

AGROCAMPUS
OUEST

☒ CFR Angers

☐ CFR Rennes



Année universitaire : 2014 - 2015

Spécialité :

Horticulture

Spécialisation (et option éventuelle) :

Gestion Durable du Végétal en horticulture
et aménagements paysagers

Mémoire de Fin d'Études

☒ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques,
agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques,
agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Amélioration des connaissances sur le ravageur *Drosophila suzukii* afin d'affiner les méthodes de lutte en verger de cerisiers

Par : Cyrielle MASSON



Soutenu à AGROCAMPUS OUEST centre d'Angers le 08 septembre 2015

Devant le jury composé de :

Président : Josiane Le Corff

Maître de stage : Claire Weydert

Enseignant référent : Yann Tricault

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

Bruno Jaloux, MCF AGROCAMPUS OUEST
entomologie

Jérôme Jullien, Expert référent national en
Surveillance biologique du territoire Ministère de
l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt -
DGAL/SDQPV)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité :

☒ Non ☐ Oui si oui : ☐ 1 an ☐ 5 ans ☐ 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible⁽¹⁾.

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).

Date et signature du maître de stage⁽²⁾ :

Droits d'auteur :

L'auteur⁽³⁾ autorise la diffusion de son travail

☒ Oui ☐ Non

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☒ la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

☐ Oui ☐ Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☐ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire et au bon déroulement de ce stage de fin d'études.

Je tiens tout d'abord à remercier Sophie Charmont, chef de centre du Ctifl centre de Balandran, pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein de cet organisme.

Je souhaite sincèrement remercier ma maître de stage Claire Weydert, responsable du programme « Production raisonnée des fruits à noyau », et Jean-François Mandrin, technicien du pôle Santé des plantes et biocontrôle, pour leur disponibilité, leur pédagogie, leur bonne humeur, la transmission de nombreuses connaissances et pour leur précieuse aide tout au long de ce stage et de la rédaction de ce mémoire.

Je tiens de même à remercier Yann Tricault, mon enseignant référent, pour sa disponibilité et ses conseils.

Un grand merci également à toutes les personnes travaillant au Ctifl centre de Balandran, pour leur sympathie et leur accueil.

J'adresse aussi mes remerciements à Hélène Deguelle, Marion Decker, Apolline Girault, Christophe Plantamp et particulièrement Estelle Talouarn pour leurs conseils et leur aide concernant mes analyses statistiques.

Je souhaite enfin remercier Laura Gehant, Marion Decker, Apolline Girault, Estelle Talouarn, Hélène Deguelle, Marion Cellier, Zainab Belgaidi, Tiphaine Sargentini, Honorine Cazanove, Romain Fichaux, Clément Robinet, Kadafi Habasse, Adrien Marty et Yohan Trouspance, pour leur aide, leur soutien et avoir rendu ce stage aussi enrichissant au niveau professionnel que personnel.

Je n'oublie pas ma famille qui m'a toujours soutenue dans mes projets.

TABLE DES MATIERES

GLOSSAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION	1
I SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
A LA CULTURE DU CERISIER	3
1 Etat des lieux de la production	3
2 Croissance et fructification du cerisier	4
3 La conduite du verger.....	4
4 Période de sensibilité de la cerise a <i>Drosophila suzukii</i>	5
5 Impacts économiques	5
B AIRE D'ORIGINE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE <i>DROSOPHILA SUZUKII</i>	6
C RECONNAISSANCE ET BIOLOGIE DE L'INSECTE	8
1 Les stades de développement.....	8
<i>i Les adultes</i>	8
<i>ii Les œufs</i>	9
<i>iii Les larves</i>	9
<i>iv Les pupes</i>	10
<i>v Confusions possibles</i>	10
2 Biologie de l'insecte.....	11
<i>i Cycle de vie</i>	11
<i>ii Influence des facteurs climatiques sur le développement</i>	11
<i>iii Plantes hôtes</i>	12
D SYMPTOMES ET DEGATS SUR CERISE	13
E METHODES DE SUIVI ET DE LUTTE ACTUELLES	13
1 Suivi des populations	13
2 Mesures prophylactiques.....	15
3 Piégeage massif.....	15
4 Traitement au froid après récolte	15
5 Lutte biologique.....	16
6 Lutte chimique.....	16
II MATERIEL ET METHODES	18

A	SUIVI DES POPULATIONS DE <i>DROSOPHILA SUZUKII</i>	18
1	Facteurs et modalités étudiés	18
2	Dispositif expérimental	18
3	Observations et mesures	19
4	Traitement des données	20
B	SENSIBILITE DE LA CERISE A <i>DROSOPHILA SUZUKII</i> EN FONCTION DU STADE DE MATURITE DES FRUITS	21
1	Facteurs et modalités étudiés	21
2	Dispositif expérimental	21
3	Observations et mesures	23
4	Traitement statistique des données	24
III	RESULTATS	25
A	SUIVI DES POPULATIONS DE <i>DROSOPHILA SUZUKII</i>	25
1	Analyse des courbes de captures	25
2	Corrélations entre les facteurs climatiques et les captures de <i>Drosophila suzukii</i>	26
3	Analyse du sex-ratio de <i>Drosophila suzukii</i>	27
4	Corrélation entre les taux de dégâts et les captures de <i>Drosophila suzukii</i>	27
B	SENSIBILITE DE LA CERISE A <i>DROSOPHILA SUZUKII</i> EN FONCTION DES DIFFERENTS STADES DE MATURITE DES FRUITS	28
1	Essai en conditions d'infestation contrôlée au laboratoire	28
2	Essai en conditions d'infestation naturelle au verger	30
IV	DISCUSSION	31
A	SUIVI DES POPULATIONS DE <i>DROSOPHILA SUZUKII</i>	31
1	Discussion des résultats	31
2	Pistes d'amélioration et perspectives	32
B	SENSIBILITE DES STADES DE MATURITE DE LA CERISE A <i>DROSOPHILA SUZUKII</i>	33
1	Discussion des résultats obtenus au laboratoire	33
2	Discussion des résultats obtenus au verger	34
3	Pistes d'amélioration et perspectives	34
C	IMPLICATIONS DES RESULTATS SUR LES METHODES DE LUTTE	35
	CONCLUSION	37
	BIBLIOGRAPHIE	38
	SITOGRAFIE	40

GLOSSAIRE

CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale « Développement Agricole et Rural », créé par la loi de finances pour 2006. Le CASDAR est alimenté par la taxe sur les exploitations agricoles. Il représente un levier important pour faire évoluer les pratiques des agriculteurs en vue de répondre aux enjeux liés à l'innovation et à la transition agro-écologique de l'agriculture française (source : <http://agriculture.gouv.fr/developpement-agricole-et-rural-casdar>).

Croissance monopodiale : Dans la ramification *monopodiale* (Emberger, 1960) ou *monopodique* (Sachs, 1874), les rameaux latéraux se développent sans qu'il y ait arrêt définitif du fonctionnement du méristème de la tige principale : l'ensemble ramifié qui en découle est qualifié de *monopode* (<http://amap.cirad.fr/architecture/glossaire.html>).

