernales dans des régions aux conditions climatiques différentes de sa région d'origine en Asie.

Drosophila suzukii hiverne au stade adulte à l'état de morphotype 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. Drummond *et al.* (2019a) ont démontré que les *D. suzukii* peuvent parcourir au maximum 30 mètres par jour dans un champ avec des bleuets en récolte, mais la moyenne est de 5 mètres par jour. En laboratoire, Wong *et al.* (2018a) ont obtenu des résultats similaires avec une vélocité de 0,18 m/s. 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. Cependant de manière générale, *D. suzukii* aurait une mobilité assez faible comparativement à d'autres mouches à fruits (Vacas *et al.* 2019). La présence de forêts est positivement associée à une forte abondance de la densité des *D. suzukii* et pas uniquement en hiver (Haro-Barchin *et al.* 2018). Autrement dit, l'utilisation de différents habitats par *D. suzukii* n'est pas juste observable l'hiver. Par exemple, en Italie, en région viticole, en hiver, elle colonise les boisées où elle peut hiverner. Durant la saison de croissance des plantes au printemps, elle sera présente également entre les boisées, les vignobles et les prairies. Et enfin, en été quand la température est très élevée, elle va se déplacer entre les vignobles et les boisés préférentiellement là où les bordures de boisés sont les plus longues (Santoiemma *et al.* 2019a). Elle a aussi été observée en montagne à plus de 2200 mètres d'altitude (Santoiemma *et al.* 2019b).

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, aucune étude publiée a réussi à prouver que les

D. suzukii passent l'hiver sous nos conditions. Seule une étude de Champagne-Cauchon *et al.* (2020) a montré que des captures ont déjà été réalisées aussi tôt que juin dans des boisés entourant des champs de bleuets sauvages au Lac-Saint-Jean. Les auteurs indiquent que l'hivernation au Québec dans cette région reste incertaine. Cependant, une étude de Thistlewood *et al.* (2018) a démontré, dans trois régions, que les *D. suzukii* peuvent hiverner en Colombie-Britannique avec des températures minimales journalières aussi basses que -17,8°C.

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 180 espèces végétales 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 (65 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 émergeant de fruits plus durs 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. C'est aussi ce qu'ont observé Wang *et al.* 2019 dans la vallée San Joaquin en Californie, où les DAT peuvent émerger de poires, figues, pommes, nectarines et pêches, mais ce, uniquement quand ces fruits sont endommagés. 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
Acca sellowiana (O.Berg) Burret	Feijoa	Myrtaceae	Alternative			
***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
***Aronia melanocarpa* (Michx.)**	Aronie noire	Rosaceae	Alternative	Terrain	L	Agbaba 2017
***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
***Baselle alba* L.**	Épinard malabar	Basellaceae	Alternative	Terrain	A	Diepenbrock et McPhie 2018
***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
***Celtis occidentalis* L.**	Micocoulier occidental	Cannabaceae	Alternative	Terrain	L	Agbaba 2017
***Citrus reticula* Blanco**	Mandarine	Rutacea	Cultivée	Terrain	A	Wang *et al.* 2019
***Cornus sericeae* ssp. sericea L. (*Cornus alba* L.)** [2]	Cornouiller blanc	Cornaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016
***Cornus alternifolia* L. f.**	Cornouiller alterniflore	Cornaceae	Alternative	Terrain	L	Agbaba 2017
***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]	Cornouiller à grappes	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

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
***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
***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

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
***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 morrowii* Asa Gray**	Chèvrefeuille de Morrow	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Elsensohn *et al.* 2018
***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
***Lonicera* spp.** [1]	Chèvrefeuille	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Lee *et al.* 2015
***Lonicera tartarica* L.**	Chèvrefeuille de Tartarie	Caprifoliaceae	Alternative	Terrain	L	Agbaba 2017
***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
***Malpighia emarginata* Sessé & Moc.**	Acérola	Malpighiaceae	Alternative	Terrain	A	Louzeiro *et al.* 2019
***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; Kanzawa 1939
***Morus alba* L.**	Mûrier blanc	Moraceae	Alternative		A	Kanzawa 1939; Sasaki et Sato 1995; Yu *et al.* 2012 dans Lee *et al.* 2015
***Morus bombycis* Koidz.**	Mûrier à feuille de platane	***Morus australis*** 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
***Opuntia streptacantha* Lem.**	Cactus	Cactaceae	Alternative	Terrain	A	Wang *et al.* 2019
***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.* 2015
***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

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
***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
***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
***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.* 2015
***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; 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.* 2015
***Prunus tomentosa* (Thunb.)**	Cerisier de Nankin	Rosaceae	Alternative	Terrain	L	Agbaba 2017
***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

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
***Psidium guajava* L.**	Goyave	Myrtaceae	Cultivée	Terrain	A	Andreazza *et al.* 2015 dans Andreazza *et al.* 2017a.
***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.* 2015
***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.* 2015
***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
***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 allegheniensis* Porter**	Ronce des Alléghanys	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Elsensohn *et al.* 2018
***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 occidentalis L.	Framboise noire	Rosaceae	Alternative	Terrain	A	Elsensohn *et al.* 2018
***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 feuilles 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 yèble	Adoxaceae	Alternative	Labo/ Terrain	A	Kenis *et al.* 2016; Poyet *et al.* 2015

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
***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;
***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; Lee *et al.* 2015; Poyet *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 corymbe	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

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Cultivée/ alternative	Terrain/ Labo	Stade atteint	Références
***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.* 2015
***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 tel 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'autres. Par suite d'observations terrain 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' développées 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 mises 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 fraisiers 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 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 : noir, bleu, rouge, rose, mauve, orange, marron et blanc. Les femelles de *D. suzukii* repèrent les fruits par le contraste de leur couleur avec le feuillage vert (Little *et al.* 2019). 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) montre que *D. suzukii* a une capacité (limitée) d'apprentissage pour l'association couleur - fermeté puisque les auteurs ont observé un choix plus prononcé vers les fruits verts et moins fermes après un conditionnement. 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. 20). Les mûres qui atteignent leur couleur noire sont alors déjà infestées de larves.

Figure 20 : 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 mûrs, 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). La même observation a été faite par Bernardi *et al.* (2017a), en situation de choix, les *D. suzukii* peuvent pondre dans des fraises vertes, mais le nombre d'adultes produits est très inférieur au nombre produit dans des fruits mûrs. 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 mûrissement est plus avancé. Il est aussi démontré que les

femelles *D. suzukii* préfèrent les fruits mûrs aux fruits en décomposition ou abîmés, mais peuvent pondre dans ces derniers quand la ressource en fruits mûrs diminue (Kienzle *et al.* 2020).

Tableau 4 : Nombre moyen d'œufs pondus par femelle *D. suzukii* en 24 h et nombre moyen d'adultes produits dans différents stades 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	0,03±0,03 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	0,20±0,11 b
bleu	6,37±1,55 ab	4,11±1,36 a
Earliblue		
Pois vert	1,06±0,65 b	0,04±0,03 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 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 complètement inverse pour le bleuet en corymbe et n'a pas été expliquée 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 la ponte diminue, la droite de la figure 21 expliquant 32 % de la distribution des points.

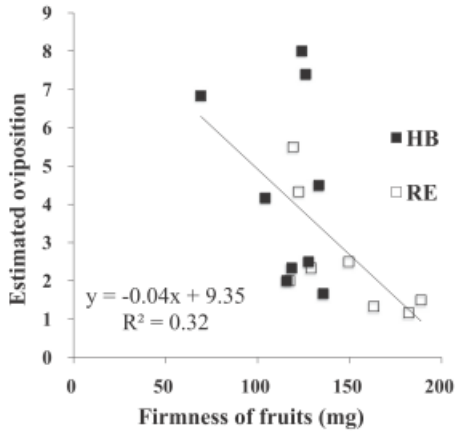


Figure 21 : Nombre d'œufs de *D. suzukii* pondus en fonction de la fermeté du fruit (mg), RE= *Vaccinium virgatum* Aiton et HB= *Vaccinium corymbosum* L. (Tiré de Kinjo *et al.* 2013).

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) et le raisin (Entling *et al.* 2018). La fermeté est un paramètre qui peut être amélioré avec les pratiques culturales telles que l'irrigation et la fertilisation.

Poyet *et al.* (2015) ont 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. 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). 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. Cela a aussi été observé en laboratoire, plus d'œufs peuvent être pondus sur les raisins et tomates présentant des meurtrissures (Holle *et al.* 2017).

2.4.3 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).

Bolda *et al.* (2010) rapporte jusqu'à 50 % de perte économique pour la mûre et la framboise 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 perdues en l'absence de mesure de lutte (Lacroix 2014). Une étude plus récente, dans laquelle des producteurs de framboises du Minnesota ont été sondés, a démontré une perte médiane de 20% de la récolte en 2017 (DiGiacomo *et al.* 2019). 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 jours neutres 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, ce que Coates (2009) confirme avec des dommages pouvant aller jusqu'à 100 % sur la cerise en Californie dépendamment de la variété en l'absence de méthodes de lutte. 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. 22).

La présence de *D. suzukii* dans les vignobles a mené à la publication de nombreux papiers sur la préférence des femelles pour certains cépages et mentionnent si les pontes se font dans des fruits abîmés ou sains. Shrader *et al.* (2019) ont montré que le cépage Vrognier est le plus attaqué dans l'État de Virginie. Également *D. suzukii* peut transmettre des levures et des bactéries responsables de la pourriture aigre de la vigne (Ioriatti *et al.* 2018). 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 Willamette (OSU 2009). La pêche est aussi considérée comme un fruit hautement attaqué dans une évaluation de risque néo-zélandaise (Berry 2012).

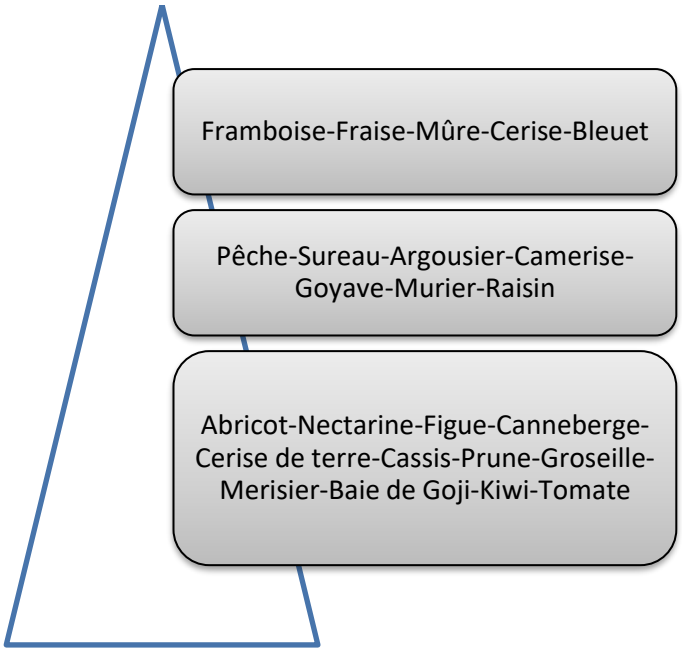


Figure 22 : Préférence de *D. suzukii* pour les fruits cultivés.

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, fraises, mûres, cerises et bleuets de Californie, Oregon et Washington en 2008, les pertes globales de 20 % ont engendré une perte estimée à 511 millions 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 inclut 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 importantes 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 multipliée 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 impact 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 revenu
Avant une stratégie de lutte intégrée pour *D. suzukii*		
Pertes de revenu potentielles	2 862 656	12,68 %
TOTAL	**2 862 656**	**12,68 %**
Après une stratégie de lutte intégrée pour *D. suzukii*		
Coût du piégeage 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 revenu 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).

2.4.4 Seuil économique

Le seuil économique actuellement en vigueur d'un adulte capturé par piège est basé sur l'absence de tolérance du secteur 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. 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. L'étude de Drummond *et al.* (2019b) a établi un seuil d'action basé sur le risque d'infestation des fruits et ce, une semaine après avoir relevé des mâles dans des pièges appâtés avec de la levure et du sucre. Le risque d'avoir des larves dans les fruits est de 25% quand les pièges ont cumulé 7 mâles et ce, sept jours auparavant et de 50% quand ils ont cumulé 16 mâles.

Une étude de Yeh *et al.* (2020) a plutôt envisagé les différentes décisions à prendre (ne rien faire, récolter plus rapidement ou appliquer un insecticide) en fonction du niveau théorique de perte (10%, 30% et 50%) et du revenu obtenu par la vente du fruit (bleuet sauvage à 0,57$/kg, 1,14$/kg ou 2,28$/kg). Quel que soit le prix de vente, à des niveaux de perte théorique de 10%, il serait inutile de traiter avec des insecticides. Également à un faible prix (0,57$/kg), il n'est pas avantageux d'utiliser des insecticides, quel que soit le niveau de perte théorique.

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 pour indiquer 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 cinquantaine 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 réussi à dégager certaines caractéristiques qui sont synthétisées ci-dessous.

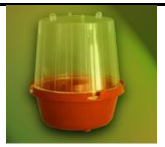
Types de pièges

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 existants, et la diversité des études qui comparent ces pièges avec certains facteurs non contrôlés (type d'attractif et volume), il apparaît 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 fonctionné 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. Dernièrement, Lasa *et al.* (2017) ont développé le 2C-trap qui est constitué d'un tube Falcon avec de la levure et du sucre pour attirer les *D. suzukii*, en plus d'avoir au fond du piège, un mélange de vinaigre de cidre de pomme et de l'éthanol 10% pour que les individus s'y noient. Ce piège semble limiter la sortie des individus du piège qui est un problème diminuant l'efficacité de capture des pièges à *D. suzukii*, puisqu'une grande partie des individus entrants peuvent ressortir d'un piège. Les pièges automatisés sont évalués depuis quelques années dans plusieurs cultures pour différents ravageurs. Dans le cas de *D. suzukii*, Roosjen *et al.* (2020) concluent que pour l'instant l'utilisation d'images prises par des caméras fixes est plus adéquate que des images prises par des drones pour comptabiliser le nombre de mâles et femelles *D. suzukii* sur des pièges collants rouges. Un projet actuellement en cours au Québec sur l'utilisation de pièges automatisés pour *D. suzukii* pourra nous donner l'heure juste prochainement.

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
2C-trap	Rouge avec une bande noire et un tube Falcon pour contenir de la levure + sucre	20 trous	Oui		Non inclus	Artisanal	
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	

Nom du piège	Couleur	Perforation/ ouverture	Abri pluie	Filet	Attractif	Type /Fournisseur	Photo
Dreves	Transparent	2 trous de 4 x 8cm	Non	Maille 0,32 cm	Non inclus	Artisanal	
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	

Nom du piège	Couleur	Perforation/ ouverture	Abri pluie	Filet	Attractif	Type /Fournisseur	Photo
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	
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	

Nom du piège	Couleur	Perforation/ ouverture	Abri pluie	Filet	Attractif	Type /Fournisseur	Photo
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 prunes.

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. 23). Lee *et al.* (2013) sont les seuls 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, ce sont aussi les pièges de couleurs rouge, noir et jaune qui sont plus attirants pour les *D. suzukii* (Grassi *et al.* 2014). Également, en accord avec ce qui a déjà été observé pour 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).

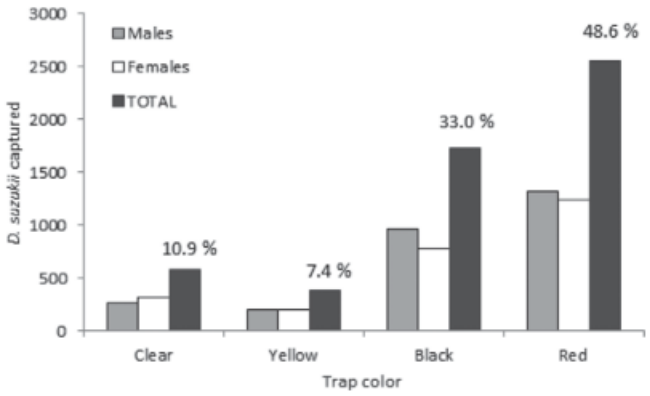


Figure 23 : Nombre de *D. suzukii* capturées dans des pièges Déli-cup de quatres couleurs différentes dans un champ de framboise d'automne en Ontario (Tiré de Renkema *et al.* 2014).

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 toutes les semaines (Renkema *et al.* 2014) (Fig. 24). Certains attractifs commerciaux ont l'avantage de pouvoir être filtrés et gardés pendant plusieurs semaines (ex : *Suzukii* trap, attractif de Bioiberica).

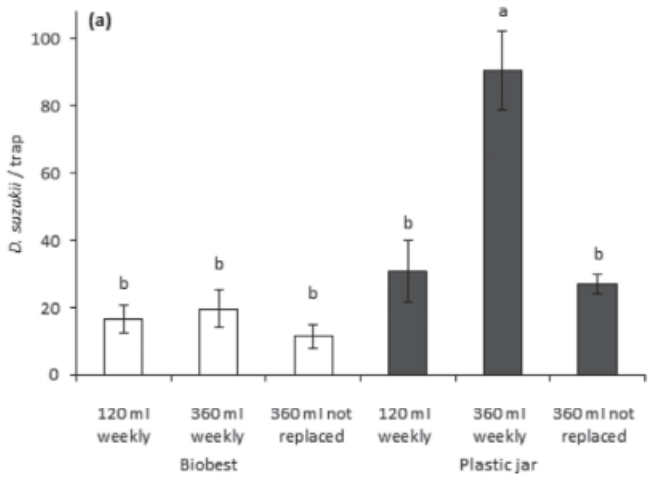


Figure 24: Nombre de *D. suzukii* par piège en fonction du type de piège, de son volume d'attractif et du renouvellement de l'attractif. Des lettres différentes indiquent une différence significative à p<0,05 avec un test de Tukey-Kramer (Tiré de Renkema *et al.* 2014).