Maturité commerciale : La maturité commerciale est la maturité requise par le marché. Elle correspond théoriquement à la maturité gustative qui est le point optimum atteint par les différents tissus du fruit, stade où il doit être consommé. Cette maturité peut coïncider ou non avec la maturité physiologique. Cette dernière correspond à un fruit mûr ayant terminé sa croissance, mais qui n'a pas atteint obligatoirement ses qualités organoleptiques finales. (Bretau, J. & Fauré, Y. (1992). Le fruit. In : *Atlas d'arboriculture fruitière* Volume 1. Lavoisier Tech & Doc, Paris, 220-289 ; <http://www.fao.org/3/a-y4893f.pdf>).

Organisme de quarantaine : Organisme nuisible qui a une importance potentielle pour l'économie de la zone menacée et qui n'est pas encore présent dans cette zone, ou bien qui y est présent, mais à distribution restreinte, et faisant l'objet d'une lutte officielle (source : <http://www.fao.org/docrep/w3587e/w3587e02.htm>).

Pollinisation entomophile : Pollinisation réalisée par les insectes.
(https://www.supagro.fr/pollen/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=185)

Véraison : La véraison correspond à une caractérisation du fruit à l'apparition des premières teintes. A partir de ce moment, l'accroissement du fruit en volume est achevé. D'autres phénomènes modifiant le contenu cellulaire commencent, signe de la maturation (Bretau, J. & Fauré, Y. (1992). Le fruit. In : *Atlas d'arboriculture fruitière* Volume 1. Lavoisier Tech & Doc, Paris, 220-289)

LISTE DES ABREVIATIONS

AMM : Autorisation de Mise en Marché

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale « Développement Agricole et Rural »

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

Ctifl : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes

DAR : Délai avant Récolte

FREDON : Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

OEPP : Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes

PACA : Provence-Alpes-Côte-d'Azur

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Présentation du Ctifl (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes)

Annexe II : Principaux modes de conduite du cerisier

Annexe III : Matériel de mesure

Annexe IV : Localisation géographique des essais

Annexe V : projet CASDAR « innovation et partenariat » : « *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes pour sa maîtrise rapide et durable »

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Production de cerises en 2013 pour les 16 premiers pays producteurs (source : http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/F).....	3
Figure 2 : (a) Production et commerce extérieur de cerise en France et (b) Répartition par région de la production nationale française de cerise en 2013 (source : Bernadette & Bouchard-Aerts, 2014)	4
Figure 3: Répartition géographique mondiale de <i>Drosophila suzukii</i> au 9 février 2015. (source : EPPO Global Database).....	7
Figure 4:Aire de répartition européenne de <i>Drosophila suzukii</i> (source : Cini et al., 2012 ; EPPO Global Database).....	7
Figure 5: Réseau de piégeage national de <i>Drosophila suzukii</i> mis en place par la DGAL/SDQPV en 2010 (source : DRAAF Rhône-Alpes).....	8
Figure 6: (a) Mâle <i>Drosophila suzukii</i> (source : G. Arakelian, Los Angeles County Department of Agricultural Commissioner/Weights and Measures, issu de l'article Dreves et al., 2009),	9
Figure 7: (a) Œuf de <i>Drosophila suzukii</i> pondue dans une cerise (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 11/05/2015), et (b) œufs de <i>Drosophila suzukii</i> déposés sur une cerise (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 20/05/2015)	9
Figure 8 : (a) Larve de <i>Drosophila suzukii</i> dans une cerise (source : Cyrielle MASSON, Ctifl centre de Balandran, 15/06/2015), et (b) larve de <i>Drosophila suzukii</i> dans un tube d'élevage (source : Cyrielle MASSON, Ctifl centre de Balandran, 23/04/2015).....	10
Figure 9 : Pupa de <i>Drosophila suzukii</i> (source : Cyrielle MASSON, Ctifl centre de Balandran, 17/08/2015)	10
Figure 10: Cycle biologique de <i>Drosophila suzukii</i> à 20°C (source : Weydert et al., 2013) ...	11
Figure 11: (a) et (b) Chair oxydée de cerise lors de la présence de larves de <i>Drosophila suzukii</i> (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 02/06/2015).....	13
Figure 12 : Captures mensuelles de <i>Drosophila suzukii</i> dans des parcelles de cerisiers et un bois de chênes verts bordant ces vergers sur la commune de Bellegarde (30) (source : Weydert et al., 2015)	14
Figure 13 : Bouteille de Badoit rouge positionnée pour le suivi de population avec l'attractif vinaigre-vin-eau (source : Cyrielle MASSON, Bellegarde, 11/05/2015)	19
Figure 14 : Essai en conditions d'infestation contrôlée sur (a) la variété Folfer au stade vert (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 06/05/2015) et (b) sur la variété V 3968 au stade couleur 5 (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 15/06/2015)	22
Figure 15 : (a) Courbes de captures mensuelles de janvier 2013 à juillet 2015 des pièges situés dans la parcelle 1 de producteur et son environnement proche. Les pièges 1 à 3 sont dans la parcelle et les pièges 0, 4 et 5 sont situés dans l'environnement proche,.....	25
Figure 16 : Carte de l'Analyse en composantes principales avec les captures réalisées dans l'environnement et les facteurs climatiques.	26
Figure 17 : Ratio mâles-femelles <i>Drosophila suzukii</i> durant l'année 2013 pour la parcelle 1 de producteur	27

Figure 18 : Corrélogramme illustrant la dépendance entre les taux de dégâts des trois parcelles suivies, les différents cumuls de captures testés, les parcelles et les trois années suivies. Les corrélations positives sont affichées en bleu et les corrélations négatives en rouge. L'intensité de la couleur et la taille des cercles sont proportionnelles aux coefficients de corrélation. La légende indique la valeur des coefficients de corrélation et les couleurs correspondantes.....	28
Figure 19 : Taux standard de fruits avec pontes et taux standard de fruits avec larves toutes variétés confondues en fonction des stades de maturité de la cerise. Les lettres indiquent une différence significative. Les barres d'erreur correspondent aux écart-types.	29
Figure 20 : Taux de succès moyen de développement de l'œuf à la larve pour chaque de stade de maturité observé de la variété V 3968. Les lettres indiquent une différence significative. Les barres d'erreur correspondent aux écart-types.	29
Figure 21 : Taux de fruits avec trous de pontes et taux de fruits avec larves en fonction des stades de maturité du fruit pour la variété (a) Coralise et la variété (b) Balrine	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Ennemis potentiels du verger de cerisiers en fonction de la saison et des stades phénologiques (source : http://www.grceta.fr/GRCETApdfs/Cerisier_Bio-Phyto.pdf)	5
Tableau 2 : Dates de récolte des trois variétés utilisées pour l'essai en conditions d'infestation contrôlées.....	22
Tableau 3 : Dates de récolte des variétés utilisées pour l'essai en conditions d'infestation naturelle	23
Tableau 4 : Régressions linéaires du taux standard de fruits avec pontes et du taux standard de fruits avec larves en fonction de la fermeté et du taux de sucre des fruits	30

AVANT-PROPOS

Ce mémoire de stage a été réalisé pour la validation du diplôme d'ingénieur d'Agrocampus Ouest centre d'Angers en spécialisation Gestion Durable du Végétal en horticulture et aménagements paysagers.

Mon stage de fin d'études a été effectué au centre Ctifl de Balandran à Bellegarde (Gard), au sein de l'équipe Fruits du pôle « Santé des plantes et biocontrôle ». Cette expérience m'a permis de développer mes compétences en protection des plantes, ayant pu travailler sur d'autres problématiques phytosanitaires en parallèle de mon sujet de mémoire. Les phases de terrain et de laboratoire m'ont de même apporté des compétences techniques en arboriculture et entomologie (maintien d'élevage, identification, suivi de pièges, etc). Enfin, le travail d'équipe, l'analyse des essais et la valorisation des résultats auprès des professionnels m'auront également permis de bien appréhender le fonctionnement des stations d'expérimentation.

INTRODUCTION

Une espèce est dite invasive lorsqu'elle acquiert un avantage compétitif suite à la disparition d'obstacles naturels à sa prolifération. Cela lui permet de se disperser rapidement et de conquérir de nouvelles zones où elle devient alors démographiquement dominante (Valéry et al., 2008). Les espèces invasives, parmi d'autres conséquences, peuvent entraîner d'importants coûts en agriculture. C'est le cas de *Drosophila suzukii*, un diptère originaire d'Asie, détecté pour la première fois en Europe sur le territoire espagnol en 2008 et qui est aujourd'hui présent dans la plupart des pays européens (Calabria et al., 2010). Son aptitude à pondre dans des fruits sains, sa polyphagie, sa capacité de reproduction rapide et sa mobilité en font un ravageur au fort potentiel de nuisibilité (Weydert et al., 2014). Ce phénomène est probablement renforcé par le manque d'ennemis naturels dans les nouvelles zones envahies conformément à la théorie « enemy release hypothesis » (Gabarra et al., 2014).

Au Japon, dans son aire d'origine, *Drosophila suzukii* est un ravageur important des petits fruits et des fruits à noyau (Walsh et al., 2011). L'insecte y est géré comme n'importe quel autre ravageur indigène. Les cultures sont généralement protégées sous des filets insect-proof, sous serres ou traitées avec des produits phytosanitaires. Les productions sont à haute valeur ajoutée et souvent à petite échelle (N. Ris, communication personnelle). Détectée pour la première fois aux Etats-Unis en 2008, *Drosophila suzukii* fait l'objet de nombreuses recherches nord-américaines pour améliorer sa gestion, qui est à l'heure actuelle principalement chimique (Calabria et al., 2010; Walsh et al., 2011; Warner, 2013).

Sa détection officielle en France en 2010 et son ajout la même année à la liste d'alerte de l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP), entraîne la mise en place d'un plan de national de surveillance par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire (DGAL/SDQPV). Sa présence est alors établie dans toutes les régions du sud de la France. En 2011, un réseau de suivis est mis en œuvre par différents acteurs de la filière (FREDON, Chambres d'Agriculture, stations régionales d'expérimentation, organisations de producteurs,...) pour faire suite au plan de surveillance national qui n'est pas reconduit (Weydert et al., 2012).

L'importance économique des dégâts dus à *Drosophila suzukii* a conduit le Ctifl (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes) à déposer en 2012 en tant que chef de file un projet **CASDAR**¹ « innovation et partenariat » : « *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes pour sa maîtrise rapide et durable » pour répondre aux problématiques des producteurs (Annexe V). Le Ctifl a en effet pour mission principale, entre autres, de mettre en place et de coordonner des expérimentations afin de favoriser et de soutenir l'innovation technique dans les entreprises de production de la filière (Annexe I). Ce projet, commencé en 2013, finit en 2015 et possède un budget global de 986 975 €. L'objectif est d'avoir une meilleure connaissance du risque associé à *Drosophila suzukii*, d'apporter des moyens optimisés de protection contre l'insecte

¹ Les mots en gras sont ceux figurant dans le glossaire et qui apparaissent pour la première fois dans le texte.

et d'initier des méthodes de contrôle innovantes comme la lutte biologique (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012).

Parmi les nombreuses espèces cultivées attaquées par *Drosophila suzukii*, les principales sont la fraise, la framboise, la mûre, la myrtille et également la cerise. L'impact économique des dégâts pour la culture de cette dernière peut être important (Bolda et al., 2010). Sans solution de lutte contre ce ravageur, certains vergers de cerisiers ne peuvent même pas être récoltés (Weydert et al., 2012). C'est pourquoi cette culture fait partie des espèces étudiées dans le projet CASDAR. Les spécificités du ravageur et du couple espèce-ravageur sont étudiées afin d'aboutir à des moyens de protection efficaces et durables.

Afin d'apporter des solutions et des préconisations aux producteurs à la fin de ces trois ans de projet, j'ai pu travailler sur l'amélioration des méthodes de lutte contre le ravageur et l'amélioration des connaissances sur sa biologie. Ces connaissances sont nécessaires pour affiner les préconisations et avoir une bonne mise en œuvre pratique des moyens de lutte en verger de cerisiers. C'est donc dans ce contexte que s'inscrit ce mémoire de fin d'études, qui se focalise sur la compréhension de la biologie du ravageur et sur son implication dans l'amélioration des moyens de lutte. Une synthèse bibliographique permettra premièrement d'identifier les éléments qui font encore défaut. En effet, la sensibilité des stades de maturité des cerises au ravageur n'a notamment pas été étudiée au verger (Lee et al., 2011). Des essais sont donc mis en place cette année au laboratoire et au verger sur cette thématique. Une éventuelle corrélation entre les taux de dégâts et les niveaux de captures de l'insecte, ainsi que la caractérisation des mouvements de population sont de même à approfondir (Weydert et al., 2014). Cette année de suivi du ravageur s'ajoute aux deux années précédentes du projet et permet d'affiner la caractérisation des mouvements de population de *Drosophila suzukii* dans le verger de cerisiers et son environnement proche. La corrélation entre les niveaux de captures et les taux de dégâts est également étudiée. Les dispositifs expérimentaux mis en place pour répondre à ces problématiques seront ensuite détaillés. Le traitement des résultats et leur analyse en discussion permettront enfin d'aboutir à des éléments de préconisation sur les méthodes de lutte, leur positionnement, et de conclure sur les intérêts de l'étude et les compléments à apporter.

I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

A LA CULTURE DU CERISIER

1 ETAT DES LIEUX DE LA PRODUCTION

La cerise, l'un des premiers fruits frais de la saison estivale, est issue du genre *Prunus* de la famille des Rosacées. Elle est produite dans le monde sous deux espèces principalement. La première, *Prunus avium* L. ou cerise douce, de type bigarreau ou guigne, est destinée à la consommation en frais ou à la transformation. La deuxième, *Prunus cerasus* L. ou cerise acide, de type griotte ou amarelle, n'est quant à elle destinée qu'à la transformation (Edin et al., 1997).

La production mondiale de cerises représentait en 2013 presque 2.3 millions de tonnes. La première région productrice était l'Asie avec 43.4% de la production. L'Europe occupait quant à elle la deuxième place avec 36.7% de la production. La Turquie, premier producteur mondial, en assurait environ 20%. Concernant la situation de la France, elle se situait en 2013 au quinzième rang mondial et au neuvième rang européen avec presque 40 000 tonnes de cerises produites (Figure1) [1].