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 démontré 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 composés olfactifs clés attractifs pour *D. suzukii*. Récemment, ils ont testé 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. Ces deux phéromones semblent être très efficaces pour le dépistage de la *D. suzukii* et offrent l'avantage de ne pas nécessiter un changement à chaque semaine (Cha *et al.* 2018, Harmon *et al.* 2019, Jaffe *et al.* 2018).

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? 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.* 2011). Lasa *et al.* (2019) ont démontré que la levure de bière commerciale *Saccharomyces cerevisiae* additionnée de sucre et d'eau reste l'espèce de levure avec le meilleur potentiel pour les pièges actuellement.

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. Plus récemment, Jaffe *et al.* (2018) ont montré que c'est la phéromone Scentry additionnée de la levure et du sucre dans le fond qui a été le meilleur mélange d'attractif pour une saison d'échantilonnnage de *D. suzukii* dans cinq États des États-Unis.

Il est important de comprendre que l'attractivité envers un appât est en fonction de l'état nutritionnel et de l'état reproductif des individus *D. suzukii*. Wong *et al.* (2018b) ont montré que les femelles affamées sont capturées en plus grand nombre dans les pièges appâtés à la levure. Plus les femelles maturent leurs œufs, moins elles sont attirées vers les pièges appâtés à la levure et plus elles sont attirées vers les odeurs de fruits. En effet, l'étude de Clymans *et al.* (2019) a montré que les femelles de morphe d'été sont attirées vers les volatiles de fermentation quand elles cherchent de la nourriture (protéine) et elles sont attirés vers les volatiles de fruits quand elles cherchent des sites de ponte et ce, d'autant plus si elles sont déjà accouplées.

Enfin, toujours se rappeler qu'un appât a une efficacité limitée par rapport à sa distance d'attraction. Kirkpatrick *et al.* (2018) ont montré que la phéromone de Scentry a une attraction qui ne dépasse pas les 3 mètres au champ. Considérant la distance d'attraction du piège et la dispersion de *D. suzukii* (90 mètres en 7 jours dans l'étude), Kirkpatrick *et al.* (2018) ont estimé que la probabilité de capturer avec un piège et la phéromone Scentry est de 0,005. Cette probabilité est similaire à celle retrouvée avec l'utilisation de pièges à phéromone pour d'autres ravageurs tels que le carpocapse de la pomme ou la chrysomèle des racines du maïs.

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 tests de sel pour évaluer la présence de larves dans les fruits (Fisher et Fraser 2015; Lacroix et Harnois 2013). Cependant, il est important de noter que l'incubation de fruits infestés ou la dissection de ces fruits sous binoculaire restent les techniques les plus fiables pour faire le décompte des larves de *D. suzukii* dans les fruits. Toutefois, ces méthodes requièrent beaucoup de temps, de la main-d'œuvre et de l'expertise (Shaw *et al.* 2019). L'immersion des fruits dans l'eau saline force les larves à sortir de ceux-ci et le sel induit une flottaison des larves 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. 25) :

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. Laisser macérer 30 minutes pour laisser le temps aux plus petites larves de flotter. 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.

Une étude de Davis (2019) a montré qu'il est aussi plus avantageux de filtrer le jus des fruits broyés à travers un tamis puis récolter le tout avec un filtre à café. Il est ensuite possible de compter les larves à la loupe binoculaire. Cette technique permet de récolter 2,7 fois plus de larves surtout lorsqu'elles sont très petites.

Figure 25 : Matériel pour la réalisation de tests de sel (Crédit photographique : A. Firlej).

3 MÉTHODE DE LUTTE

Afin de lutter contre *D. suzukii*, plusieurs méthodes existent ou sont en voie de développement. Les prochaines sections en font 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'insecticides 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. Par la suite, plusieurs études ont pu montrer des résultats similaires (Jarausch *et al.* 2017; Mermer *et al.* 2020; Schlesener *et al.* 2017; Shawer *et al.* 2018a). 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 démontré 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
Carbaryl	≈ 70	M ≈ 100; F ≈ 75	

	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
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).

Quelle que soit la rotation d'insecticides utilisés sur le terrain, ceux-ci tuent une fraction des adultes de *D. suzukii* et la réinfestation est constante (Diepenbrock *et al.* 2017). Il est donc important de respecter les délais entre les traitements pour éviter une montée des populations et une perte de contrôle. À la suite de plusieurs années d'utilisation d'insecticides en champs pour lutter contre *D. suzukii*, les chercheurs américains ont établi 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. 26). La même conclusion est observée 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.

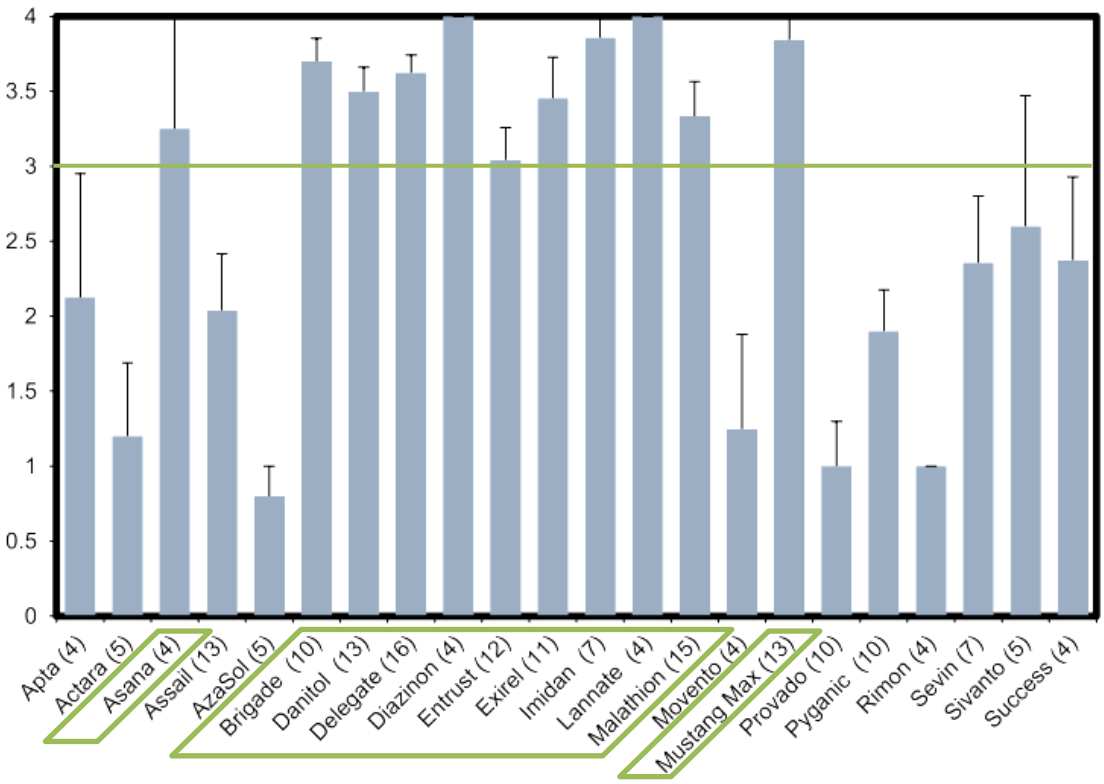


Figure 26 : Résultat d'un sondage sur l'efficacité moyenne (±SE) de 22 insecticides contre *D. suzukii* dans différentes cultures. (0=pas d'effet, 1=peu efficace; 2= faible; 3=bon et 4= excellent) (Tiré de Isaacs 2013).

Deux études menées par le CIEL et Phytodata ont testé 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 seuls 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 réduit les infestations, mais pas de manière significative par rapport au témoin. Thireau *et al.* (2016) ont 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, Bioceres, 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 très peu d'insecticide sont actuellement homologués (Entrust et Scorpio) au Canada et son utilisation est limitée à deux applications successives durant la saison depuis l'été 2020. 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) ou d'une étude récente (Sial *et al.* 2019). Parmi ces différentes études, les produits testés étaient : Oxydate 2, AzaGuard, Ag Aide, Bioceres, Jet-Ag, Pyganic, Venerate XC, Azera, Grandevo, Veratran D, CymeXa. Certains étaient testés en application répétée et

d'autres étaient testés en application alternée. Parmi tous les tests réalisés en 2015 et 2016 lors des projets IR4, 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). Dans l'étude de Sial *et al.* (2019), les produits biologiques ont eu une efficacité modérée et leur activité résiduelle ne dépassait pas trois jours. 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 en alternance avec des insecticides plus efficaces dans une stratégie plus large incluant des techniques prophylactiques et du piégeage de masse n'a pas été étudiée. Certains adjuvants (Poly-1-p-menthène, alcool ethoxylé et polyéther-polydiméthylsiloxane-copolymère polyéther) ont été testés afin d'essayer d'améliorer l'efficacité des insecticides, mais les résultats n'ont pas été concluants (Roubos *et al.* 2019a).

D'autres produits sont actuellement à l'essai en laboratoire et sont à garder sous la loupe, notamment :

- La chitinase issus du latex de l'Euphorbe des garrigues (*Euphorbia characias*) qui dégrade la cuticule des insectes et qui montre des effets insecticides sur *D. suzukii* (Martos *et al.* 2017);
- Les extraits de plante tels que l'ail (*Allium sattivum*) et la Sophore à fleurs jaunes (*Sophora flavescens*) ont un effet toxique sur les œufs et les larves de *D. suzukii* lors d'essais en condition semi-naturelles (Pérez-Guerrero et Mateus 2018);
- L'extrait du rollinier (*Annona mucosa*) peut causer plus de 85% de mortalité sur les adultes en laboratoire (Bernardi *et al.* 2017b);
- L'effet de peptides de venin d'araignée (GS-oméga/kappa-HxtX-Hv la) additionné d'un adjuvant provoque jusqu'à 100% de mortalité en laboratoire (Fanning *et al.* 2018);
- Le méthyle benzoate issu de la fermentation du jus de pomme peut causer jusqu'à 100% de mortalité des adultes en laboratoire (Feng et Zhang 2017).

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 larves 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 des essais en laboratoire ont testé l'ajout d'un attractif, le Suzukii Trap™ de Bioibérica, a des insecticides (Andreazza *et al.* 2017b). Cet attractif contient un mélange d'acides organiques et de peptides attractifs spécialement étudié pour *D. suzukii* et est utilisé actuellement pour le dépistage ou le piégeage de masse en Espagne. Cependant même si l'étude conclut à une efficacité améliorée avec cet ajout, la proportion d'attractif ajoutée n'est pas précisée (Andreazza *et al.* 2017b).

L'érythritol est un édulcorant naturel efficace qui attire les adultes et qui agit comme phagostimulant. Il semble aussi tuer les adultes et les stades immatures de *D. suzukii* lors d'essais en laboratoire et lors d'essais terrain en production de bleuet et de mûre (Sampson *et al.* 2017a, Sampson *et al.* 2019). En effet l'érythritol provoque un débalancement de la pression osmotique dans l'hémolymphe, ce qui tue l'insecte (Tang *et al.* 2017). Cependant, les concentrations doivent être assez importantes pour que les effets soient létaux (Sampson *et al.* 2017b). Gullinckson *et al.* (2019) ont étudié l'effet de l'ajout d'érythritol dans des bouillies insecticides pour améliorer leur efficacité et l'association semble être positive pour certains produits qui ont habituellement une efficacité marginale (GS peptide ou Spear™O et *Chromobacterium subtsugae* ou Grandevo®), mais nulle pour d'autres insecticides déjà reconnus efficaces.

L'ajout de sucre et de levure de type *Saccharomyces cerevisiae* (Meyen ex E.C. Hansen) ou *Hanseniaspora uvarum* (Niehaus) à certaines matières actives (i.e. spinosad, cyantraniliprole) semblent améliorer significativement le contrôle de *D. suzukii* (Hamby *et al.* 2012; Knight *et al.* 2016; Mori *et al.* 2017; Noble *et al.* 2019). Les levures sont des composantes importantes de l'écologie des drosophiles et affectent leur physiologie et comportement (Bellutti *et al.* 2018; Hamby et Becher 2016). *Drosophila suzukii* possède une association spécifique avec la levure *H. uvarum,* mais *S. cerevisiae* a aussi un effet positif sur son développement (Hamby *et al.* 2012). L'ajout seul de levure *H. uvarum* à certaines matières actives (i.e. spinosad, cyantraniliprole et lambda-cyhalothrine) semble aussi augmenter la mortalité des adultes ou diminuer la ponte des femelles (Noble *et al.* 2019). Roubos *et al.* (2019b) n'ont cependant observé aucune amélioration à l'efficacité d'insecticides biologiques à la suite de l'ajout de sucre et de levure *S. cerevisiae*. Des expériences seraient donc encore nécessaires pour déterminer le bénéfice de ces ajouts aux insecticides.

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 et température

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. La température peut également diminuer l'efficacité des organophosphorés et des néonicotinoïdes (Saeed *et al.* 2018).

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 adjacents 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 (Jaffe et Guédot 2019; Kuonen *et al.* 2016). Alors qu'en hiver, c'est durant la journée aux heures les plus chaudes que les *D. suzukii* s'activent (Kuonen *et al.* 2016). L'étude la plus récente de Jaffe et Guédot (2019) dans l'état du Wisconsin montre que les *D. suzukii* sont actives plus particulièrement de 6h00 à 12h00 et de 15h00 à 21h00 (Fig. 27). C'est aussi ce qui a été observé par Swoboda-Bhattarai et Burrack (2020) dans les champs de mûres de la Caroline du Nord, avec des résultats encore plus marquants, qui indiquent une absence complète de piégeage d'adultes entre 11h00 et 19h00. Également, les captures sont plus importantes dans les pièges placés à hauteur moyenne (48 à 65 cm) plutôt qu'à 10 cm (bas) ou 120 cm (haut) dans la culture de framboises remontantes (Jaffe et Guédot 2019) (Fig. 27). Les applications phytosanitaires ont donc plus de chance d'être efficaces si elles sont ciblées en soirée au coucher du soleil avec un pulvérisateur permettant une pénétration du feuillage efficace.

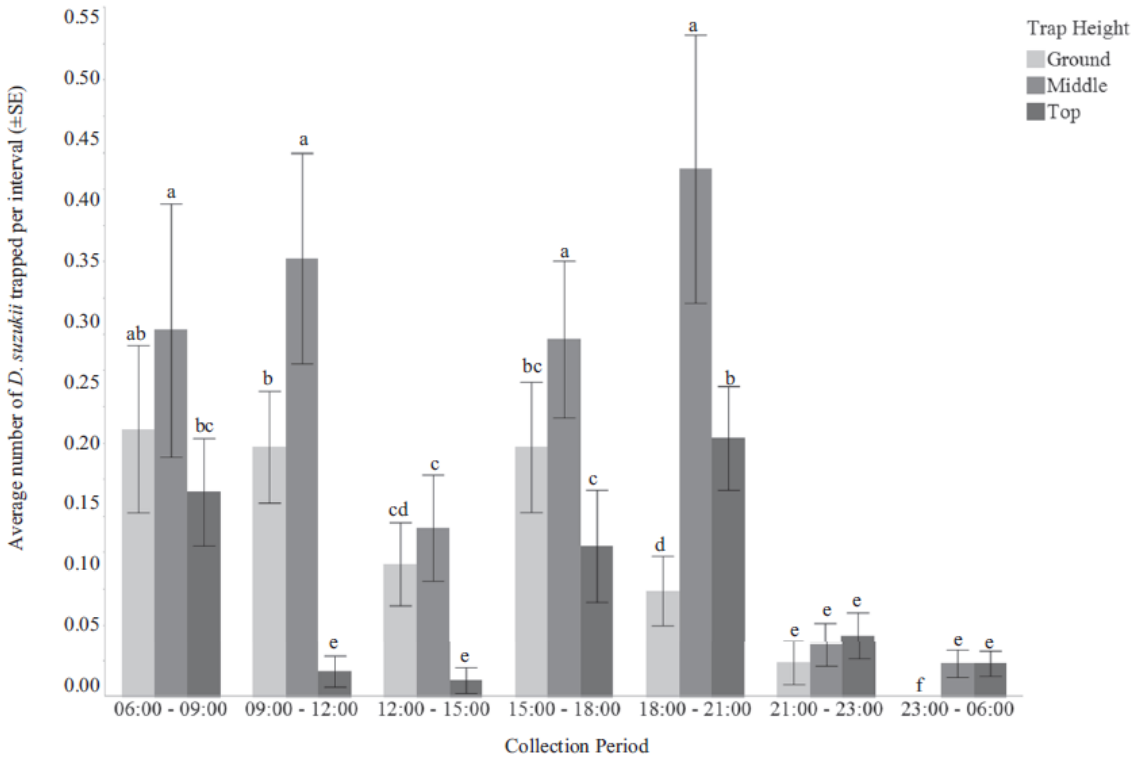


Figure 27 : Nombre moyen de *D. suzukii* capturé à différentes périodes de la journée et dans des pièges placés à différente hauteur dans la culture de framboises remontantes (haute (top)=90-120 cm, moyenne (middle)=43-65cm et bas (ground)=10 cm) (Tiré de Jaffe et Guédot 2019).

Limite maximum de résidus

L'utilisation d'insecticides force les producteurs à adopter une stratégie pour éviter le dépassement des limites maximums 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 connaître 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, boîtes 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 la demande et la production québécoise exportée est marginale. Dans cette dynamique, les producteurs québécois doivent respecter une stratégie d'utilisation d'insecticide pour lutter contre *D. suzukii* afin d'alimenter un marché provincial. 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 fenpropathrine (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 fenpropathrine 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 présentent 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'observer 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*. Cependant, en 2018, des essais en laboratoire ont montré que des populations de *D. suzukii* issues d'une zone commerciale de production de framboise en Californie avaient une concentration létale 50% (CL50) (dose à laquelle 50% de la population meurt une fois exposée au pesticide) augmentée de 4,3 à 7,7 fois comparativement à des populations d'une zone non traitée (Gress et Zalom 2019). Les *D. suzukii* de cette région montrent une résistance en évolution à certains insecticides.