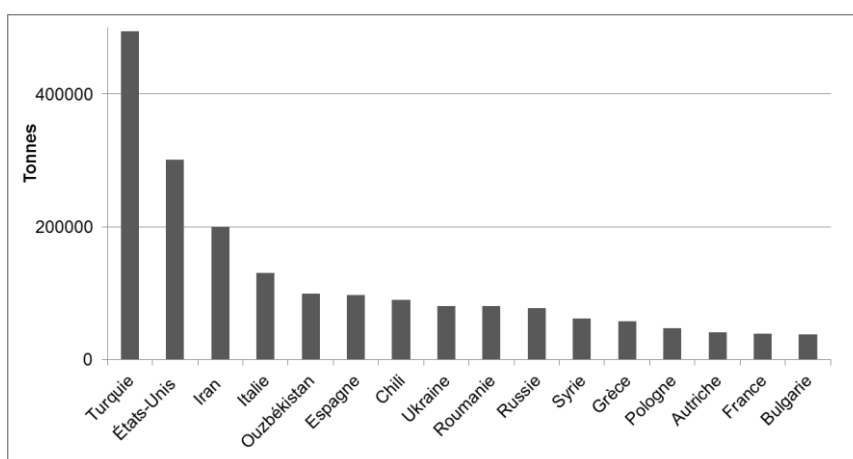


Figure 1 : Production de cerises en 2013 pour les 16 premiers pays producteurs (source : http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/F)

La surface française des vergers de cerisiers représentait 6% des vergers nationaux avec 9500 ha en 2013. Elle est stable depuis 2010, mais entre 2000 et 2010, la surface des vergers de cerisiers s'est réduite de 20%, passant de 12 100 à 9600 ha (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2014a). La production nationale est quant à elle variable d'une année sur l'autre, mais reste depuis 2007 entre 30 000 et 50 000 tonnes. Les importations depuis 2007 sont toujours plus importantes que les exportations. Ces dernières représentent en 2013 un peu plus de 12% de la production française (Figure 2(a)) (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2014b). La région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, avec 44% de la production, était la première région productrice nationale. Le Languedoc-Roussillon était troisième derrière la région Rhône-Alpes avec 13% de la production nationale en 2013 (Figure 2(b)) (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2014b). La surface des vergers de cerisiers en agriculture biologique, en 2013, représentait 403 ha pour 570 exploitations (surface en agriculture biologique et en conversion), soit 4,2% de la surface totale [2].

De manière générale, la cerise est produite dans des exploitations diversifiées, qui étaient au nombre de 7580 en 2010, avec seulement 1,4 ha par exploitation (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013). Une spécialisation de certaines exploitations en cerise peut s'observer depuis quelques années car les hauts coûts de production demandent une bonne performance technique, de l'investissement et un renouvellement du verger (G. Charlot, communication personnelle).

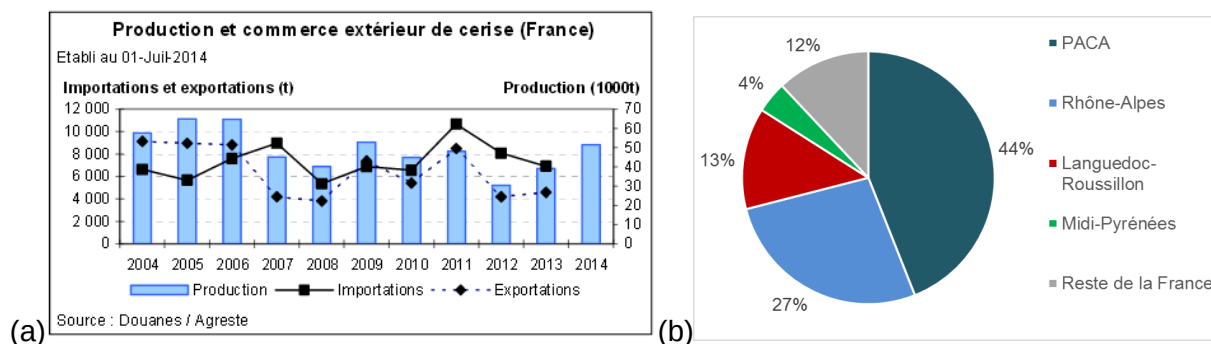


Figure 2 : (a) Production et commerce extérieur de cerise en France et (b) Répartition par région de la production nationale française de cerise en 2013 (source : Bernadette & Bouchard-Aerts, 2014)

2 CROISSANCE ET FRUCTIFICATION DU CERISIER

On ne s'intéresse ici qu'au *Prunus avium* qui sera l'espèce étudiée lors des essais. Le cerisier doux présente une **croissance monopodiale**, avec une alternance de phases de croissance et de phases de repos. La plupart des variétés sont auto-incompatibles et la pollinisation doit donc se faire avec le pollen d'une variété différente. De plus, la pollinisation du cerisier doux est **entomophile**. Les insectes, et principalement les abeilles, sont indispensables à la fécondation. Les variétés actuellement produites sont généralement greffées sur des porte-greffe réduisant leur développement et accélérant leur entrée en production (Edin et al., 1997).

Dans la région de Nîmes, la période de maturité des cerisiers s'étend du 7 mai au 30 juin environ, de la variété la plus précoce Earlise® Rivedel* à la plus tardive Staccato® 13S2009*. Il existe cinq périodes de maturité avec chacune une variété de référence :

- les variétés précoces, référence Burlat ;
- les variétés semi-précoces, référence Folfer* ;
- les variétés de saison, référence Summit ;
- les variétés semi-tardives, référence Belge ;
- les variétés tardives, référence Sweatheart® Sumtare* [3].

La maturité pour un fruit correspond à sa couleur, son taux de sucre et son calibre optimal. Il existe des préconisations techniques sur la couleur optimale de récolte des principales variétés commerciales qui s'appuient sur le code couleur Ctifl (Charlot & Pinczon du Sel, 2015).

3 LA CONDUITE DU VERGER

Un certain nombre d'interventions sont réalisées dans un verger de cerisiers. La taille, tout d'abord, est une taille de formation et d'entrée en production les premières années. Elle permet d'obtenir la forme de port souhaitée et d'augmenter les ramifications. En période de pleine production (dès la 3^{ème} ou 4^{ème} année jusqu'à la 10^{ème} année en fonction du type de porte-greffe), la taille est privilégiée en hiver et permet principalement l'équilibre entre la production et la végétation et la régulation de la charge en fruits (Edin et al., 1997). Le

gobelet est la forme de port d'arbre la plus représentée en comprenant 95% du verger français. De nouveaux modes de conduites sont mis en place depuis quelques années comme le bi-axe, l'axe et la palmette (Annexe II). Ces derniers permettent, tout d'abord, de faciliter la récolte qui représente plus de 70% du coût de production (1200h/ha pour la cueillette et un minimum de 150h/ha pour le conditionnement). De plus, ils se prêtent mieux à la pose de bâches anti-pluie et de filets (G. Charlot, communication personnelle).

En début de floraison, il est nécessaire de mettre en place les ruches (4 à 6/ha) qui resteront jusqu'à la fin de floraison. L'irrigation et la fertilisation sont également deux éléments à suivre pour une bonne conduite du verger (Edin et al., 1997).

La principale source de perte de qualité et de récolte en production de cerise douce est l'éclatement des fruits dû à la pluie (Edin et al., 1997). Les problèmes phytosanitaires sont ensuite une autre cause majeure de perte de récolte. Un certain nombre d'interventions phytosanitaires sont donc également effectuées pour répondre à ces problématiques. Par ordre d'importance on retrouve premièrement la mouche de la cerise et *Drosophila suzukii*, puis le *Monilia* et enfin le puceron noir (Tableau 1). Ces trois principaux bioagresseurs peuvent être retrouvés dans tous les vergers. D'autres problématiques phytosanitaires peuvent être rencontrées en fonction du contexte pédoclimatique, de la variété et du porte-greffe (Chambre d'Agriculture Provence-Alpes-Côte-d'Azur & Station d'expérimentation La Pugère, 2013 ; G. Charlot, communication personnelle). L'IFT moyen pour le cerisier était en 2010 de 10 à 13, un nombre modéré comparé autres cultures fruitières comme le pommier (IFT de 36) ou le poirier et le pêcher (IFT de 20 à 25) (Butault et al., 2010).

Tableau 1 : Ennemis potentiels du verger de cerisiers en fonction de la saison et des stades phénologiques (source : http://www.grceta.fr/GRCETApdfs/Cerisier_Bio-Phyto.pdf)

Epoque et stade	Bourgeon gonflé  B	Boutons visibles  c	Etamines visibles  E	Chute des pétales  G	Mi-mai	mi-mai à juillet
Ennemis potentiels	<i>Monilia</i>	Puceron noir	<i>Monilia</i> fleur	Puceron noir	Mouche de la cerise <i>Drosophila suzukii</i>	<i>Monilia</i> sur fruits

4 PERIODE DE SENSIBILITE DE LA CERISE A *DROSOPHILA SUZUKII*

Les cerises sont les plus sensibles aux attaques de *Drosophila suzukii* lorsqu'elles atteignent leur **maturité commerciale**. Les fruits sont susceptibles d'être attaqués dès que leur changement de coloration s'effectue. Il semblerait que peu ou pas d'œufs soient pondus sur les fruits verts et qu'il n'y ait pas de développement de larves. Lorsque les cerises se colorent, que leur fermeté diminue et que leur taux de sucre augmente, le risque d'infestation augmenterait alors (Lee et al., 2011). De plus, il n'a pas été possible à ce jour de montrer une différence de sensibilité entre les variétés de cerise douce (Weydert et al., 2015).

5 IMPACTS ECONOMIQUES

Une étude de l'impact économique potentiel de *Drosophila suzukii*, réalisée en 2010, montre que ce ravageur invasif peut entraîner de fortes pertes de revenus en production de cerises aux Etats-Unis. Pour une perte moyenne des récoltes de 20%, les pertes économiques

potentielles pour les trois régions les plus productrices (Californie, Oregon et Washington) s'élèveraient à 105,9 millions de dollars. Cette estimation peut varier en fonction de plusieurs facteurs comme les méthodes de lutte mises en place, le cours du marché, etc. mais montre que *Drosophila suzukii* peut engendrer des pertes économiques non négligeables (Bolda et al., 2010).

En France, les niveaux de dégâts dus à *Drosophila suzukii* en 2011 pouvaient atteindre 80% de la récolte. Certains vergers n'avaient même pas été récoltés à cause de dégâts trop importants (Weydert et al., 2012). En effet, le tri, manuel, se fait lors de la récolte et pendant le conditionnement des fruits et il est très difficile, voire impossible, de déceler les dégâts de larves récents à l'œil nu. Les calibreuses actuelles ne trient pas encore les fruits véreux. La tolérance des dégâts au niveau de la commercialisation étant faible à nulle, le coût de main d'œuvre élevé ajouté à de possibles retours de lots (négatifs pour les rapports commerciaux) entraînent les producteurs à abandonner les récoltes au-delà d'un certain taux de dégâts (Weydert, communication personnelle). Les pertes dues à *Drosophila suzukii* s'élevaient encore dans le Vaucluse pour les producteurs de la coopérative des Monts de Venasque à 11 millions d'euros en 2014 (Brunner, 2015). Ce ravageur représente donc un fort enjeu économique.

B AIRE D'ORIGINE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE *DROSOPHILA SUZUKII*

Drosophila suzukii (Matsumura) est un Diptère de la famille des Drosophilidae observé pour la première fois au Japon en 1916 et décrit en 1930-31 ((Kanzawa, 1936), cité par Walsh et al., 2011 ; (Baker et al., 2010). Cette drosophile, originaire d'Asie, a ensuite été recensée en Chine, Birmanie, Inde, Thaïlande, Pakistan, Corée, et Est de la Russie (Calabria et al., 2010; Cini et al., 2012). Ces dernières décennies, elle s'est établie dans de nouvelles zones comme Hawaï depuis 1980 et le Costa Rica depuis 1997 (Calabria et al., 2010; Walsh et al., 2011). Elle est détectée pour la première fois aux Etats-Unis (Californie), au Canada et au Mexique en 2008 (Bolda et al., 2010; Calabria et al., 2010; Walsh et al., 2011; Cini et al., 2012). Les premiers rapports de sa présence en Europe se font de même en 2008 en Espagne (Catalogne). L'année suivante, elle est observée en Italie (Trente), ainsi qu'en France au Nord des Pyrénées, à Montpellier et dans les Alpes maritimes (Calabria et al., 2010). *Drosophila suzukii*, considérée aujourd'hui comme invasive, a vu son aire mondiale de répartition exploser depuis 2008 (Figure 3). En 2010, elle est ajoutée à la liste d'alerte de l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP) (Mandrin et al., 2010) puis est inscrite en 2011 sur la liste A2, c'est-à-dire en tant qu'**organisme de quarantaine** présent dans la région de l'OEPP. Elle n'est cependant pas listée dans la directive 2000-2029/CE du 8 mai 2000 (Weydert et al., 2014), qui concerne les mesures de protection contre l'introduction dans la Communauté européenne d'organismes nuisibles aux végétaux ou aux produits végétaux, et contre leur propagation à l'intérieur de la Communauté (Conseil de l'Union européenne, 2000). Elle n'entre donc pas dans un programme d'éradication, étant déjà bien installée au sein de la Communauté européenne (Weydert & Bourgouin, 2012). Elle est aujourd'hui observée dans une grande partie des pays européens et sa présence est officiellement déclarée dans onze pays de cette zone par l'OEPP (Figure 4).

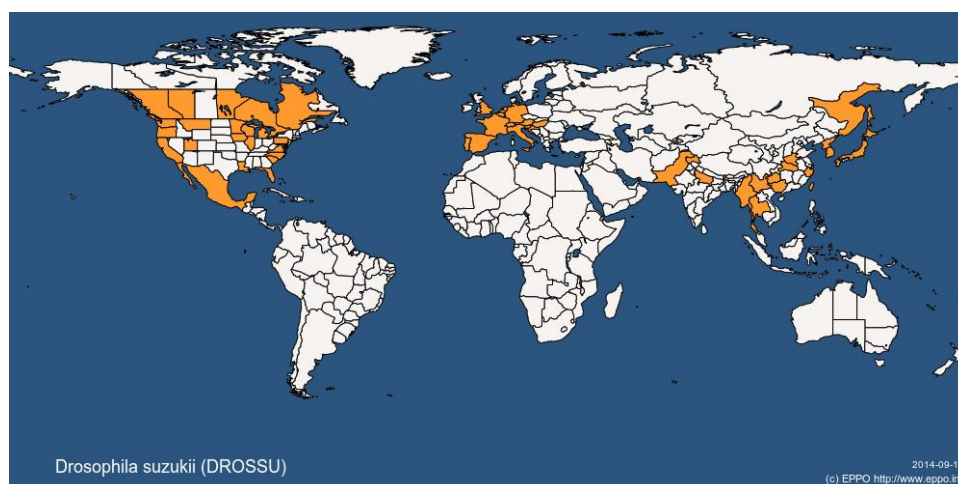


Figure 3: Répartition géographique mondiale de *Drosophila suzukii* au 9 février 2015. (source : EPPO Global Database)