Les bordures de champs

La DAT possède une liste impressionnante de plantes hôtes (Tabl. 3) et peut utiliser les plantes hôtes sauvages pour maintenir ses populations en début de saison quand les fruits cultivés ne sont pas encore disponibles. Au Canada, les chèvrefeuilles sont connus comme une plante hôte sauvage alternative. Au Québec, plus précisément au Lac-Saint-Jean, c'est le cornouiller du Canada et la salsepareille hérissée qui seraient utilisés par la DAT en début de saison avant de coloniser les champs de bleuets sauvages (Champagne-Cauchon *et al.* 2020). 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), mais aussi la réinfestation des champs cultivés durant la saison et lorsque les fruits sont en récolte (Urbaneja-Bernat *et al.* 2020). 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 les pupes de *D. suzukii* se retrouvent dans le sol et non dans les fruits, les larves ont donc un comportement de tombée au sol pour puper (Ballman *et al.* 2017; Woltz et Lee 2017). Différentes méthodes 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 noir réalisé en Italie a permis de démontrer un effet significatif sur les populations (Grassi *et al.* 2016). Aux États-Unis des essais ont été réalisés pour déterminer l'effet de différents 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 de plastique augmente la température en surface pour dépasser la température supérieure limite à laquelle le développement de *D. suzukii* et il y a donc une plus grande mortalité des larves tombant sur paillis de plastique (Rendon *et al.* 2020). Le paillis de copeaux de bois ne semble pas avoir d'effet sur la mortalité des *D. suzukii* (Rendon *et al.* 2020).

3.2.2 Taille

Diepenbrook et Burrack (2017) ont démontré que le nombre de larves par fruit est plus important à l'intérieur des plants de mûres. Une méta-analyse réalisée avec des résultats collectés sur deux ans dans huit États américains a montré qu'une réduction de la densité de la canopée des plants de framboise et de mûre diminue les infestations de *D. suzukii* (Schöneberg *et al.* 2020). La taille permet donc d'aérer les rangs en augmentant la température à l'intérieur du feuillage et en diminuant l'humidité. Dans l'étude de Schöneberg *et al.* (2020), une taille est considérée de sévérité élevée quand 50% de la canopée des framboisiers primocanes est enlevé (Maryland et Californie) et uniquement lorsque quatre floricanes sont conservées au

lieu de six dans la culture de la mûre, ce qui représente habituellement le standard des producteurs (Caroline du Nord).

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) ont 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 bleuets et de raisins en Suisse, de cerisiers en France, de raisins aux États-Unis et de bleuets au Québec montrent que l'utilisation de filets d'exclusions permet une protection presque totale des fruits contre les infestations de *D. suzukii* (Baroffio *et al.* 2016; Cormier *et al.* 2015; Ebbenga *et al.* 2019; Linder *et al.* 2017; Polturat *et al.* 2018) (Fig. 28A). Riggs *et al.* (2016) ont observé tout de même des infestations, mais réduites : dans un essai réalisé en bleuetière avec des filets 80 grammes/m^2 (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'ait 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).

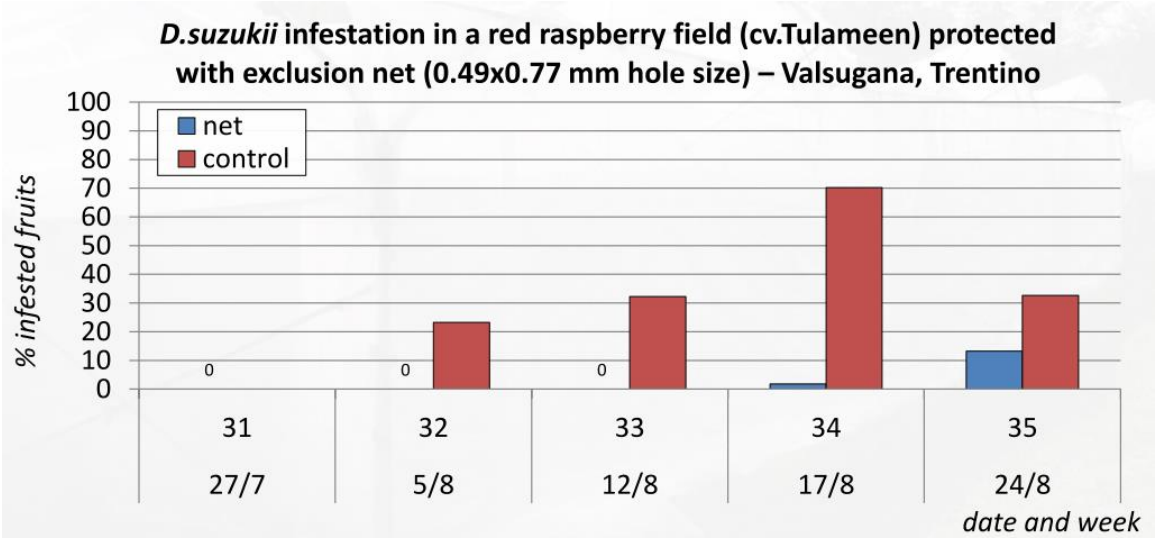


Figure 29 : Pourcentage d'infestation des fruits par *D. suzukii* dans une parcelle de framboise 'Tulameen' protégée par des filets (Tiré de Grassi *et al.* 2016).

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.

Même si la méthode des filets d'exclusion semble être la plus efficace actuellement pour lutter contre *D. suzukii*, il faut garder en tête que cette technique est très dispendieuse et qu'il faut absolument adapter la gestion des maladies, de certains autres ravageurs, la pollinisation et la méthode de cueillette (Stockton *et al.* 2020). Des essais en grands tunnels calfeutrés avec du filet anti-drosophile ont aussi montré de très bons résultats, mais il est important que le système de fixation des filets sur les tunnels soit très efficace et résistant pour éviter des intrusions de *D. suzukii* et que les filets soient vraiment bien placés avant l'arrivée du ravageur dans le champ (Gullickson *et al.* 2019).

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 (revenu/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 9 et 10 dressent les listes de prédateurs et parasitoïdes connus pour s'attaquer à *D. suzukii*. De manière générale, les stades œufs, larves et pupes sont susceptibles d'être atteints par divers agents auxiliaires.

La littérature fait état de plusieurs parasitoïdes larvaires et 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.* 2014; Rossi-Stacconi *et al.* 2013) (Fig. 31). Dans le cadre de lutte biologique classique, l'équipe du Dr. Kent Daane en Californie en collaboration avec différentes équipes de la Chine et de l'Italie ont fait un travail de collecte de parasitoïdes en Corée du Sud et Chine (Daane *et al.* 2016; Giorgini *et al.* 2019; Guerrieri *et al.* 2016). Ils ont mené des campagnes de ramassage de fruits pour récupérer les espèces de parasitoïdes exotiques capables de s'attaquer à *D. suzukii*. Durant les différentes années (2013 à 2016), ils ont collecté les espèces suivantes : *Asobara japonica* Belokobylskij, *A. leveri* (Nixon), *A. brevicauda* Guerrieri & van Achterberg (Hymenoptera: Braconidae), *A. elongata* van Achterberg and Guerrieri, *A. mesocauda* van Achterberg and Guerrieri*, A. unicolorata* van Achterberg and Guerrieri, *A. triangulata* van Achterberg and Guerrieri, *Ganaspis brasiliensis* (Ihering), *Leptopilina japonica* Novkovic & Kimura, *L. japonica formosana* Novkovic & Kimura, *L. decemflagella* Lue & Buffington (Hymenoptera: Figitidae); et les parasitoides de pupes *Pachycrepoideus vindemiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) et *Trichopria drosophilae* Perkins (Hymenoptera: Diapriidae). Parmi ces espèces et en fonction de leur spectre d'hôtes, ce sont les espèces L*. japonica* et *G. brasiliensis*, qui sont les plus prometteuses pour leur lâcher en lutte biologique classique (Wang *et al.* 2018). Actuellement ces deux parasitoïdes exotiques sont à l'étude aux É.-U., au Canada et en Europe pour établir un programme de lutte biologique classique. Une pétition américaine a été déposée pour l'autorisation de relâcher *G. brasiliensis* et une pétition canadienne est actuellement en rédaction.
Parmi les autres parasitoïdes larvaires pour lesquels des données sont disponibles, il y a *Asobara brevicauda, A. japonica*, *Leptopilina boulardi* et *L. heterotoma* (Tabl. 9). Les œufs de certains parasitoïdes larvaires sont susceptibles au système immunitaire de *D. suzukii* ce qui explique l'absence d'émergence d'adulte parasitoides pour certains; la charge en cellules immunitaires protégeant *D. suzukii* du parasitisme est d'ailleurs plus élevée que chez *D. melanogaster* (Kacsoh et Schlenke 2012). 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*. Le parasitoïde *T. drosophilae* est pour l'instant très étudié en Europe où la compagnie Biobest le produit en masse. Des essais terrains en Europe démontrent son efficacité (Rossi-Stacconi *et al.* 2019) tout comme au Mexique (Gonzalez-Cabrera *et al.* 2019). Ce parasitoïde peut résister à des périodes de jeûne et peut parasiter *D. suzukii* même à des températures basses (Colombari *et al.* 2020).

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
Ganaspis sp. *Ganaspis brasiliensis*	Larve Larve	31,5% 76%	n.d. n.d.	Giorgini *et al.* 2019 Girod *et al.* 2018
Muscidifurax raptorellus	Pupe		43,4%	Bonneau *et al.* 2019
Leptopilina boulardi	Larve	63-70 %	0 %	Chabert *et al.* 2012
Leptopilina japonica japonica	Larve	16,2% 35,9%	n.d. n.d.	Giorgini *et al.* 2019 Girod *et al.* 2018
Leptopilina heterotoma	Larve	52-83 % ≈45-60%	0% ≈0-19%	Chabert *et al.* 2012 Rossi-Stacconi *et al.* 2017
Pachycrepoideus vindemiae	Pupe	50-68 % 49 % ≈80%	53-60 % 25-68 % ≈60%	Chabert *et al.* 2012 Rossi-Stacconi *et al.* 2013 Wang *et al.* 2016 Rossi-Stacconi *et al.* 2017
Trichopria drosophilae	Pupe	69-85 % 17 %	38-76 %	Chabert *et al.* 2012 Wang *et al.* 2016
Trichopria anastrephae	Pupe	≈42-70 %	n.d.	Vieira *et al.* 2019
Vrestovia fidenas	Pupe	n.d.	n.d.	Wolf *et al.* 2019

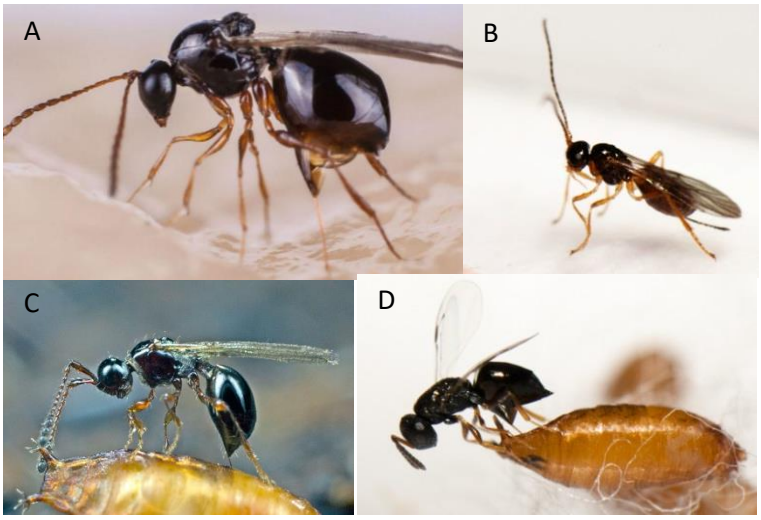


Figure 31 : Photos de A) *Leptopilina heterotoma*, B) *Asobara tabida*, C) *Trichopria drosophilae* et D) *Pachycrepoideus vindemia*.

En ce qui concerne les prédateurs, le tableau 10 résume les récentes recherches publiées depuis les 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 œufs, 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 efficaces à lutter contre *D. suzukii*. *Dalotia coriaria* et *Labidura riparia* sont deux prédateurs du sol pouvant s'attaquer aux larves et aux pupes 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). Des analyses de contenus gastriques ont montré qu'en champs de petits fruits en Suisse des punaises prédatrices, des forficules et araignées se nourrissent de *D. suzukii* (Wolf *et al.* 2018). Également, certaines espèces de carabes et grillons pourraient se nourrir de *D. suzukii* en laboratoire (Ballman *et al.* 2017). Chaque prédateur actuellement pris individuellement n'est pas capable de diminuer de façon significative les populations de *D. suzukii* cependant des premiers essais de mixité d'ennemis naturels montrent des avenues prometteuses (Bonneau *et al.* non publié; Renkema *et al.* 2018). 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.).

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
	Tous stades	49%	Bonneau *et al.* 2019
Orius laevigatus	Adulte	17-37 %	Cuthbertson *et al.* 2014
	Oeuf	36 %	Gabarra *et al.* 2015
Orius majusculus	Oeuf	32,8%	Englert et Herz 2019
Chrysopa carnea	Tous stades	32%	Bonneau *et al.* 2019
	Oeuf	30,5%	Englert et Herz 2019
	Pupe	32,4%	Englert et Herz 2019
Anthocoris nemoralis	Adulte	9 %	Cuthbertson *et al.* 2014
Dalotia coriaria	Larve	50 %	Renkema *et al.* 2015
		9 %	Cuthbertson *et al.* 2014
Forficula auricularia	Pupe	23,2%	Englert et Herz 2019
Labidura riparia	Larve	91-96 %	Gabarra *et al.* 2015
	Pupe	61-77 %	
Hypoaspis miles	Larve/pupe	0 %	Cuthbertson *et al.* 2014

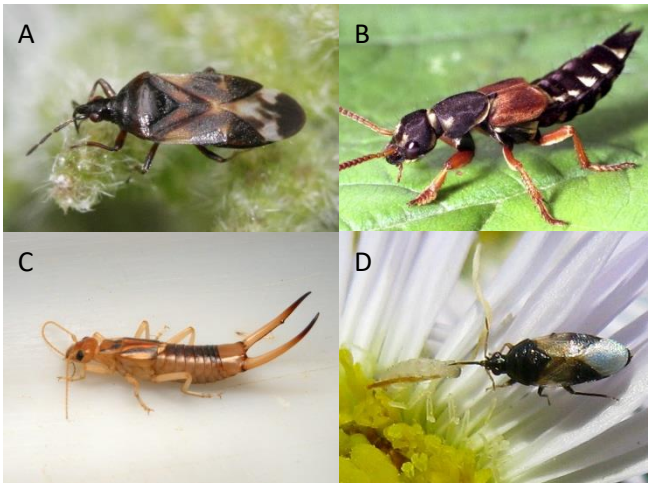


Figure 32 : Photos de A) *Anthocoris nemoralis*, B) *Dalotia coriaria*, C) *Labidura riparia* et D) *Orius insidiosus*.

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 à la suite d'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 négligeable sur les adultes (Tabl. 11). Le nématode *S. carpocapsae*, tout comme sa bactérie endosymbionte *Xenorhabdus nematophila* ne sont pas supprimés par le système immunitaire des larves de *D. suzukii* ce qui explique leur efficacité (Garriga *et al.* 2020a). Quand les adultes émergent de pupes au sol, les infections par *S. carpocapsae* atteignent 89%. Et au moins 21,4% des adultes infectés par des nématodes peuvent voler (Garriga *et al.* 2020b). Plusieurs pathogènes naturels (virus et bactéries) de *D. suzukii* ont été découverts à la suite d'échantillonnages de larves moribondes dans les fruits en Allemagne et considérant leurs effets négatifs sur la survie du ravageur, certains sont à l'étude comme des candidats potentiels pour le développement de produits de lutte biologique (Carrau *et al.* 2018; Hiebert *et al.* 2020).

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

Espèces pathogènes	Groupe	Stade attaqué	Pourcentage de mortalité	Références
Beauveria bassiana	Bactérie	Adulte	10-30 %	Alnajjar *et al.* 2017; Woltz *et al.* 2015
Isaria fumosorosea	Champignon	Adulte	85 %	Naranjo-Lázaro *et al.* 2014
Entomophtora muscae	Champignon	Adulte	27,3%	Becher *et al.* 2018
Photorhabdus luminescens (symbionte de Heterorhabditis spp.)	Bactérie	Adulte Pupe Larve	53,3% 10,0% 36,7%	Shawer *et al.* 2018b
Oscheius oniciri	Nématode	Pupe Adulte	78,2% 76,9%	Foye et Steffan 2020

Heterorhabditis bacteriophora	Nématode	Larve	95 %	Cuthbertson et Audsley 2016
Metarhizium anisopliae	Champignon	Adulte	61 %	Woltz *et al.* 2015
Steinernema feltiae	Nématode	Larve	80 % 94 %	Cuthbertson et Audsley 2016 Garriga *et al.* 2017
		Pupe	40 % 2,0 %	Cuthbertson et Audsley 2016 Garriga *et al.* 2017
Steinernema kraussei	Nématode	Larve Pupe	52 % 55 %	Cuthbertson et Audsley 2016
Steinernema carpocapsae	Nématode	Larve Pupe	80 % 84 % 3,1 %	Cuthbertson et Audsley 2016 Garriga *et al.* 2017 Garriga *et al.* 2017
		Adulte	65%	Garriga *et al.* 2020a

L'utilisation d'agents de lutte biologique (prédateurs, parasitoïdes et pathogènes) est actuellement à l'étude et plusieurs essais terrain sont à ce jour en réalisation. L'applicabilité de cette méthode et des différentes solutions potentielles 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).