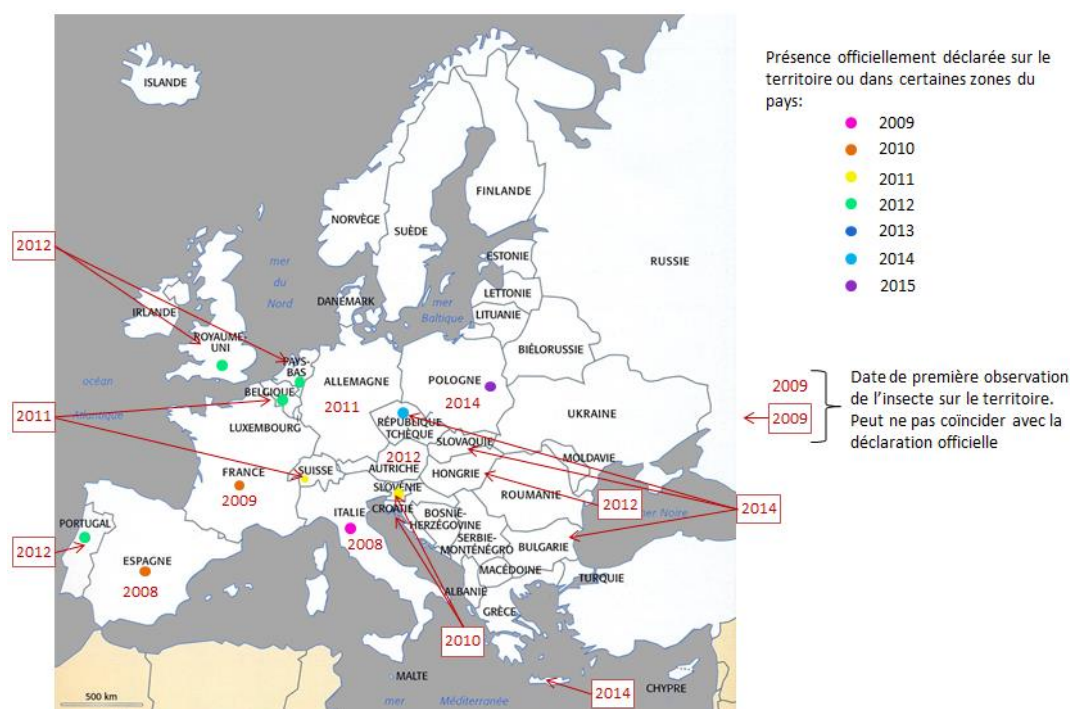


Figure 4: Aire de répartition européenne de *Drosophila suzukii* (source : Cini et al., 2012 ; EPPO Global Database)

Suite à l'identification officielle en Corse de *Drosophila suzukii* le 14 juin 2010 par le Laboratoire de la santé des végétaux de Montpellier (ANSES), le plan national de surveillance permet d'avérer la présence de *Drosophila suzukii* dans les régions du sud de la France : Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes, Aquitaine et Midi-Pyrénées (Figure 5). En 2011, suite à l'arrêt de ce plan de surveillance, le réseau de suivis est alors mis en œuvre par les différents acteurs de la filière (Weydert et al., 2012). Au niveau national, *Drosophila suzukii* est listé en annexe B de l'arrêté du 31 juillet 2000 au titre des organismes nuisibles de la liste A2 de l'OEPP. Depuis 2014, *Drosophila suzukii* est présente sur tout le territoire français et dans les pays limitrophes (Weydert et al., 2014).

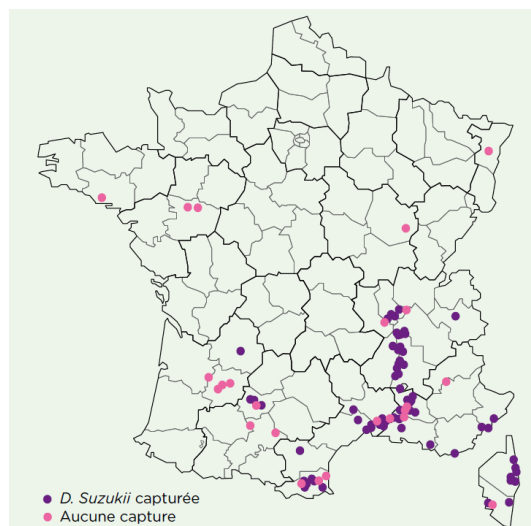


Figure 5: Réseau de piégeage national de *Drosophila suzukii* mis en place par la DGAL/SDQPV en 2010
(source : DRAAF Rhône-Alpes)

C RECONNAISSANCE ET BIOLOGIE DE L'INSECTE

Drosophila suzukii appartient à la famille des Drosophilidae et au sous-genre *Sophophora*, qui est partagé en plusieurs groupes d'espèces. Ce Diptère fait partie du groupe d'espèces *melanogaster* et du sous-groupe *suzukii*. Ce dernier est composé d'une douzaine d'espèces principalement orientales (Hauser, 2011).

Cet insecte est aussi connu sous le nom de drosophile à ailes tachetées, drosophile du cerisier ou encore Spotted Wing Drosophila en anglais (SWD) (Weydert et al., 2014).

1 LES STADES DE DEVELOPPEMENT

i LES ADULTES

Les adultes sont petits, de 2,6 à 3,2 mm de longueur, présentent des yeux rouges, un thorax et un abdomen jaune-brun et des bandes noires sur ce dernier. La femelle est généralement plus grande que le mâle (Kanzawa, 1939, cité par Walsh et al., 2011 ; Weydert et al., 2014).

De plus, *Drosophila suzukii* présente un dimorphisme sexuel (Cini et al., 2012). Les mâles ont une tâche noire reconnaissable sur le bord de chaque aile (Figure 6(a)) (Hauser, 2011; Walsh et al., 2011). Ces tâches commencent à apparaître dix heures après leur émergence. Ils ont de même deux séries de soies orientées vers le bas sur les tarses antérieurs (Figure 6(b)) (Weydert et al., 2014). Une confirmation de l'espèce peut être faite avec l'examen des genitalia mâles (Hauser, 2011). La femelle, quant à elle, possède un ovipositeur denté et de plus grande taille que les autres drosophiles (Walsh et al., 2011; Weydert et al., 2014). En effet, ce dernier présente des petites dents noires sclérifiées (Figure 6(c)) (Hauser, 2011). En France, l'observation sous loupe binoculaire suffit à l'identification de l'espèce car aucune autre drosophile présente sur le territoire ne possède ces caractéristiques (Weydert et al., 2014).