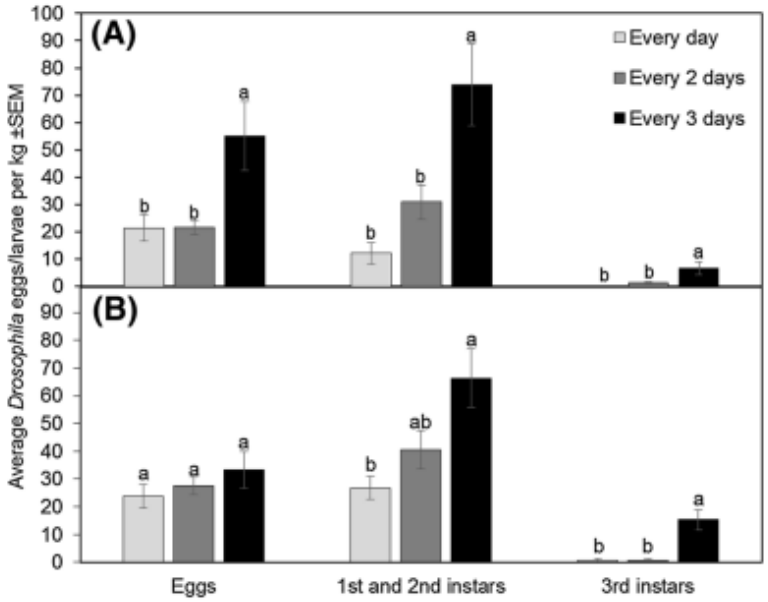


Figure 33 : Pourcentage de framboises d'automne infestées par des œufs ou larves de *D. suzukii* durant une saison selon la fréquence de cueillette en A) 2015 et B) 2016 (des lettres différentes indiquent des différences significatives à $\alpha = 0,05$) (Tiré de Leach *et al.* 2017).

3.4.2 Mesures d'hygiène

Étant donné que les *D. suzukii* peuvent continuer leur développement dans le fruit mûr, 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). Bal *et al.* (2017) ont démontré que 100% des fermes au Michigan avaient des infestations de *D. suzukii* dans les fruits laissés au sol dans les parcelles de pommes, poires, raisins et framboises à la fin de la saison. Les fruits tombés au sol, ainsi que les fruits déclassés doivent être éliminés afin d'interrompre le développement de *D. suzukii.* Plusieurs méthodes d'éliminations sont possibles (Baroffio *et al.* 2017a; Lacroix et Harnois 2013) :

- Enterrer les fruits à au moins 30 cm, voir même 60 cm de profondeur. À partir de 24 cm de profondeur, l'émergence des adultes est réduite à 3% et elle tombe à 0,01% quand les pupes sont à 48 cm de profondeur (Hopper et Grieshop 2020).
- Détruire les fruits par solarisation : placer les fruits sous une toile de plastique transparente 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. Cependant cette technique a été testée à la ferme dans la région de Québec et s'est avérée inefficace considérant que les conditions de température requises ne sont jamais atteintes (Marel et al. 2019).
- 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.

- Fermenter les fruits pendant minimum 3 jours dans un contenant hermétique sans oxygène entre 15 et 23°C (Noble *et al.* 2017).

Ramasser les fruits au sol est la principale mesure actuellement employée par 61% des producteurs vinicoles en Suisse (Knapp *et al.* 2019).

3.4.3 Traitements post-récolte

Après avoir ramassé les fruits mûrs, certains traitements au froid peuvent ralentir le développement de la *D. suzukii* ou sinon tuer certains stades. Placer les fruits à 4°C - 5°C de 6 à 72 h ne fait que retarder le développement des œufs et larves, mais n'implique pas de mortalités significatives. Pour les framboises, 3 jours de refroidissement à 1,67°C (35°F) réduit la survie des œufs de 71% et celle des grosses larves de 45% (Aly *et al.* 2017). Pour les bleuets, 3 jours de refroidissement à 1,67°C (35°F) réduit la survie des œufs à 55% et celles des grosses larves de 41% (Aly *et al.* 2017). Très récemment, Wang *et al.* (2020) ont démontré que les stades les plus résistants au froid sont par ordre décroissant l'œuf, puis le troisième stade larvaire, les pupes, le second stade larvaire puis le premier stade larvaire. En effet pour un traitement de 24h à 2°C, 9% des œufs ne vont pas éclore alors que 81,5% des larves de stade 1 vont mourir. Pour atteindre au-dessus de 90% de mortalité des œufs, il faut laisser les fruits au moins 4 jours à 2°C (Wang *et al.* 2020).

3.4.4 Variétés 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 'Earliblue', 'Bluetta', 'Collins', 'Bluejay', 'Bluehaven' et 'Blueray' mûrissent avant l'arrivée des *D. suzukii* et sont à privilégier (Fig. 34).

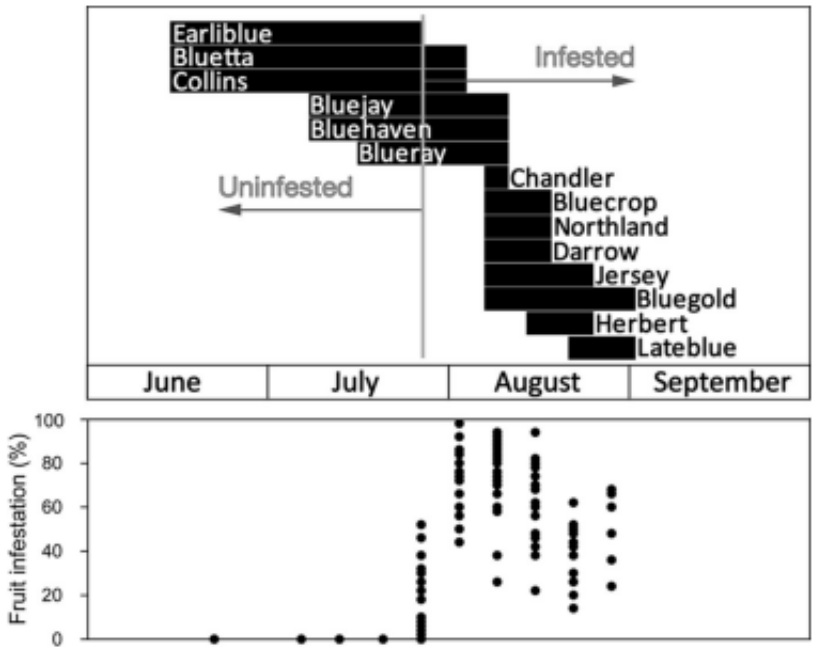


Figure 34 : Période de récolte de 14 variétés de bleuets différentes et taux d'infestation des fruits (Tiré de Hampton *et al.* 2014).

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							
Cowichan			X	X						
Encore				X	X					
Festival				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	X	
Caroline							X	X	X	
Heritage								X	X	
Himbo top							X	X	X	
Jaclyn							X	X		
Josephine								X	X	X
Kiwi Gold							X	X	X	
Pathfinder				X	X	X				
Polana					X	X	X			
Polka						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					
Bonus					X	X				
Chippewa					X	X				
Duke			X	X						
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 jours neutres	**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	X	X
Sweet Ann	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.4.5 Lutte attracticide

La lutte par attracticide permet d'attirer un ravageur à l'aide de différentes méthodes et d'utiliser des insecticides ensuite pour les tuer. L'efficacité de la méthode repose essentiellement sur le développement d'un excellent attractif, que ce soit un piège de couleur, une forme ou une substance chimique attirante. Depuis quelques années, les substances chimiques attirantes pour *D. suzukii* sont à l'étude et différentes avancées ont été réalisées. Bien qu'elles n'aient pas encore débouché sur la commercialisation de produits particuliers, les résultats sont néanmoins encourageants. Par exemple, Tait *et al.* 2020 ont identifié six substances déposées sur les fruits lors de la ponte par les femelles *D. suzukii* (methyl myristate, methyl palmitate, myristic acid, lauric acid, palmitic acid, and palmitoleic acid) et qui deviennent attractives pour les femelles de *D. suzukii*. Mori *et al.* (2017) ont démontré que la levure *H. uvarum* attire les femelles de *D. suzukii* et une fois additionnée de spinosad ce mélange permet une réduction de la ponte des œufs et une augmentation de la mortalité des femelles accouplées en laboratoire (26% de mortalité supplémentaire avec la levure).

D'autres méthodes développées sont un peu plus avancées et sont à quelques mois d'être commercialisées ou sinon de pouvoir être intégrées dans une régie de phytoprotection, elles sont décrites ci-dessous. 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 validé 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).

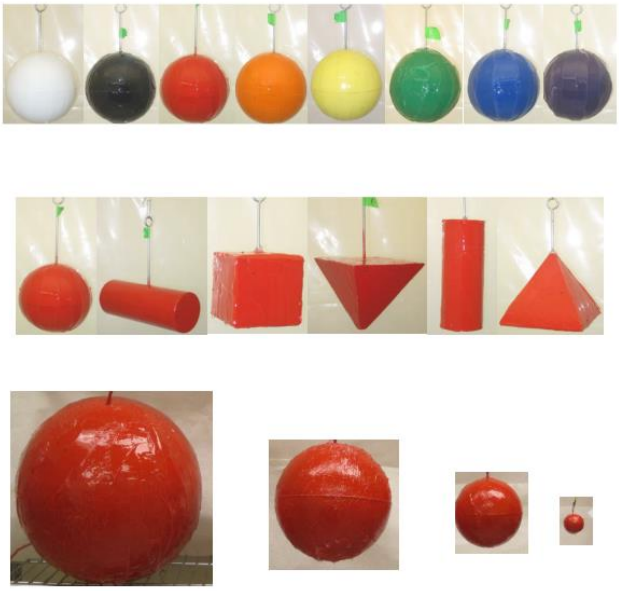


Figure 35 : Couleurs, formes et tailles testées pour développer un outil de lutte attracticide contre *D. suzukii* (Tiré de Leskey 2014).

Les couleurs noires et rouges sont les plus attirantes, et la taille de la sphère doit être d'au moins 10 cm (Fig. 36) (Rice *et al.* 2016). Des essais chez des producteurs ont mis en évidence que lorsque des sphères couvertes de 1 % de Venom (dinotefuran) appâtées avec la phéromone de Trécé sont placées tous les trois mètres, le nombre de *D. suzukii* par échantillon dans les fruits est vraiment réduit et comparable à une régie producteur conventionnelle (Fig. 37) (Rice *et al.* 2017).

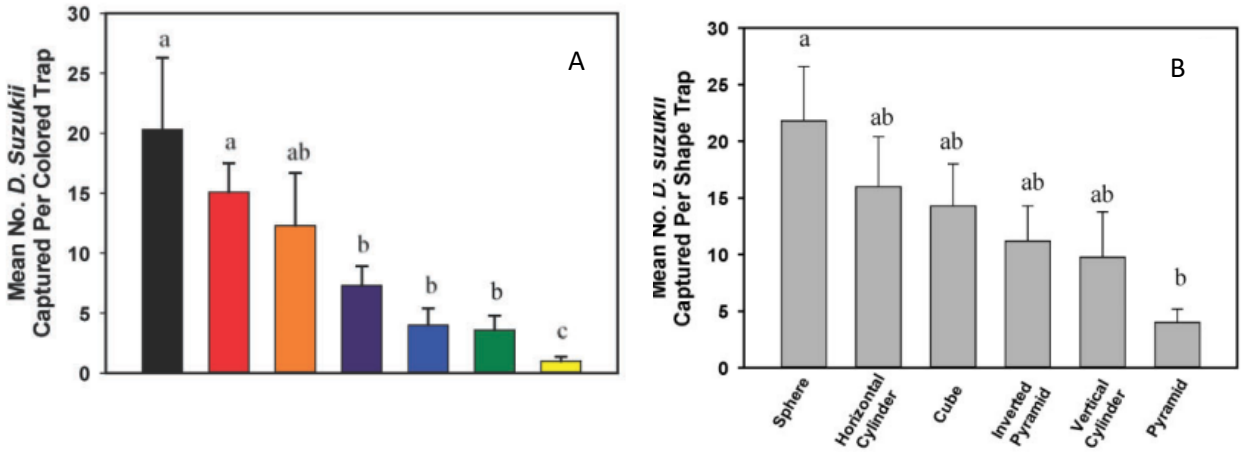


Figure 36 : Effet des A) couleurs, B) formes et C) tailles de sphères sur le nombre de *D. suzukii* capturées (Tiré de Rice *et al.* 2016).

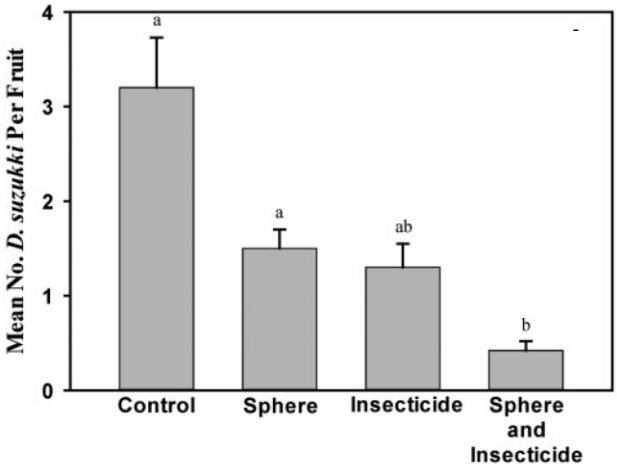


Figure 37 : Nombre de *D. suzukii* collecté dans les fruits lors d'essais de sphères attractives appâtées et enduites d'un insecticide placées tous les trois mètres en comparaison à une régie producteur conventionnelle, un témoin non traité et une combinaison de sphère et régie conventionnelle (Tiré de Rice *et al.* 2017).

La compagnie ISCA international a développé un produit qui ressemble au GF-120, le produit s'appelle le SPLAT (Specialized Pheromone and Lure Application Technology) HOOK SWD. C'est un attractif pulvérisable rose contenant un mélange d'attractifs olfactifs et alimentaires, du sucre pour favoriser l'alimentation et un insecticide à base de spinosad à la concentration de 5% (Fig. 38). Il a été testé sur une culture de bleuet et de framboise et a permis de diminuer de 2 à 8 fois les infestations des fruits comparativement à un témoin traité aux insecticides (Klick *et al.* 2019). L'activité résiduelle serait de 35 jours au moins et pour l'instant il existe plusieurs formulations expérimentales pour ce produit qui offre un bon potentiel de contrôle. Ce produit est pulvérisable avec un back-pack au CO_2 (Klick *et al.* 2019).

Figure 38 : Produit SPLAT pour *D. suzukii* pulvérisé sur le feuillage (Tiré de Klick *et al.* 2019).

Enfin une avenue assez intéressante est une gomme développée par Tait *et al.* (2018) en Italie qui une fois appliquée sur un morceau de chanvre diminue les infestations de *D. suzukii* (Fig. 39). La composition de cette gomme est indiquée dans le tableau 15. Ce produit attire les femelles qui ne vont pas sur les fruits et pondent leurs œufs dans cette substance. Rossi-Stacconi *et al.* (2020a) ont mit en évidence une grande efficacité et il semblerait qu'en champs, le produit permet des résultats similaires à des applications d'insecticides (Fig. 40). Le produit aurait un rayon d'action de 3,6 mètres et une durée de vie de 21 jours.

Figure 39 : Gomme en poudre et hydratée (Tiré de Rossi-Stacconi *et al.* 2020b).

Tableau 15 : Composition chimique des pourcentages des éléments secs de la gomme (Tiré de Rossi-Stacconi *et al.* 2020a).

Ingredient	Ratio (%)
Monosaccharides (fructose, glucose)	52.80
Dietary fibers (mainly cellulose and pectins)	21.45
Cyclodextrins	9.90
Hydrolyzed proteins (collagen)	5.95
Hyaluronic acid	4.95
Agar gel	4.95
Calcium propionate	0.99

Figure 40 : Morceau de chanvre imprégné de la gomme et installé près d'un tuyau d'irrigation pour tenir une humidité constante (Tiré de Rossi-Stacconi *et al.* 2020b).

3.4.6 Push-pull et utilisation de répulsifs

La plupart des plantes émettent des stimulus (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. 41) (Alkema *et al.* 2019; 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.

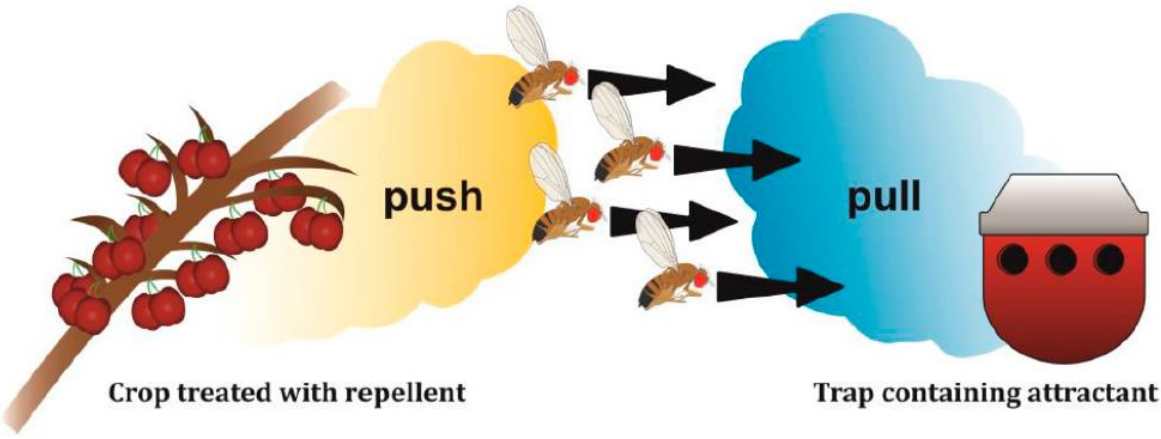


Figure 41 : Illustration de la stratégie « push-pull » pour *D. suzukii* (Tiré de Alkema *et al.* 2019).

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.* (2016) ont testé 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. Cependant des tests en champs ont montré que des plants de menthe intégrés entre les rangs de fraise à jours neutres n'ont pas réduit significativement les infestations de *D. suzukii* et ont même diminué les rendements en fruits (Renkema *et al.* 2020). L'huile essentielle de thym (thymol) a aussi de bonnes propriétés répulsives et provoque 22 % de mortalité des mâles *D. suzukii* (Renkema *et al.* 2016). Cette huile essentielle a montré une efficacité intéressante lors d'essais en champs lorsqu'appliquée à l'aide du Bio-Flakes®, cependant l'effet répulsif perdure peu de temps et le pouvoir de libération ainsi que la dose de thymol doit faire l'objet de plus de recherche (Renkema *et al.* 2017). 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.

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 seul le 1-octen-3-ol a repoussé les *D. suzukii* en laboratoire (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 proches du distributeur (Wallingford *et al.* 2015). 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 42 (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, additionnée 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 à retarder les infestations en début de saison quand les populations de *D. suzukii* sont faibles (Lambert et Joly-Séguin, comm. pers.). Et tel que mentionné au point 3.1.1, l'ail peut avoir des effets toxiques sur les œufs et larves de *D. suzukii* (Pérez-Guerrero et Mateus 2018). La synthèse de Dam *et al.* (2019) est la plus complète sur l'effet de composés naturels répulsifs ou toxiques pour *D. suzukii* et regroupe les différentes avancées en fonction des méthodes d'évaluation.

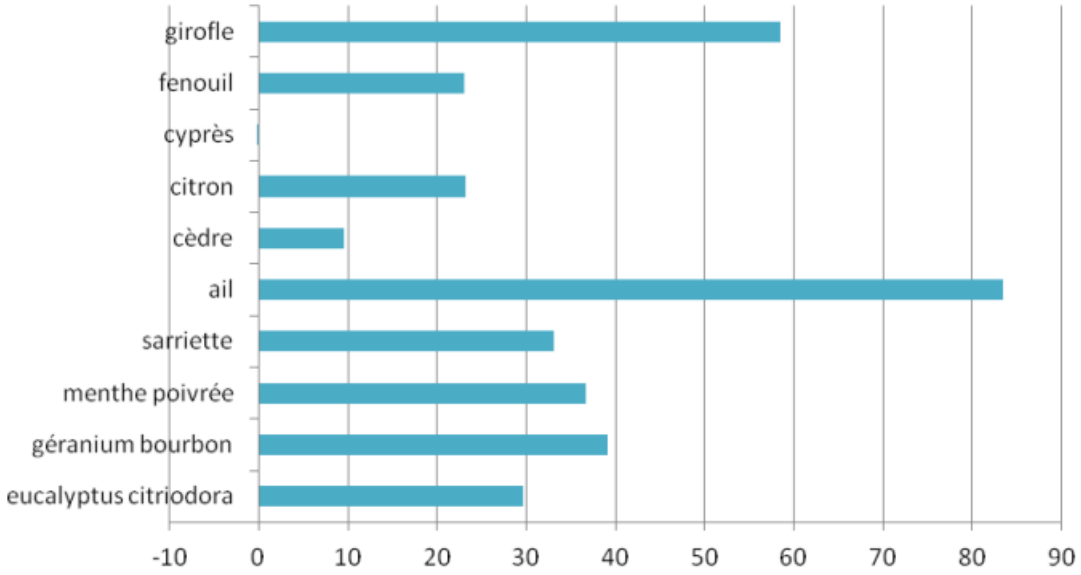


Figure 42 : Efficacité moyenne des pièges additionnés d'huiles essentielles comparativement à des pièges témoins (plus l'histogramme s'approche de 100, plus l'huile est répulsive) (Tiré de Ondet et Gorsik 2015).

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 observée (Baroffio *et al.* 2017a) (Fig. 43). 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. 44). Cependant le mode d'action exact de ce produit est encore peu connu.

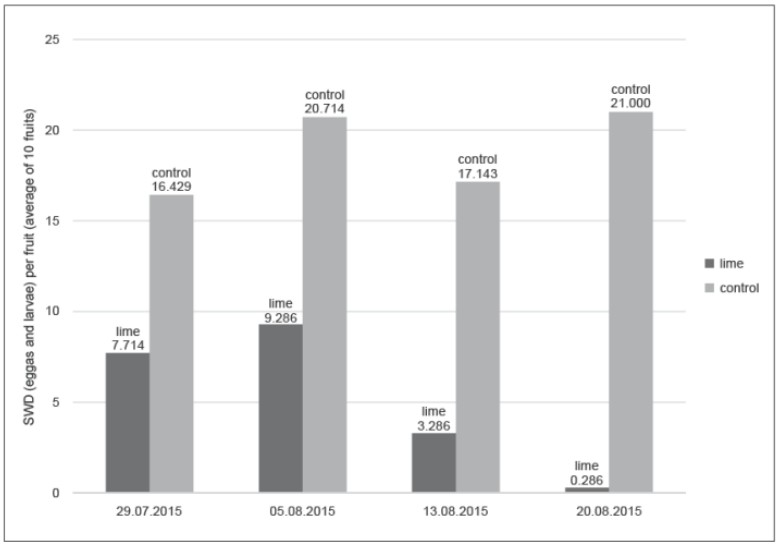


Figure 43 : Nombre d'oeufs et larves de *D. suzukii* observés dans des fruits (Tiré de Baroffio *et al.* 2017a).

Figure 44 : Fruits avec résidus de chaux appliquée en fin de journée (Tiré de Baroffio *et al.* 2016).

Les poudres minérales appliquées sur des bleuets ont montré une efficacité à réduire la ponte de *D. suzukii* de 86% pour le kaolin, de 81% pour le carbonate de calcium (CaCO3), 74% pour la clinoptilolithe + Heliosol, de 71% pour la clinoptilolithe seule et de 70% pour l'hydroxyde de calcium Ca(OH)2 (Cahenzli *et al.* 2017).

Nota Bene : Les différents produits présentés ci-dessus ne sont pas homologués au Canada contre la D. suzukii.

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.

3.4.7 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. En complément d'autres techniques de lutte, cette méthode serait une alternative à l'utilisation d'insecticides contre *D. suzukii* (Kuske *et al.* 2016; Spies et Liburd 2019). Certaines études récentes ont montré une absence d'efficacité, mais certains aspects du protocole peuvent être critiquables, par exemple avec l'absence de témoin ou l'utilisation de pièges espacés de six mètres au lieu de deux (Loureiro *et al.* 2018; Schmidt et Falagiarda 2018). Chez les producteurs de petits fruits en Suisse, cette technique a été introduite avec succès (Baroffio *et al.* 2014a; 2017b). 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 mûrs) (Barioffo *et al.* 2014a; 2017b). Dans cette même région, les producteurs de fruits à noyau (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.* 2016). Botta *et al.* (2013) ont quant 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 en Italie, un essai de piégeage de masse a été réalisé de 2013 à 2015 dans des parcelles de bleuets avec des pièges contenant du Droskidrink (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) cependant une autre étude récente a montré que les pièges avec des insecticides dilués dans l'appât peuvent moins attirer (Cai *et al.* 2019). Il serait donc important de valider cette information.

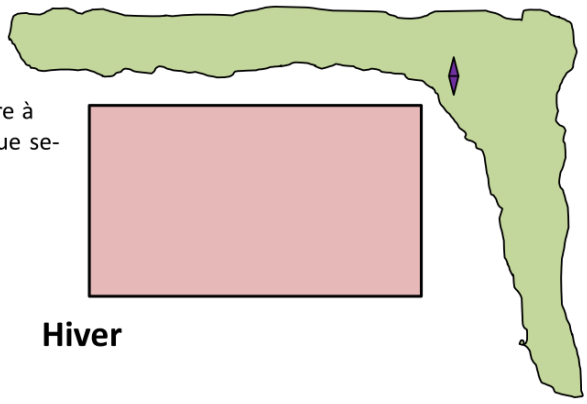
En Suisse, le Centre de compétence de la confédération pour la recherche agricole (Agroscope) recommande le piège RIGA (Knup *et al.* 2015), le piège Drosal Pro (Andermatt Biocontrol AG) ou tout autre piège suspendu fermé sur le dessus et percé de 5 à 10 trous de 3 mm de diamètre pour le piégeage de 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 nécessiter d'être changé de manière hebdomadaire.

La méthode Suisse d'Agroscope pour le piégeage de masse en framboisière utilise trois phases (Fig. 45) : 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 piège 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 fabricant du Drosal® Pro recommande qu'en cas d'infestation sévère, cette méthode peut être renforcée 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 cents 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).

PHASE 1, contrôle de présence

1 piège de surveillance, en bordure de zone naturelle s'il y en a, à remplacer une fois par mois de novembre à mars, toutes les deux semaines en avril-mai et chaque semaine de juin à octobre.

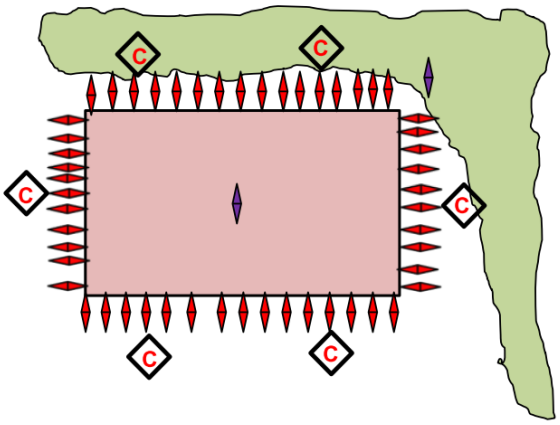


PHASE 2, piégeage de masse externe

a. Contrôle des populations :
1 piège de surveillance externe
1 piège de surveillance interne

b. Lutte :
n pièges de masse sur le pourtour, placés à intervalles de 2 m.
Pour évaluer la pression d'infestation et la provenance des drosophiles: contrôle hebdomadaire des captures dans ~1 piège de masse sur 10 (C).

Changer les pièges après 3 semaines ou intercaler les nouveaux pièges entre les anciens



PHASE 3, idem phase 2 + piégeage de masse interne (option provisoire, efficacité à vérifier)

A placer tous les 2 mètres sur une ligne de culture. Il reste toutefois à vérifier que ces pièges de masse situés dans une parcelle n'attirent pas plus de drosophiles depuis l'extérieur.

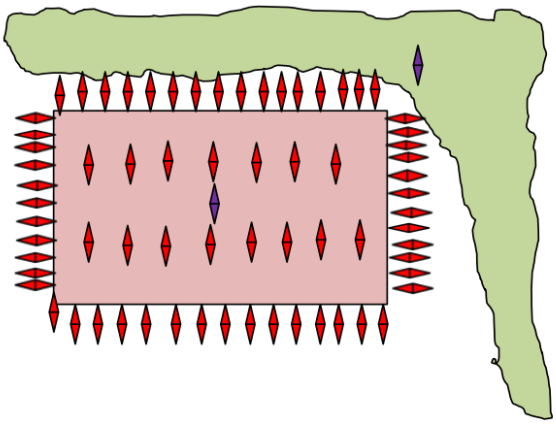


Figure 45 : Différentes phases du piégeage de masse utilisé en Suisse (Tiré de Baroffio *et al.* 2013).

Au Québec, une étude menée par la coopérative de solidarité Cultur'Innov a testé différents attractifs "maisons" 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 avec 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. 46) (Lanoue Piché 2014). En Italie, le Droskidrink et le Suzukii Trap® sont les deux attractifs qui ont montré la meilleure efficacité pour être utilisé dans le cadre du piégeage de masse (Tonina *et al.* 2017).

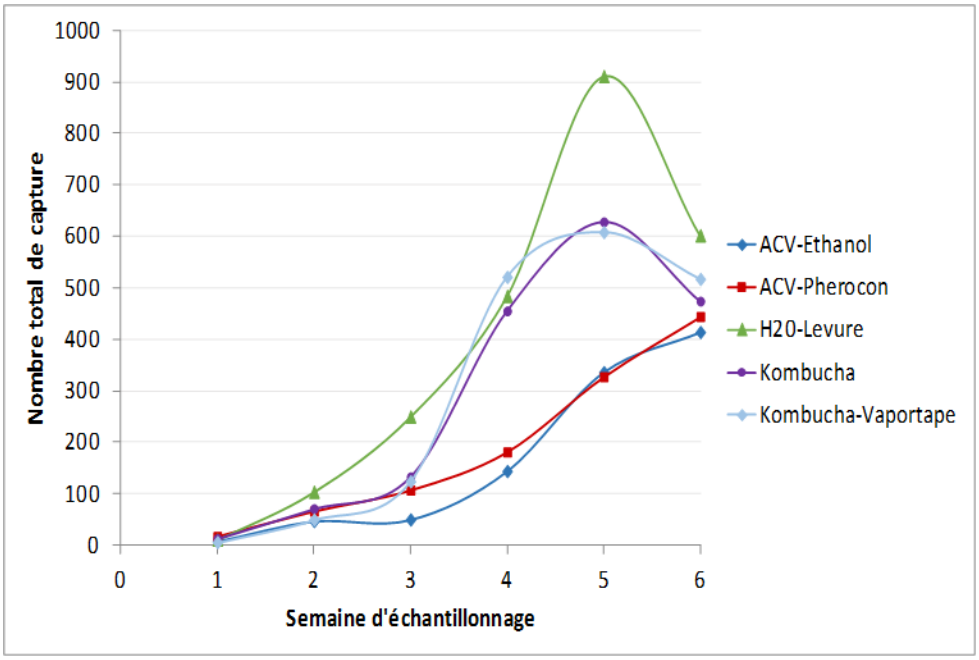


Figure 46 : Nombre total de *D. suzukii* adulte capturé par piège en fonction des appâts et selon les semaines d'échantillonnage (Tiré de Lanoue Piché 2014).

3.4.8 Plantes trappes

Comme vu dans la section 2.4.1 (Tabl. 3), il existe de nombreuses plantes hôtes alternatives qui permettent le développement de *D. suzukii*. Certaines plantes peuvent cependant être attaquées et ne pas permettre le développement de l'insecte ravageur : c'est un trou évolutif. Le cerisier à grappes (*Prunus padus*) produit des fruits attirants autant que d'autres cerisier (Ex : *Prunus avium*), mais les œufs pondus de *D. suzukii* dans ces fruits ne se développent pas (Alhmedi *et al.* 2019). Il en est de même pour le buisson ardent (*Pyracantha coccinea*) (Ulmer *et al.* 2020). Ces découvertes sont pour l'instant inexpliquées, mais semblent amener des pistes intéressantes de recherche actuellement étudiées par des laboratoires européens pour exploiter ces plantes comme tactique de lutte contre la *D. suzukii*. D'autres plantes sont à l'étude en Suisse, car elles sont très attirantes, mais aucun œuf pondu ne s'y développe également, il s'agit du *Cestrum fasciculatum, Cornus amonum, Lonicera xylosteum, Prunus lusitanica, Rhamnus cathartica* et *Sambucus nigra* (Fragnière *et al.* 2019).

3.4.9 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 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. Plusieurs auteurs (Lanouette *et al.* 2017, Krüger *et al.* 2018, Sassù *et al.* 2019b) 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 140 gray (Gy) appliquées sur des pupes de 4 jours provoquent une stérilité de 98,1 à 99,8 % en limitant les effets néfastes sur les paramètres biologiques des mâles.

Une autre équipe de recherche dirigée par le Dr. Collinet (Projet SUZUKILL : https://suzukill.univ-rennes1.fr/index.php) s'est tournée 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 transmettent pas aux femelles, mais empêchent 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 (Nikolouli *et al.* 2018, 2020). Cattel *et al.* (2018) ont trouvé une souche de *Wolbachia* présente naturellement chez *D. suzukii* qui castre les mâles. En effet *W. pipientis* est une bactérie transmise maternellement qui vise à favoriser les femelles. Elle joue un rôle sur la reproduction de ses hôtes. Le projet SUZUKILL a également pour objectif d'évaluer la résistance au froid pour optimiser la conservation d'individus irradiés (Enriquez et Collinet 2017) et de développer les outils pour un élevage de masse (Sassù *et al.* 2019a). Enriquez *et al.* (2020) ont notamment démontré que les pupes sont de manière générale plus sensibles au froid que les adultes, mais également que de conserver les pupes à des régimes de températures fluctuants (5 ou 7,5°C degrés avec un 3h à 20°C toutes les 12h) permet de mieux diminuer l'effet du froid sur la conservation des individus irradiés. 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 laboratoires du Dr. Scheteling et du Dr. Scott à l'Université Raleigh (Li et Scott 2016; Scheteling et Handler 2013; 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. Depuis 2018, la compagnie est responsable 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. 47). 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 coûteuse à développer.

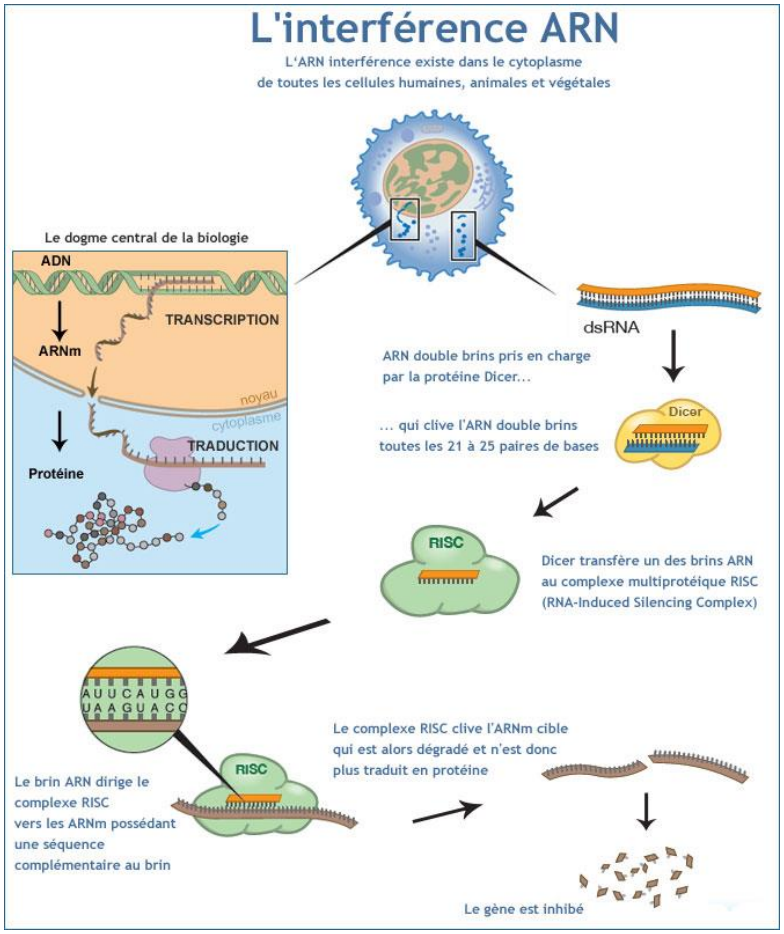


Figure 47 : Principe de l'interférence ARN (Tiré de https://vulgariz.com/medecine-sante/cancer/nouvelle-avancee-dans-la-therapie-personnalisee-contre-le-cancer/).