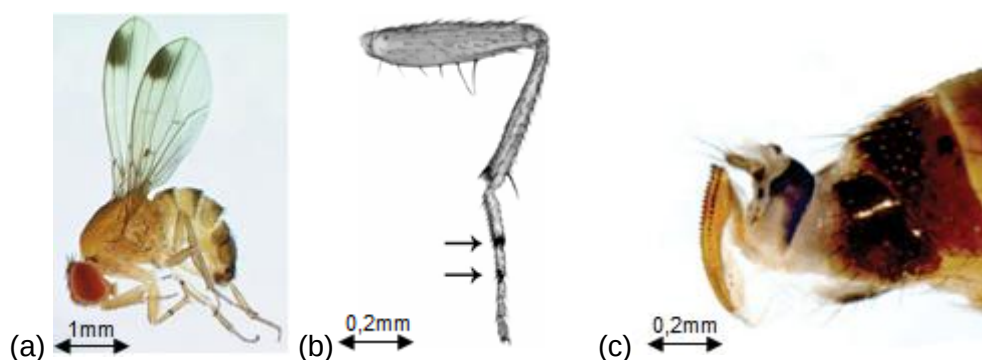


Figure 6: (a) Mâle *Drosophila suzukii* (source : G. Arakelian, Los Angeles County Department of Agricultural Commissioner/Weights and Measures, issu de l'article Dreves et al., 2009), (b) tarse antérieur d'un mâle *Drosophila suzukii* (source : Hauser, California Department of Food and Agriculture (CFDA), 2011), (c) Ovipositeur denté d'une femelle *Drosophila suzukii* (source : Martin Hauser, California Department of Food and Agriculture (CFDA), issu de l'article Walsh et al., 2011)

ii LES ŒUFS

Les œufs se développent dans les fruits où ils ont été pondus. Ils sont blanc laiteux, translucides, luisants, et mesurent entre 0.18 et 0.6 mm (Figure 7) (Weydert et al., 2014). La transparence augmente à l'approche de l'éclosion et la larve devient visible (Walsh et al., 2011). Les œufs présentent deux filaments qui sortent du fruit et qui constituent leurs tubes respiratoires (Figure 7(a)) (Hauser, 2011; Weydert et al., 2014). Ces derniers peuvent parfois fusionner et donnent l'image d'un long fil blanc. Les trous de ponte ne peuvent être observés à l'œil nu mais cela est possible à la loupe binoculaire (Weydert et al., 2014).

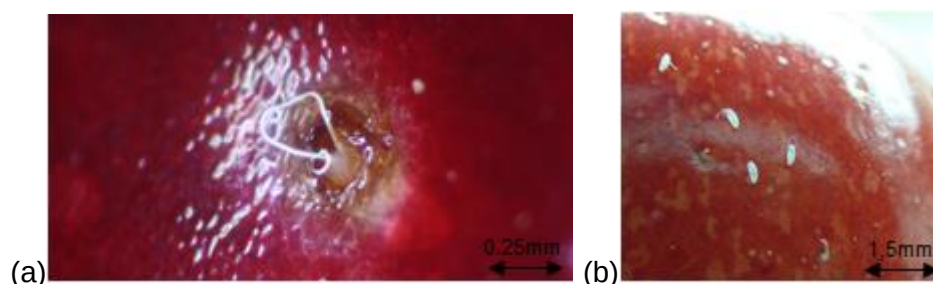


Figure 7: (a) Œuf de *Drosophila suzukii* pondu dans une cerise (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 11/05/2015), et (b) œufs de *Drosophila suzukii* déposés sur une cerise (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 20/05/2015)

iii LES LARVES

La croissance des larves se fait dans le fruit et il peut y avoir une à plusieurs larves par fruit. Elles sont blanc-crème, possèdent deux crochets buccaux noirs et des stigmates postérieurs prolongeant l'abdomen formant une excroissance caractéristique (Figure 8) (Walsh et al., 2011; Weydert et al., 2014). Elles mesurent environ 0.067 mm lors de leur émergence et grandissent jusqu'à 3.5 mm. Leurs organes internes sont visibles, particulièrement après une phase de nutrition. Les larves ont trois stades de développement jusqu'à la pupaison (Walsh et al., 2011). L'observation des larves peut permettre de reconnaître le genre *Drosophila* mais pas l'espèce (Weydert et al., 2014).

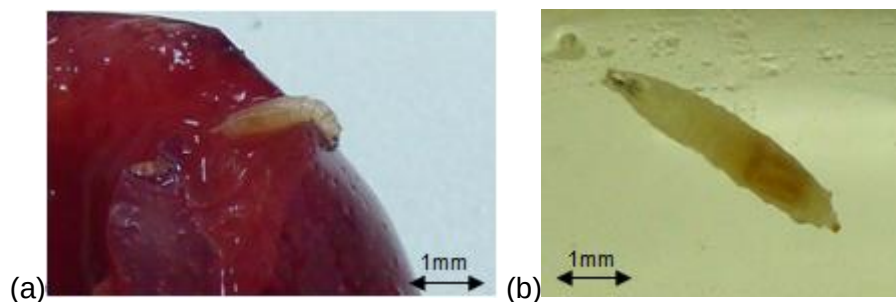


Figure 8 : (a) Larve de *Drosophila suzukii* dans une cerise (source : Cyrielle MASSON, Ctifl centre de Balandran, 15/06/2015), et (b) larve de *Drosophila suzukii* dans un tube d'élevage (source : Cyrielle MASSON, Ctifl centre de Balandran, 23/04/2015)

iv LES PUPES

La pupaison peut se faire à l'intérieur ou à l'extérieur du fruit, bien que celle à l'intérieur soit plus courante. La pupe, d'environ 3 mm et en forme de tonnelet, est initialement molle et gris-jaune. Elle se durcit ensuite et devient peu à peu brun-rouge (Walsh et al., 2011). Elles possèdent toutes des stigmates antérieurs caractéristiques en forme d'ailettes, qui diffèrent des autres drosophiles (Figure 9) (Weydert et al., 2014). Les pupes de femelles sont légèrement plus larges que celles des mâles en général (Walsh et al., 2011).



Figure 9 : Pupa de *Drosophila suzukii* (source : Cyrielle MASSON, Ctifl centre de Balandran, 17/08/2015)

v CONFUSIONS POSSIBLES

En France, sur cerise, *Drosophila suzukii* peut être confondue au stade larvaire avec la mouche de la cerise *Rhagoletis cerasi* (Diptère, Tephritidae), qui est également un ravageur de la culture. Cependant, la larve de cette dernière est plus charnue et ne se développe qu'autour du noyau du fruit. Les larves de *Drosophila suzukii* se déplacent dans toute la chair de la cerise (Weydert et al., 2014).

Pour le stade adulte, aucune drosophile indigène ne possédant les mêmes caractéristiques morphologiques spécifiques, l'identification précise est généralement aisée en Europe. Ce n'est pas le cas dans d'autres régions du monde comme l'Inde et le Sud-Est de l'Asie. Plusieurs espèces présentent une apparence et un comportement similaire comme *Drosophila subpulchrella*, *Drosophila pulchrella* ou encore *Drosophila biarmipes*. L'observation des genitalia mâles et femelles permet de distinguer les espèces (EPPO, 2013).

2 BIOLOGIE DE L'INSECTE

i CYCLE DE VIE

Les adultes de *Drosophila suzukii* atteignent la maturité 1 à 2 jours après leur émergence. La reproduction peut donc commencer dès le premier jour après émergence et les femelles peuvent pondre dès le deuxième jour (Dreves et al., 2009; Cini et al., 2012). Il est supposé que comme les autres espèces de drosophiles, *Drosophila suzukii* libère des hydrocarbures cuticulaires qui agissent comme des phéromones sexuelles à courte portée pour la rencontre entre les sexes (Antony & Jallon, 1982, cité par Cini et al., 2012). Des indices visuels et les sons émis par les vibrations des ailes joueraient également un rôle lors de la parade nuptiale (Cini et al., 2012). Les femelles pondent en général 1 à 3 œufs par fruit, et 7 à 16 œufs par jour (Dreves et al., 2009; Cini et al., 2012). Une femelle peut pondre en moyenne 380 œufs dans sa vie (Walsh et al., 2011). Les œufs éclosent au bout de 24 à 72h après la ponte et les larves réalisent tous leurs stades en 3 à 13 jours. Le stade de pupa peut durer de 5 à 7 jours (Figure 10). Les températures optimales de développement de *Drosophila suzukii* se situent entre 20 et 25°C (Walsh et al., 2011; Cini et al., 2012). A ces températures, un cycle de la ponte à l'émergence de l'adulte peut être effectué en un minimum de 8 jours. Cette durée réduite du cycle biologique permet à *Drosophila suzukii* de réaliser 7 à 15 générations par an selon les conditions climatiques. L'insecte a donc un très fort potentiel de multiplication (Cini et al., 2012).