4 CONCLUSION ET PISTES DE RECHERCHE

En conclusion, les connaissances sur la biologie et le développement de *D. suzukii* se sont beaucoup améliorées 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.

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

- ✓ Poursuivre les recherches pour déterminer si *D. suzukii* hiverne au Québec. 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;
- ✓ Tester différentes substances répulsives afin de déterminer leur efficacité à différents 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*;
- ✓ Continuer à sélectionner/tester des ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes, nématodes, virus et champignons) en condition de 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;
- ✓ Diffuser régulièrement les connaissances sous forme de vidéos, Webinaires, et présentations aux producteurs.

5 ÉQUIPES DE RECHERCHE

Voici une liste de chercheurs travaillant sur *D. suzukii* en fonction des pays/continents. Cette liste n'est pas exhaustive, mais sera remise à jour au fur et à mesure des nouvelles versions de ce document.

É.-U.

- 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/
- Kim Hoelmer: https://www.ars.usda.gov/people-locations/person/?person-id=49559
- Matthew Buffington: https://www.ars.usda.gov/people-locations/person?person-id=39392
- 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
- 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
- Chandra Moffat: https://www.researchgate.net/profile/Chandra-Moffat
- Juli Carillo: https://biodiversity.ubc.ca/people/faculty/juli-carrillo
- Justin Renkema: https://profils-profiles.science.gc.ca/fr/profil/justin-renkema-phd

6 RÉFÉRENCES

Aceituno-Medina, M., A. Ordoñez, M. Carrasco, P. Montoya et E. Hernández. 2020. Mass rearing, quality parameters, and bioconversion in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) for sterile insect technique purposes. J. Econ. Entomol. 113(3): 1097-1104.

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.

Agbaba, B. 2017. A survey of non-crop plants as alternative hosts to raspberries for *Drosophila suzukii* (Spotted Wing Drosophila). Thèse du South Dakota State University. 62 p.

Alhmedi, A., R. Clymans, V. Van Kerckvoorde, D. Bylemans et T. Beliën. 2019. Preference and performance of *Drosophila suzukii* on Prunus species: A potential eco-friendly pest management tool. Crop Prot. 122: 35-41.

Alkema, J. T., M. Dicke et B. Wertheim. 2019. Context-dependence and the development of push-pull approaches for integrated management of *Drosophila suzukii*. Insects 10(12): 454.

Alnajjar, G., F.A. Drummond et E. Groden. 2017. Laboratory and field susceptibility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) to entomopathogenic fungal mycoses. J. Agr. Urban Entomol. 33: 111 -132.

Aly, M.F., D.A. Kraus et H.J. Burrack. 2017. Effects of postharvest cold storage on the development and survival of immature *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in artificial diet and fruit. J. Econ. Entomol. 110(1): 87-93.

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. Bernadi, R.S.S. Dos Santos, F.R.M. Garcia, E.E. Oliveira, M. Botton et D.E. Nava. 2017a. *Drosophila suzukii* in southern neotropical region: Current status and future perspective. Neotrop. Entomol. 46: 591-605.

Andreazza, F., D. Bernardi, C.A. Baronio, J. Pasinato, D.E. Nava et M. Botton. 2017b. Toxicities and effects of insecticidal toxic baits to control *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). Pest Manag. Sci. 73(1): 146-152.

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 Bulletin 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, A.P. Gutierrez, K.A. Hoelmer, W.D. Hutchison, R. Isaacs, Z.-L. Jiang, Z. Kárpáti, M.T. Kimura, M. Pascual, C.R. Philips, C. Plantamp, L. Ponti, G. Vétek, H. Vogt, V.M. Walton, Y. Yu, L. Zappalà et N. Desneux. 2015. Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. J. Pest Sci. 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(1781): 20132840.

Bal, H.K., C. Adams et M. Grieshop. 2017. Evaluation of off-season potential breeding sources for spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii* Matsumura) in Michigan. J. Econ. Entomol. 110(6): 2466-2470.

Ballman, E.S., J.A. Collins et F.A. Drummond. 2017. Pupation behavior and predation on *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) pupae in Maine wild blueberry fields. J. Econ. Entomol. 110(6): 2308-2317.

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

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

Batista, M.R.D., F. Uno, R.D. Chaves, R. Tidon, C.A. Rosa, et L.B. Klaczko. 2017. Differential attraction of drosophilids to banana baits inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora uvarum* within a Neotropical forest remnant. PeerJ 5: e3063.

Becher, P.G., R.E. Jensen, M.E. Natsopoulou, V. Verschut et H. Henrik. 2018. Infection of *Drosophila suzukii* with the obligate insect-pathogenic fungus *Entomophthora muscae*. J. Pest Sci. 91(2): 781-787.

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. Sci. 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.

Bellutti, N., A. Gallmetzer, G. Innerebner, S. Schmidt, R. Zelger et E.H. Koschier. 2018. Dietary yeast affects preference and performance in *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 91(2): 651-660.

Bernardi, D., F. Andreazza, M. Botton, C.A. Baronio et D.E. Nava. 2017a. Susceptibility and interactions of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in damaging strawberry. Neotrop. Entomol. 46(1): 1-7.

Bernardi, D., L. Ribeiro, F. Andreazza, C. Neitzke, E.E. Oliveira, M. Botton, D.E. Nava et J.D. Vendramim. 2017b. Potential use of Annona by products to control *Drosophila suzukii* and toxicity to its parasitoid *Trichopria anastrephae*. Industrial Crops and Products 110: 30-35.

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.

Bing, X., J. Gerlach, G. Loeb et N. Buchon. 2018. Nutrient-dependent impact of microbes on *Drosophila suzukii* development. MBio 9(2).

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.

Bonneau, P., J. Renkema, V. Fournier et A. Firlej. 2019. Ability of *Muscidifurax raptorellus* and other parasitoids and predators to control *Drosophila suzukii* populations in raspberries in the laboratory. Insects 10(3): 68.

Bontonou, G. et C. Wicker-Thomas. 2014. Sexual communication in the Drosophila genus. Insects 5(2): 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 symposium, Plasencia, Spain.

Briem, F., A. Eben, J. Gross et H. Vogt. 2016. An invader supported by a parasite: Mistletoe berries as a host for food and reproduction of Spotted Wing Drosophila in early spring. J. Pest. Sci. 89 :749-759.

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, D. Johnson, A. Blanton, J.C. Lee, G. Loeb, C. Rodriguez-Saona, S. Van Timmeren, D. Walsh et D.R. McPhie. 2015. Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environ. Entomol. 44(3): 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.

Cahenzli, F., T. Strack et C. Daniel. 2018. Screening of 25 different natural crop protection products against *Drosophila suzukii*. J. Appl. Entomol. 142(6): 563-577.

Cai, P., C. Yi, Q. Zhang, H. Zhang, J. Lin, X. Song, J. Yang, B. Wang, Q. Ji et J. Chen .2019. Evaluation of protein bait manufactured from brewery yeast waste for controlling *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 112(1): 226-235.

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(1-2): 139-147.

Carrau, T., N. Hiebert, A. Vilcinskas et K.-Z. Lee. 2018. Identification and characterization of natural viruses associated with the invasive insect pest *Drosophila suzukii*. J. Invertebr. Pathol. 154: 74 -78.

Cattel, J., K. Nikolouli, T. Andrieux, J. Martinez, E. Jiggins, S. Charlat, F. Vavre, D. Lejon, P. Gibert, L. 2018. Back and forth *Wolbachia* transfers reveal efficient strains to control spotted wing drosophila populations. J. Appl. Ecol. 55(5): 2408-2418.

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., 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., S.P. Hesler, A.K. Wallingford, F. Zaman, P. Jentsch, J. Nyrop et G.M. Loeb. 2018. Comparison of commercial lures and food baits for early detection of fruit infestation risk by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 111(2): 645-652.

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.

Champagne-Cauchon, W., J.-F. Guay, V. Fournier et C. Cloutier. 2020. Phenology and spatial distribution of spotted-wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) in lowbush blueberry (Ericaceae) in Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec, Canada. Can. Entomol. 152(4): 1-18.

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. Bulletin of Insectology 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.

Clymans, R., V. Van Kerckvoorde, E. Bangels, W. Akkermans, A. Alhmedi, P. De Clercq, T. Beliën et D. Bylemans. 2019. Olfactory preference of *Drosophila suzukii* shifts between fruit and fermentation cues over the season: Effects of physiological status. Insects 10(7): 200.

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.

Colombari, F., L. Tonina, A. Battisti, et N. Mori. 2020. Performance of *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae), a generalist parasitoid of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), at low temperature. J. Insect Sci. 20(3): 9.

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

Cormier, D., J. Veilleux et A. Firlej. 2015. Exclusion net to control spotted wing Drosophila in blueberry fields. IOBC-WPRS Bulletin 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.

Crava, C.M., R. Romani, D. Zanini, S. Amati, G. Sollai, R. Crnjar, A. Haase, M. Paoli, M.V. Rossi-Stacconi, O. Rota-Stabelli, G. Tait et G. Anfora. 2019. Exploring multiple sensory systems in ovipositors of *Drosophila suzukii* and related species with different egg-laying behaviour. bioRxiv: 651091.

Cuthbertson, A.G., L.F. Blackburn et N. Audsley. 2014. Efficacy of commercially available invertebrate predators against *Drosophila suzukii*. Insects 5(4): 952-960.

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

Da Silva, C.S.B., K.R. Park, R.A. Blood et V.M. Walton. 2019. Intraspecific competition affects the pupation behavior of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii*). Sci. Rep. 9(1): 1-9.

Daane, K.M., X.-G. Wang, A. Biondi, B. Miller, J.C. Miller, H. Riedl, P.W. Shearer, E. Guerrieri, M. Giorgini, M. Bufington, K. Van Achterberg, Y. Song, T. Kang, H. Yi, C. Jung, D.W. Lee, B.-K. Chung, K.A. Hoelmer et V.M. Walton. 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.

Dam, D., D. Molitor et M. Beyer. 2019. Natural compounds for controlling *Drosophila suzukii*. A review. Agron. Sustain. Dev. 39(6): 1-17.

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

Davis, A.R. 2019. Optimizing the Salt Filter Test to Monitor Spotted Wing Drosophila Larval Infestation Levels in Blueberries. Doctoral dissertation, Kalamazoo College. 30 p.

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 Bulletin 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. 73(11): 2318-2327.

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(3): 379-383.

Diepenbrock, L. et H. Burrack. 2017. Variation of within-crop microhabitat use by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blackberry. J. Appl. Entomol. 141: 1 -7.

Diepenbrock, L.M., D.O. Rosensteel, J.A. Hardin, A.A. Sial et H.J. Burrack. 2017. Season-long programs for control of *Drosophila suzukii* in southeastern US blueberries. Crop Prot. 81: 76-84.

Diepenbrock, L.M. et D.R. McPhie. 2018. Use of a Novel Host Plant Family, Basallaceae, by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Proc. Entomol. Soc. Washington 120(2): 255-259.

DiGiacomo, G., J. Hadrich, W.D. Hutchison, H. Peterson et M. Rogers. 2019. Economic impact of spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) yield loss on Minnesota raspberry farms: a grower survey. J. Integr. Pest Manag. 10(1): 11.

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.

Drummond, F., E. Ballman et J. Collins. 2019b. Population dynamics of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) in Maine wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton). Insects 10(7): 205.

Drummond, F.A., E. Ballman et J.A. Collins. 2019a. Spotted-wing Drosophila (Diptera: Drosophilidae) adult movement, activity, and oviposition behavior in Maine wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*; Ericales: Ericaceae). J. Econ. Entomol. 112(4): 1623 -1633.

Ebbenga, D.N., E.C. Burkness et W.D. Hutchison. 2019. Evaluation of exclusion netting for spotted-wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) management in Minnesota wine grapes. J. Econ. Entomol. 112(5): 2287-2294.

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(5): 1550-1564.

Elsensohn, J.E. et G.M. Loeb. 2018. Non-crop host sampling yields insights into small-scale population dynamics of *Drosophila suzukii* (Matsumura). Insects 9(1): 5.

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.

Englert, C. et A. Herz. 2019. Acceptability of *Drosophila suzukii* as prey for common predators occurring in cherries and berries. J. Appl. Entomol. 143(4): 387-396.

Enriquez, T. et H. Colinet. 2017. Basal tolerance to heat and cold exposure of the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. PeerJ 5: e3112.

Enriquez, T., D. Renault, M. Charrier et H. Colinet. 2018. Cold acclimation favors metabolic stability in *Drosophila suzukii*. Front. Physiol. 9: 1506.

Enriquez, T., D. Ruel, M. Charrier et H. Colinet. 2020. Effects of fluctuating thermal regimes on cold survival and life history traits of the spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*). Insect Sci. 27: 317 -335.

Entling, W., S. Anslinger, B. Jarausch, G. Michl et C. Hoffmann. 2018. Berry skin resistance explains oviposition preferences of *Drosophila suzukii* at the level of grape cultivars and single berries. J. Pest Sci. 92(2): 477-484.

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

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

Evans, R.K., M.D. Toews et A.A. Sial. 2018. Impact of short-and long-term heat stress on reproductive potential of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). J. Therm. Biol. 78: 92-99.

Fanning, P.D., A. VanWoerkom, J.C. Wise et R. Isaacs. 2018. Assessment of a commercial spider venom peptide against spotted-wing Drosophila and interaction with adjuvants. J. Pest Sci. 91(4): 1279-1290.

Fanning, P.D., A.E. Johnson, B.E. Luttinen, E.M. Espeland, N.T. Jahn et R. Isaacs. 2019. Behavioral and physiological resistance to desiccation in spotted wing Drosophila (Diptera: Drosophilidae). Env. Entomol. 48(4): 792-798.

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.

Feng, Y. et A. Zhang. 2017. A floral fragrance, methyl benzoate, is an efficient green pesticide. Sci. Rep. 7(1): 1-9.

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(23): 3855-3861.

Ferveur, J.-F. 2005. Cuticular hydrocarbons: Their evolution and roles in Drosophila pheromonal communication. Behav. Genet. 35(3): 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

Fountain, M.T., J. Bennett, M. Cobo-Medina, R. Conde Ruiz, G. Deakin, A. Delgado, R. Harrison et N. Harrison. 2018. Alimentary microbes of winter-form *Drosophila suzukii*. Insect Mol. Biol. 27(3): 383-392.

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

Foye, S., et S.A. Steffan. 2020. A rare, recently discovered nematode, *Oscheius onirici* (Rhabditida: Rhabditidae), kills *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) within fruit. J. Econ. Entomol. 113(2) : 1047-1051.

Fragnière, A.-L., F. Klötzli-Estermann, S. Bacher et P. Kehrli. 2019. Alternative host plants as potential trap crops against *Drosophila suzukii* in vineyards. Poster Agroscope CH-1270 Nyon.

Fraimout, A. et A.C. Monnet. 2018. Accounting for intraspecific variation to quantify niche dynamics along the invasion routes of *Drosophila suzukii*. Biol. Invasions 20: 2963-2979.

Fraimout, A., V. Debat, S. Fellous, R.A. Hufbauer, J. Foucaud, P. Pudlo, J.-M. Marin, D.K. Price, J. Cattel, X. Chen, M. Deprá, P.F. Duyck, C. Guedot, M. Kenis, M.T. Kimura, G. Loeb, A. Loiseau, I. Martinez-Sañudo, M. Pascual, M.P. Richmond, P. Shearer, N. Singh, K. Tamura, A. Xuéreb, J. Zhang et A. Estoup. 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 melanogaster* females. Evolution 27: 265-268.

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

Garriga, A., A. Morton et F. Garcia-del-Pino. 2017. Is *Drosophila suzukii* as susceptible to entomopathogenic nematodes as *Drosophila melanogaster*? J. Pest Sci. 91(2): 789 -798.

Garriga, A., M. Mastore, A. Morton, F. Garcia-del-Pino et M.F. Brivio. 2020a. Immune response of *Drosophila suzukii* larvae to infection with the nematobacterial complex *Steinernema carpocapsae -Xenorhabdus nematophila*. Insects 11(4): 210.

Garriga, A., A. Morton, A. Ribes et F. Garcia-del-Pino. 2020b. Soil emergence of *Drosophila suzukii* adults: a susceptible period for entomopathogenic nematodes infection. J. Pest Sci. 93(2): 639-646.

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 Prot. 81: 122-128.

Giorgini, M., X.G. Wang, Y. Wang, F.S. Chen, E. Hougardy, H.M. Zhang, Z.-Q. Chen, H.-Y. Chen, C.-X. Liu, P. Cascone, G. Formisano, G.A. Carvalho, A. Biondi, M. Buffington, K. Daane, K.A. Hoelmer et E. Guerrieri. 2019. Exploration for native parasitoids of *Drosophila suzukii* in China reveals a diversity of parasitoid species and narrow host range of the dominant parasitoid. J. Pest Sci. 92(2): 509-522.

Girod, P., N. Borowiec, M. Buffington, G. Chen, Y. Fang, M.T. Kimura, F.J. Peris-Felipo, N. Ris, H. Wu, C. Xiao, J. Zhang, A. Aebi, T. Haye et M. Kenis. 2018. The parasitoid complex of *D. suzukii* and other fruit feeding Drosophila species in Asia. Sci. Rep. 8(1): 1-8.

Glemser, E.J., L. Dowling, D. Inglis, G.J. Pickering, W. McFadden-Smith, M.K. Sears 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.

González, G., A.L. Mary et B. Goñi. 2015. *Drosophila suzukii* (Matsumura) found in Uruguay. Drosoph. Inf. Serv. 98: 103–107.

Gonzalez-Cabrera, J., Y. Contreras-Bermudez, J.A. Sanchez-Gonzalez., M.Y. Mendoza-Ceballos et H.C. Arredondo-Bernal. 2018. Optimization of a wheat germ diet for mass rearing *Drosophila suzukii*. Entomol. Exp. Appl. 166(11-12): 925-931.

Gonzalez-Cabrera, J., G. Moreno-Carrillo, J.A. Sanchez-Gonzalez, M.Y. Mendoza-Ceballos et H.C. Arredondo-Bernal. 2019. Single and combined release of *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) to control *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Neotrop. Entomol. 48(6): 949-956.

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.

Grassi, A., A. Gottardello, D.T. Dalton, G. Tait, D. Rendon, C. Ioriatti, D. Gibeaut, M.V. Rossi Stacconi et V.M. Walton. 2018. Seasonal reproductive biology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in temperate climates. Env. Entomol. 47(1): 166-174.

Green, C.K., P.J. Moore et A.A. Sial. 2019. Impact of heat stress on development and fertility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). J. Insect Physiol. 114: 45-52.

Gress, B.E. et F.G. Zalom. 2019. Identification and risk assessment of spinosad resistance in a California population of *Drosophila suzukii*. Pest Manag. Sci. 75(5): 1270-1276.

Grumiaux, C., M.K. Andersen, H. Colinet et J. Overgaard. 2019. Fluctuating thermal regime preserves physiological homeostasis and reproductive capacity in *Drosophila suzukii*. J. Insect Physiol. 113: 33-41.

Guédot, C., A. Avanesyan et K. Hietala-Henschell. 2018. Effect of Temperature and Humidity on the Seasonal Phenology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Wisconsin. Env. Entomol. 47(6): 1365-1375.

Guerrieri, E., M. Giorgini, P. Cascone, S. Carpenito et C. Van Achterberg. 2016. Species diversity in the parasitoid genus Asobara (Hymenoptera: Braconidae) from the native area of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). PLoS One 11(2): e0147382.

Gullickson, M.G., M.A. Rogers, E.C. Burkness et W.D. Hutchison. 2019. Efficacy of organic and conventional insecticides for *Drosophila suzukii* when combined with erythritol, a non-nutritive feeding stimulant. Crop Prot. 125: 104878.

Gullinckson, M. 2020. Spotted-wing Drosophila: Investigating the Efficacy of Innovative and Alternative Management Techniques. Thèse université du Minesota. 106 p.

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. et P.G. Becher. 2016. Current knowledge of interactions between *Drosophila suzukii* and microbes, and their potential utility for pest management. J. Pest Sci. 89: 621-630.

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 abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 89(3): 605‑619.

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.

Hardin, J.A., D.A. Kraus et H.J. Burrack. 2015. Diet quality mitigates intraspecific larval competition in *Drosophila suzukii*. Entomol. Exp. Appl. 156(1): 59-65.

Harmon, D.S., M. Haseeb, L.H. Kanga et O.E. Liburd. 2019. Evaluation of monitoring traps and lures for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry plantings in Florida. Insects 10(10): 313.

Haro-Barchin, E., J. Scheper, C. Ganuza, G.A. De Groot, F. Colombari, R. Van Kats et D. Kleijn. 2018. Landscape-scale forest cover increases the abundance of *Drosophila suzukii* and parasitoid wasps. Basic Appl. Ecol. 31: 33-43.

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(11): 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(1): 24-31.

Helsen, H., J. van Bruchem et R. Potting. 2013. De suzuki-fruitvlieg *Drosophila suzukii*, een nieuwe plaag op fruit in Nederland. Gewasbescherming 44(3): 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.

Hiebert, N., T. Carrau, M. Bartling, A. Vilcinskas et K.Z. Lee. 2020. Identification of entomopathogenic bacteria associated with the invasive pest *Drosophila suzukii* in infested areas of Germany. J. Invert. Pathol. 173: 107389.

Holle, S.G., E.C. Burkness, T.M. Cira et W.D. Hutchison. 2017. Influence of previous fruit injury on susceptibility to spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) infestation in the Midwestern United States. J. Entomol. Sci. 52(3): 207-215.

Hooper, H. et M.J. Grieshop. 2020. Postharvest Burial of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) Infested Fruit Waste Reduces Adult Emergence. Env. Entomol. 49(1): 59-65.

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.

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.

Ioriatti, C., R. Guzzon, G. Anfora, F. Ghidoni, V. Mazzoni, T.R. Villegas, D.T. Dalton et V.M. Walton. 2018. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) contributes to the development of sour rot in grape. J. Econ. Entomol. 111(1): 283-292.

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

Jaffe, B.D. et C. Guédot. 2019. Vertical and temporal distribution of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii*) and pollinators within cultivated raspberries. Pest Manag. Sci. 75(8): 2188 – 2194.

Jaffe, B.D., A. Avanesyan, H.K Bal, Y. Feng, J. Grant, M.J. Grieshop, J.C. Lee, O.E. Liburd, E. Rhodes, C. Rodriguez-Saona, A.A. Sial, A. Zhang et C. Guédot. 2018. Multistate comparison of attractants and the impact of fruit development stage on trapping *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in raspberry and blueberry. Env. Entomol. 47(4): 935-945.

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.

Jarausch, B., T. Müller, T. Gramm et C. Hoffmann. 2017. Comparative evaluation of insecticide efficacy tests against *Drosophila suzukii* on grape berries in laboratory, semi-field and field trials. Vitis 56(3): 133-140.

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(1-2): 156-160.

Kacsoh, B.Z. et T.A. Schlenke. 2012. High hemocyte load is associated with increased resistance against parasitoids in *Drosophila suzukii*, a relative of *D. melanogaster*. PloS One 7(4): e34721.

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. In: Fruit Flies. Springer, États-Unis, p. 465-469.

Kamiyama, M.T., B.Z. Bradford, R.L. Groves et C. Guédot. 2020. Degree day models to forecast the seasonal phenology of *Drosophila suzukii* in tart cherry orchards in the Midwest US. PloS One 15(4): e0227726.

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

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

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.

Kidera, H., et K.H. Takahashi. 2020. Chemical cues from competitors change the oviposition preference of *Drosophila suzukii*. Entomol. Exp. Appl. 168(4): 304-310.

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.

Kienzle, R., L.B. Groß, S. Caughman et M. Rohlfs. 2020. Resource use by individual *Drosophila suzukii* reveals a flexible preference for oviposition into healthy fruits. Sci. Rep. 10(1): 1-9.

Kim, Y. H., 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): 1211‑1216.

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.

Kirkpatrick, D.M., L.J. Gut et J.R. Miller. 2018. Estimating monitoring trap plume reach and trapping area for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Michigan tart cherry. J. Econ. Entomol. 111(3): 1285-1289.

Kiss, B., G.D. Lengyel, Z. Nagy et Z. Kárpáti. 2013. A pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) elsö magyarországi elöfordulása. Növényvédelem 49(3): 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.

Klick, J., C.R. Rodriguez-Saona, J.H. Cumplido, R.J. Holdcraft, W.H. Urrutia, R.O. Da Silva, R. Borges, A. Mafra-Neto et M.P. Seagraves. 2019. Testing a novel attract-and-kill strategy for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) management. J. Insect Sci. 19(1): 3.

Knapp, L., D. Mazzi et R. Finger. 2019. Management strategies against *Drosophila suzukii*: insights into Swiss grape growers choices. Pest Manag. Sci. 75(10): 2820-2829.

Knight, A.L., E. Basoalto, W. Yee, R. Hilton et C.P. Kurtzman. 2016. Adding yeasts with sugar to increase the number of effective insecticide classes to manage *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: drosophilidae) in cherry. Pest Manag. Sci. 72: 1482 -1490.

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): 759–772.

Krüger, A.P., D.C.H. Schlesener, L.N. Martins, J. Wollmann, M. Deprá et F.R.M. Garcia. 2018. Effects of irradiation dose on sterility induction and quality parameters of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 111(2): 741-746.

Krüger, A.P., D.C.H. Schlesener, L.N., Martins, J. Wollmann, M. Deprá, et F.R. Garcia. 2019. Radiation effects on *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) reproductive behaviour. J. Appl. Entomol. 143(1-2): 88-94.

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

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

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. 2017. The sterile insect technique for the management of the spotted wing Drosophila, *Drosophila suzukii*: Establishing the optimum irradiation dose. Plos One 12(9): e0180821.

Lanouette, G., J. Brodeur, F. Fournier, V. Martel et A. Firlej. 2020. Effect of irradiation on the mating capacity and competitiveness of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) for the development of the sterile insect technique. Can. Entomol. 152(4): 563-574.

Lasa, R., E. Tadeo, R.A. Toledo-Hérnandez, L. Carmona, I. Lima et T. Williams. 2017. Improved capture of *Drosophila suzukii* by a trap baited with two attractants in the same device. PLoS One 12(11) : e0188350.

Lasa, R., L. Navarro-de-la-Fuente, A.C. Gschaedler-Mathis, M.R. Kirchmayr et T. Williams. 2019. Yeast species, strains, and growth media mediate attraction of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Insects 10(8): 228.

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(5): 2151-2158.

Leach, H., J. Moses, E. Hanson, P. Fanning et R. Isaacs. 2018. Rapid harvest schedules and fruit removal as non-chemical approaches for managing Spotted Wing Drosophila. J. Pest Sci. 91(1): 219-226. https://doi.org/10.1007/s10340-017-0873-9

Leach, H., S. Van Timmeren, W. Wetzel et R. Isaacs. 2019. Predicting within-and between-year variation in activity of the invasive spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) in a temperate region. Env. Entomol. 48(5): 1223-1233.

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, R. Isaacs. T.A. Richardson, P.W. Shearer, C.A. Stanley, D.B. Walsh, V.M. Walton, F.G. Zalom et D.J. Bruck. 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, L.J Gut, K.A. Hamby, D.R. Haviland, R. Isaacs, A.L. Nielsen, T. Richardson, C.R. Rodriguez-Saona, C.A. Stanley, D.B. Walsh, V.M. Walton, W.L. Yee, F.G. Zalom et D.J. Bruck. 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

Lewis, M. et K. Hamby. 2019. Differential impacts of yeasts on feeding behavior and development in larval *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Sci. Rep. 9(1): 1 -12.

Lewis, M.T., E.E. Koivunen, C.L. Swett et K. A. Hamby. 2018. Associations between *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and fungi in raspberries. Env. Entomol. 48: 68 -79.

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.

Linder, C., N. Staeheli, W. Siegfried, M. Leumann, P. Droz, T. Morisod et P. Kehrli. 2017. Filets de protection contre *Drosophila suzukii* en viticulture. Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture, vol. 49 (4): 242–249.

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.

Little, C.M., A.R. Rizzato, L. Charbonneau, T. Chapman et N.K. Hillier. 2019. Color preference of the spotted wing Drosophila, *Drosophila suzukii*. Sci. Rep. 9(1): 1-12.

Little, C.M., T.W. Chapman et N.K. Hillier. 2020. Plasticity is key to success of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) invasion. J. Insect Sci. 20(3): 5.

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(7): 896-902.

Loureiro, J., V. Batista, A. Nave et C.A. da Costa. 2018. Captura em massa no combate à *Drosophila suzukii* (Matsumura) na cultura do mirtilo. Revista de Ciências Agrárias, 41(spe): 145-151.

Louzeiro, L.R.F., M.F. Souza-Filho et C.A. Bulgarelli. 2019. Infestation of Malpighia emarginata (Malpighiaceae) by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in São Paulo State, Brazil. Florida Entomol. 102(3): 645-648.

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) : 146-150.

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(4825): 252-253.

Marel, M., V. Bernier-English, M. Lamontagne-Drolet et D. Pouliot. 2019. Prévention des risques de propagation de la drosophile à ailes tachetées et d'autres phytopathogènes dans les fraises et framboises déclassées en contexte de production. Rapport PADAAR. 27 p.

Martinez-Sañudo, I., M. Simonato, A. Squartini, N. Mori, L. Marri et L. Mazzon. 2017. Metagenomic analysis reveals changes of the *Drosophila suzukii* microbiota in the newly colonised regions. Insect Sci. 25(5): 833-846

Martos, S., D. Spano, N. Agustí, C. Poschenrieder, F. Pintus, L. Moles et R. Medda. 2017. A chitinase from *Euphorbia characias* latex is a novel and powerful plant-based pesticide against *Drosophila suzukii*. Ann. Appl. Biol. 171(2): 252-263.

Massicotte, É. et M.-C. Rioux. 2016. Profil sectoriel de l'industrie horticole au Québec, édition 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.

Medina-Muñoz, M.C., X. Lucero, C. Severino, N. Cabrera, D. Olmedo, F. Del Pino, E. Alvarez, C. Jara, et R. Godoy-Herrera. 2015. *Drosophila suzukii* arrived in Chile. Dros. Inf. Serv. 98.

Mermer, S., F. Pfab, G.A. Hoheisel, H.Y. Bahlol, L. Khot, D.T. Dalton, L.J. Brewer, M.V. Rossi-Stacconi, C. Zhang, L. Xue et V.M. Walton. 2020. Canopy spray deposition and related mortality impacts of commonly used insecticides on *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) populations in blueberry. Pest Manag. Sci. 76(4): 1531-1540.

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. Bulletin of Insectology 68(2): 255-263.

Minkov, P., D. Goergiev, N. Palagacheva et V. Dzhuvinov. 2018. Monitoring of spotted wing drosophila in raspberries and blackberries in Troyan region, Bulgaria. Bulgarian J. of Agri. Sci. 24(4): 670-673.

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.

Mori, B.A., A.B. Whitener, Y. Leinweber, S. Revadi, E.H. Beers, P. Witzgall et P.G. Becher. 2017. Enhanced yeast feeding following mating facilitates control of the invasive fruit pest *Drosophila suzukii*. J. Appl. Ecol. 54(1) : 170-177.

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.

Nikolouli, K., H. Colinet, D. Renault, T. Enriquez, L. Mouton, P. Gibert, F. Sassù, C. Cáceres, C. Stauffer, R. Pereira et K. Bourtzis. 2018. Sterile insect technique and *Wolbachia* symbiosis as potential tools for the control of the invasive species *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 91(2) : 489-503.

Nikolouli, K., F. Sassù, L. Mouton, C. Stauffer et K. Bourtzis. 2020. Combining sterile and incompatible insect techniques for the population suppression of *Drosophila suzukii*. J. Pest Sci. 93(2): 647-661.

Noble, R., A. Dobrovin-Pennington, B. Shaw, D.S. Buss, J.V. Cross et M.T. Fountain. 2017. Fermentation for disinfesting fruit waste from Drosophila species (Diptera: Drosophilidae). Env. Entomol. 46(4): 939-945.

Noble, R., A. Dobrovin-Pennington, A. Phillips, M. F. Cannon, B. Shaw et M.T. Fountain. 2019. Improved insecticidal control of spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*) using yeast and fermented strawberry juice baits. Crop Prot. 125: 104902.

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.

NPPO. 2014. https://gd.eppo.int/reporting/article-3303. Page consultée en décembre 2021.

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.

Özbek Çatal, B., M. Helvaci, A. F. Çalişkan Keçe et M.R. Ulusoy. 2018. First record of *Drosophila suzukii* in the areas of the Republic of Cyprus not under the effective control of the government of the Republic of Cyprus. Bulletin OEPP/EPPO 48(2): 274– 276.

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.

Park, K.R. 2020. Behavior of *Drosophila suzukii* in Relation to abiotic, biotic, and nutrient factors. Ph. D. Thesis. Oregon State University. 163 p.

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(2): 102-113.

Pérez-Guerrero, S. et C. Mateus. 2018. Field evaluation of commercial plant extracts against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophlidae) in raspberry. Int. J. Pest Manag. 65(1): 53-58.

Piotrowski, W. et B.H. Łabanowska. 2017. *Drosophila suzukii* new pest in Poland. IOBC-WPRS Bulletin, 123: 165-170.

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.

Polturat, B., Y. Trottin, V. Gallia et A. Ginez. 2018. Projet *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes de protection. Innovations Agronomiques, INRAE, 63 :1-12.

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. 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.

Rendon, D., J. Buser, G. Tait, J.C. Lee et V.M. Walton. 2018. Survival and fecundity parameters of two *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) morphs on variable diet under suboptimal temperatures. J. Insect Sci. 18(6): 8.

Rendon, D., K.A. Hamby, A.L Aresenault-Benoit, C.M. Taylor, R.K. Evans, C.R. Roubos, A.A. Sial, M. Rogers, A. Petran, S. Van Timmeren, P. Fanning, R. Isaacs et V. Walton. 2020. Mulching as a cultural control strategy for *Drosophila suzukii* in blueberry. Pest Manag. Sci. 76(1): 55-66.

Rendon, D., V. Walton, G. Tait, J. Buser, I.L. Souza, A. Wallingford, G. Loeb et J. Lee. 2019. Interactions among morphotype, nutrition, and temperature impact fitness of an invasive fly. Ecol. Evol. 9(5): 2615-2628.

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., Z. Telfer, T. Gariepy et R.H. Hallett. 2015. *Dalotia coriaria* as a predator of *Drosophila suzukii*: Functional responses, reduced fruit infestation and molecular diagnostics. Biol. Control 89: 1-10.

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.

Renkema, J.M., R. Buitenhuis et R.H. Hallett. 2017. Reduced *Drosophila suzukii* infestation in berries using deterrent compounds and laminate polymer flakes. Insects 8(4): 117.

Renkema, J.M. et A.G. Cuthbertson. 2018. Impact of multiple natural enemies on immature *Drosophila suzukii* in strawberries and blueberries. Biol. Control 63(5): 719-728.

Renkema, J. M., A. Frewin et R.H. Hallett. 2020. Effects of interplanting peppermint (Lamiaceae) in strawberry (Rosaceae) on *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and seed-feeding pests (Hemiptera: Lygaeidae, Miridae, Rhyparochromidae). Can. Entomol. 152(4): 575-586.

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.

Reyes, J.A. et A. Lira-Noriega. 2020. Current and future global potential distribution of the fruit fly *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Can. Entomol. 152(4): 587-599.

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

Rice, K.B., B.D. Short et T.C. Leskey. 2017. Development of an attract-and-kill strategy for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): evaluation of attracticidal spheres under laboratory and field conditions. J. Econ. Entomol. 110(2): 535-542.

Richoz, P., C.A. Baroffio, S. Fischer, P. Kehrli, S. Kuske, G. Brand, J. Samietz, C. Linder et B. Salamanca. 2013. Évaluation 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. NY Fruit Quart 24: 9-14 http://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/McDermott-Pages-9-14-NYFQ-Book-Summer-2016.pdf

Roosjen, P.P., B. Kellenberger, L. Kooistra, D.R. Green et J. Fahrentrapp. 2020. Deep learning for automated detection of *Drosophila suzukii*: potential for UAV-based monitoring. Pest Manag. Sci. 76(9): 2994-3002.

Rossi-Stacconi, M.V., A. Grassi, D.T. Dalton, B. Miller, M. Ouantar, A. Loni, C. Ioriatti, V.M. Walton et G. Anfora. 2013. First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. Entomologia 1(3): 11-16.

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.

Rossi-Stacconi, M.V., A. Panel, N. Baser, C. Ioriatti, T. Pantezzi et G. Anfora. 2017. Comparative life history traits of indigenous Italian parasitoids of *Drosophila suzukii* and their effectiveness at different temperatures. Biol. Control 112: 20-27.

Rossi-Stacconi, M.V., A. Grassi, C. Ioriatti et G. Anfora. 2019. Augmentative releases of *Trichopria drosophilae* for the suppression of early season *Drosophila suzukii* populations. Biol. Control. 64(1): 9-19.

Rossi-Stacconi, M.V., G. Tait, D. Rendon, A. Grassi, G. Boyer, R. Nieri et V.M. Walton. 2020a. Gumming Up The Works: Field Tests of a New Food-Grade Gum as Behavioral Disruptor for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 113(4): 1872-1880.

Rossi-Stacconi, M.V., G. Tait, R. Nieri, R. Chave, K. Park, R. Blood et V.M. Walton. 2020b. Optimizing a food grade attractant to arrest SWD dispersal. https://www.raspberryblackberry.com/wp-content/uploads/Optimizing-a-Food-Grade-Attractant-to-Arrest-SWD-Dispersal-Tait.pdf

Rota-Stabelli, O., L. Ometto, G. Tait, S. Ghirotto, R. Kaur, F. Drago, J. González, V.M. Walton, G. Anfora et M.V. Rossi-Stacconi. 2020. Distinct genotypes and phenotypes in European and American strains of *Drosophila suzukii*: implications for biology and management of an invasive organism. J. Pest Sci. 93(1): 77-89.

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

Roubos, C.R., B.K. Gautam, P.D. Fanning, S. Van Timmeren, J. Spies, O.E. Liburd, R. Isaacs, S. Curry, B.A. Litte et A.A. Sial. 2019a. Evaluation of adjuvants to improve control of spotted-wing drosophila in organic fruit production. J. Appl. Entomol. 143(7): 706-720.

Roubos, C.R., B.K. Gautam, P. D. Fanning, S. Van Timmeren, J. Spies, O.E. Liburd, R. Isaacs, S. Curry B.A. Little et A.A. Sial. 2019b. Impact of phagostimulants on effectiveness of OMRI-listed insecticides used for control of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii* Matsumura). J. Appl. Entomol. 143(6): 609-625.

Saeed, N., L. Tonina, A. Battisti et N. Mori. 2018. Temperature alters the response to insecticides in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 111(3): 1306-1312.

Sampson, B.J., D.A. Marshall, B.J. Smith, S.J. Stringer, C.T. Werle, D.J. Magee et J.J. Adamczyk. 2017a. Erythritol and lufenuron detrimentally alter age structure of wild *Drosophila suzukii* (Diptera: drosophilidae) populations in blueberry and blackberry. J. Econ. Entomol. 110: 1-5.

Sampson, B.J., C.T. Werle, S.J. Stringer et J.J. Adamczyk. 2017b. Ingestible insecticides for spotted wing drosophila control: a polyol, erythritol, and an insect growth regulator, lufenuron. J. Appl. Entomol. 141: 8-18.

Sampson, B.J., M.W. Easson, S.J. Stringer, C.T. Werle, D. Magee et J.J. Adamczyk. 2019. Laboratory and field assessments of erythritol derivatives on the survival, reproductive rate, and control of *Drosophila suzukii* (Diptera: drosophilidae). J. Econ. Entomol. 112(1): 173 -180.

Santoiemma, G., F. Trivellato, V. Caloi, N. Mori et L. Marini. 2019a. Habitat preference of *Drosophila suzukii* across heterogeneous landscapes. J. Pest Sci. 92: 485-494.

Santoiemma, G., D. Fioretto, D. Corcos, N. Mori & L. Marini. 2019b. Spatial synchrony in *Drosophila suzukii* population dynamics along elevational gradients. Ecol. Entomol. 44(2): 182 -189.

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.

Sassù, F., K. Nikolouli, S. Caravantes, G. Taret, R. Pereira, M.J. Vreysen, C. Stauffer et C. Cáceres. 2019a. Mass-rearing of *Drosophila suzukii* for sterile insect technique application: evaluation of two oviposition systems. Insects 10(12): 448.

Sassù, F., K. Nikolouli, R. Pereira, M.J. Vreysen, C. Stauffer et C. Cáceres. 2019b. Irradiation dose response under hypoxia for the application of the sterile insect technique in *Drosophila suzukii*. PloS One 14(12): e0226582.

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.

Schlesener, D.C.H., J. Wollmann, J. de Bastos Pazini, A.D. Grützmacher, et F.R. Mello Garcia. 2017. Effects of insecticides on adults and eggs of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). Rev. Colomb. Entomol. 43(2): 208-214.

Schlesener, D.C.H., J. Wollmann, A.P. Krüger, A.M. Nunes, D. Bernardi et F.R.M. Garcia. 2018. Biology and fertility life table of *Drosophila suzukii* on artificial diets. Entomol. Exp. Appl. 166: 932-936.

Schlesener, D.C.H., J. Wollmann, A. P. Krüger, L. N. Martins, C. M. Teixeira, D. Bernardi et F.R. Garcia. 2020. Effect of temperature on reproduction, development, and phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* in Brazil. Entomol. Exp. Appl. 168(11): 817-826.

Schmidt, S. et M. Falagiarda. 2018. Assessment of capture efficacy of *Drosophila suzukii* (Matsumura) trapping devices in mass trapping and release recapture trials. IOBC-WPRS Bulletin 139: 91-95.

Schöneberg, T., A. Arsenault-Benoit, C.M. Taylor, B.R. Butler, D.T. Dalton, V.M. Walton, A. Petrand, M.A. Rogers, L.M. Diepenbrock, H.J. Burrack, H. Leach, S. Van Timmeren, P.D. Fanning, R. Isaacs, B.E. Gress, M.P. Bolda, F.G. Zalom, C.R. Roubos, R.K. Evans, A.A. Sial et K.A. Hamby. 2020. Pruning of small fruit crops can affect habitat suitability for *Drosophila suzukii*. Agric. Ecosyst. Environ. 294: 106860.

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).

Shaw, B., P. Brain, H. Wijnen et M.T. Fountain. 2018. Reducing *Drosophila suzukii* emergence through inter-species competition. Pest Manag. Sci. 74(6): 1466-1471.

Shaw, B., M.F. Cannon, D.S. Buss, J.V. Cross, P. Brain et M.T. Fountain. 2019. Comparison of extraction methods for quantifying *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) larvae in soft-and stone-fruits. Crop Prot. 124: 104868.

Shawer, R., L. Tonina, P. Tirello, C. Duso et N. Mori. 2018a. Laboratory and field trials to identify effective chemical control strategies for integrated management of *Drosophila suzukii* in European cherry orchards. Crop Prot. 103: 73-80.

Shawer, R., I. Donati, A. Cellini, F. Spinelli et N. Mori. 2018b. Insecticidal Activity of *Photorhabdus luminescens* against *Drosophila suzukii*. Insects 9(4): 148.

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(1): 1-18.

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

Shrader, M.E., H.J. Burrack et D.G. Pfeiffer. 2019. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) oviposition and adult emergence in six wine grape varieties grown in Virginia. J. Econ. Entomol. 112(1): 139-148.

Sial, A.A., C. R. Roubos, B.K. Gautam, P. D., Fanning, S. Van Timmeren, J. Spies, A. Petran, M.A. Rogers, O.E. Liburd, B.A. Little, S. Curry et R. Isaacs. 2019. Evaluation of organic insecticides for management of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii*) in berry crops. J. Appl. Entomol. 143(6): 593-608.

Silva-Soares, N., A. Nogueira-Alves, P. Beldade et C.K. Mirth. 2017. Adaptation to new nutritional environments: Larval performance, foraging decisions, and adult oviposition choices in *Drosophila suzukii*. BMC Ecology, 17(1):1-13.

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(1) :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.

Snellings, Y., B. Herrera, B. Wildemann, M. Beelen, L. Zwarts, T. Wenseleers et P. Callaerts. 2018. The role of cuticular hydrocarbons in mate recognition in *Drosophila suzukii*. Sci. Rep. 8(1): 1-11.

Spies, J.M. et O.E. Liburd. 2019. Comparison of attractants, insecticides, and mass trapping for managing *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberries. Florida Entomol. 102(2): 315-321.

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. Env. 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.

Stockton, D.G., S.P. Hesler, A.K. Wallingford, T.C. Leskey, L. McDermott, J.E. Elsensohn, D.I.M. Riggs, M. Pritts et G.M. Loeb. 2020. Factors affecting the implementation of exclusion netting to control *Drosophila suzukii* on primocane raspberry. Crop Prot. 135: 105191.

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 impacts of different varieties of cold hardy red raspberries on *Drosophila suzukii*. Adv. Entomol. 4(03): 183.

Swett, C.L., K.A. Hamby, E.M. Hellman, C. Carignan, T.B. Bourret et E.E. Koivunen. 2019. Characterizing members of the *Cladosporium cladosporioides* species complex as fruit rot pathogens of red raspberries in the mid-Atlantic and co-occurrence with *Drosophila suzukii* (spotted wing drosophila). Phytoparasitica. 47:415-428.

Swoboda-Bhattarai, K.A. et H.J. Burrack. 2020. Diurnal and seasonal activity patterns of drosophilid species (Diptera: Drosophilidae) present in blackberry agroecosystems with a focus on spotted-wing drosophila. Env. Entomol. 49(2): 277-287.

Tait, G., C. Kaiser, R. Stacconi, D.T. Dalton, G. Anfora et V.M. Walton. 2018. A food-grade gum as a management tool for *Drosophila suzukii*. Bulletin of Insectology 71(2): 295-307.

Tait, G., K. Park, R. Nieri, M.C. Crava, S. Mermer, E. Clappa, G. Boyer, D.T. Dalton, S. Carlin, L. Brewer, V.M. Walton, G. Anfora et M.V. Rossi-Stacconi. 2020. Reproductive site selection: evidence of an oviposition cue in a highly adaptive dipteran, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Env. Entomol. 49(2): 355-363.

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.

Takahashi, K.H. et M.T. Kimura. 2005. Intraspecific and interspecific larval interaction in Drosophila assessed by integrated fitness measure. Oikos 111(3): 574-581.

Tamada, T. 2009. Current trends of blueberry culture in Japan. Acta Horticulturae 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.

Tang, S.B., J.C. Lee, J.K. Jung et M.Y. Choi. 2017. Effect of erythritol formulation on the mortality, fecundity and physiological excretion in *Drosophila suzukii*. J. Insect Physiol. 101: 178-184.

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. 21 p.

Thistlewood, H.M.A., P. Gill, E.H. Beers, P.W. Shearer, D.B. Walsh, B.M. Rozema, S. Acheampong, S. Castagnoli, W.L. Yee, P. Smytheman et A.B. Whitener. 2018. Spatial Analysis of Seasonal Dynamics and Overwintering of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in the Okanagan-Columbia Basin, 2010 -2014. Environ. Entomol. 47(2): 221-232.

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., 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. Env. 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.

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.

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.

Tonina, L., N. Mori, F. Giomi et A. Battisti. 2016. Development of *Drosophila suzukii* at low temperatures in mountain areas. J. Pest Sci. 89(3): 667-678.

Tonina, L., A. Grassi, S. Caruso, N. Mori, A. Gottardello, G. Anfora, F. Giomi, G. Vaccari et C. Ioriatti. 2017. Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. J. Appl. Entomol. 142(1-2) : 18-25.

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.

Tran, A.K., W.D. Hutchison et M.K. Asplen. 2020. Morphometric criteria to differentiate *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) seasonal morphs. PloS One 15(2): e0228780.

Ulmer, R., A. Couty, P. Eslin, F. Gabola et O. Chabrerie. 2020. The firethorn (*Pyracantha coccinea*), a promising dead-end trap plant for the biological control of the spotted-wing Drosophila (*Drosophila suzukii*). Biol. Control 150: 104345.

Urbaneja-Bernat, P., D. Polk, F. Sanchez-Pedraza, B. Benrey, J. Salamanca et C. Rodriguez-Saona. 2020. Non-crop habitats serve as a potential source of spotted-wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) to adjacent cultivated highbush blueberries (Ericaceae). Can. Entomol. 152(4): 474-489.

Vacas, S., J. Primo, J.J. Manclús, Á. Montoya et V. Navarro-Llopis. 2019. Survey on *Drosophila suzukii* natural short-term dispersal capacities using the mark– release– recapture technique. Insects 10(9): 268.

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.

Vieira, J.G.A., A.P. Krüger, T. Scheuneumann, M.C, Morais, H.J. Speriogin, F.R.M. Garcia, D.E. Nava et D. Bernardi. 2019. Some Aspects of the Biology of *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae), a Resident Parasitoid Attacking *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Brazil. J. Econ. Entomol. 113(1): 81-87.

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.

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

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): 701-706.

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.

Wang, L, et D.J. Anderson. 2010 Identification of an aggression-promoting pheromone and its receptor neurons in Drosophila. Nature 463(7278): 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. Biol. Control 61(4): 387-397.

Wang, X.G., A.H. Nance, J.M. Jones, K.A. Hoelmer et K.M. Daane. 2018. Aspects of the biology and reproductive strategy of two Asian larval parasitoids evaluated for classical biological control of *Drosophila suzukii*. Biol. Control 121: 58-65.

Wang, X., G. Kaçar et K.M. Daane. 2019. Temporal dynamics of host use by *Drosophila suzukii* in California's San Joaquin Valley: implications for area-wide pest management. Insects 10(7): 206-2022.

Wang, X., G. Zhan, L. Ren, S. Sun, H. Dang, Y. Zhai, H. Yin, Z. Li et B. Liu. 2020. Cold Disinfestation for 'Red Globe'Grape (Rhamnales: Vitaceae) Infested with *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Insect Sci. 20(3): 11.

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, P. Gibert, A. Ginez, J. Lambion, C. Plantamp, A. Siberchicot et F. Warlop. 2016. *Drosophila suzukii* Connaissance du ravageur, moyens de protection. Bilan du projet CASDAR 2013-2016. 16p. 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, A. Grassi, B. Miller, S. Tochen, X. Wang et C. Ioriatti. 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, A. Gottardello, K.A. Hamby, R. Isaacs, A. Grassi, C. Ioriatti, J.C. Lee, B. Miller, M.V. Rossi Stacconi, P.W. Shearer, L. Tanigoshi, X. Wang et V.M. Walton. 2016. *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. J. Pest Sci. 89(3): 653‑65.

Winkler, A., J. Jung, B. Kleinhenz et P. Racca. 2020. A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. Agric. Forest Entomol. 22(3):179-192

Wolf, S., C. Zeisler, D. Sint, J. Romeis, M. Traugott et J. Collatz. 2018. A simple and cost-effective molecular method to track predation on *Drosophila suzukii* in the field. J. Pest Sci. 91(2): 927-935.

Wolf, S., H. Baur et J. Collatz. 2019. Life history of *Vrestovia fidenas*, a potential control agent of *Drosophila suzukii*. Biol. Control 64(3): 263-275.

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.

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

Wong, J.S., A.C. Cave, D.M. Lightle, W.F. Mahaffee, S.E. Naranjo, N.G. Wiman, J.M. Woltz et J. C. Lee. 2018a. *Drosophila suzukii* flight performance reduced by starvation but not affected by humidity. J. Pest Sci. 91(4): 1269-1278.

Wong, J. S., A.K. Wallingford, G.M. Loeb et J.C. Lee. 2018b. Physiological status of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) affects their response to attractive odours. J. Appl. Entomol. 142(5): 473-482.

Xue, Q. et C.S. Ma. 2020. Aged virgin adults respond to extreme heat events with phenotypic plasticity in an invasive species, *Drosophila suzukii*. J. Insect Physiol. 121: 104016.

Yeh, D.A., F.A. Drummond, M.I. Gómez et X. Fan. 2020. The economic impacts and management of Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): the case of wild blueberries in Maine. J. Econ. Entomol. 113(3): 1262-1269.

Young, Y. et T.A. Long. 2020. Nutritional developmental history and its consequences for reproductive success in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Can. Entomol. 152(4): 490-515.

Young, Y.N. Buckiewicz et T.A. Long. 2018. Nutritional geometry and fitness consequences in *Drosophila suzukii*, the Spotted-Wing Drosophila. Ecol. Evol. 8(5): 2842-2851.

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(1): 41-48.

Zerulla, F.N., C. Augel et C.P. Zebitz. 2017. Oviposition activity of *Drosophila suzukii* as mediated by ambient and fruit temperature. PLoS One 12(11): e0187682.