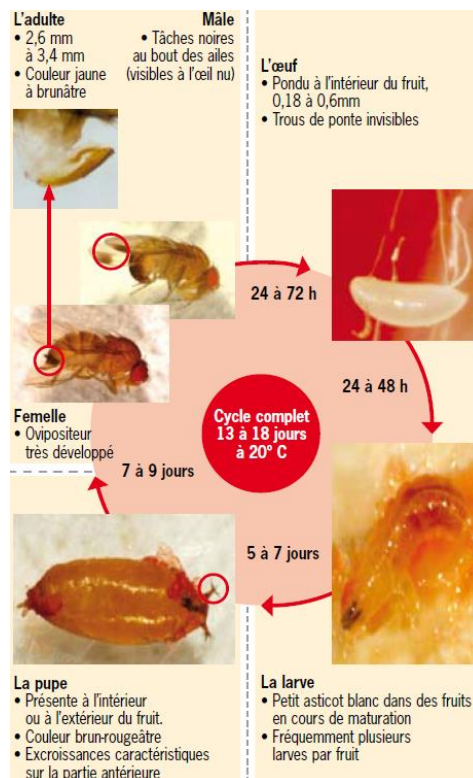


Figure 10: Cycle biologique de *Drosophila suzukii* à 20°C (source : Weydert et al., 2013)

ii INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE DEVELOPPEMENT

La durée du cycle de développement de *Drosophila suzukii* ainsi que sa durée de vie est fortement influencée par la température. En effet, des températures extrêmes de développement et de survie ont pu être identifiées. Sur cerise, en dessous de 10°C, de très faibles taux de survie du stade œuf au stade adulte (inférieur à 10%) (Dalton et al., 2011;

Tochen et al., 2014) et des durées de développement très longues (près de 80 jours à 10°C) sont observées (Tochen et al., 2014). Il en est de même au-dessus de 30°C. La durée de développement décroît de manière linéaire entre 14 et 26°C (de 28.8 jours à 10.8 jours, respectivement), puis augmente de nouveau.

Cependant, *Drosophila suzukii* semblerait présenter un phénotype hivernal, plus résistant au froid que le phénotype estival. Ce phénotype survit très bien à 1°C puisque 50% de la mortalité n'est atteinte qu'après 120 jours contrairement à l'estival qui présente une mortalité de 100% après 30 jours environ (P. Shearer, données non publiées).

La fécondité est elle aussi influencée par la température. Le nombre de pontes par femelle augmente entre 10 et 22°C où il atteint son maximum, puis il décroît ensuite (Tochen et al., 2014). Les stades ovariens des femelles varient également selon les saisons. En hiver, il n'y a pas d'ovaires visibles alors qu'en sortie d'hiver et au printemps, les femelles présentent majoritairement dans leur abdomen des œufs libres et matures. Elles sont prêtes à pondre dès la sortie de l'hiver (A. Grassi, données non publiées).

Il a également été remarqué en France que les conditions microclimatiques au niveau du verger avaient un impact sur la présence de *Drosophila suzukii*. Elle serait favorisée par une hygrométrie élevée et des températures moyennes inférieures à 30°C (Weydert et al., 2014).

iii PLANTES HOTES

Drosophila suzukii peut se développer sur une large gamme d'hôtes en plus de la cerise. En effet, elle est retrouvée sur des espèces végétales cultivées ou sauvages présentant des fruits dont l'épiderme est fin. Une préférence est notable pour les baies (Cini et al., 2012).

Les pontes de *Drosophila suzukii* ont été observées le plus souvent sur des cerises, mais aussi des pêches, prunes, kakis, fraises et raisins au Japon. Elle peut de même se montrer opportuniste et se nourrir et pondre sur d'autres fruits tombés au sol ou pourris (Kanzawa, 1936, cité par Walsh et al., 2011). Elle a de même été répertoriée sur abricots, mûres, figues, kiwis, nectarines, poires, framboises et sur des pommes ou des oranges présentant des blessures (Walsh et al., 2011).

Les fruits cultivés les plus touchés en France sans compter les cerises sont les fraises, les framboises, les mûres et les myrtilles. Plus épisodiquement, les pêches, abricots, figues, raisins, kiwaï et kakis peuvent subir des attaques sur le territoire français. Une surveillance doit être faite sur la pomme, la tomate, le cassis et la groseille qui pourraient être touchés par le ravageur (Weydert et al., 2014).

Concernant les hôtes sauvages, *Drosophila suzukii* peut se reproduire sur des fruits d'*Aucuba japonica*, de *Cornus controversa*, de plusieurs espèces de *Morus* et de *Prunus* (Mitsui et al., 2010). En France, Elle est également retrouvée sur des fruits de sureau yèble, de sureau noir, d'arbousier (Weydert et al., 2014), de raisin d'Amérique, de ronce, de rouvet blanc ou encore de viorne obier. Ils permettent au ravageur de se maintenir lorsqu'elle n'a plus d'hôtes cultivés à disposition (Weydert et al., 2015).

En France, *Drosophila suzukii* possède donc des hôtes dès le début de la maturité des cerises (premier fruit disponible) au printemps, jusqu'à la fin de l'automne avec la culture des framboises et les derniers fruits sauvages comme les arbrouses (C. Weydert, communication personnelle).

D SYMPTOMES ET DEGATS SUR CERISE

Contrairement à la plupart des Drosophilidae, *Drosophila suzukii* peut pondre des œufs dans des fruits sains exempts de toute blessure et encore présents sur la plante grâce à son ovipositeur denté (Walsh et al., 2011 ; Cini et al., 2012 ; Weydert et al., 2014). Des dommages sur la culture peuvent donc être observés avant, pendant et après la récolte (Weydert et al., 2014). La plupart des dégâts sont réalisés par la larve qui se nourrit de la pulpe de la cerise et entraîne son affaissement ainsi qu'une dépression de l'épiderme. La chair de la cerise finit par s'oxyder (Figure 11). De plus, le trou de ponte, difficilement visible à l'œil nu, peut aussi engendrer indirectement des dégâts en offrant une porte d'entrée aux bactéries et aux champignons (Cini et al., 2012; Weydert et al., 2014).

Drosophila suzukii détecterait les fruits plus rapidement que *Drosophila melanogaster* pendant la phase de **véraison** du fruit, principalement le composé volatile acétate d'isopentyle émis pendant ce stade. Elle serait également la seule sensible à un composé volatile émis par les tissus foliaires : le β -cyclocitral. Ce composé attirerait spécifiquement *D. suzukii*, les autres espèces testées, *D. melanogaster* et *D. biarmipes*, n'y étant pas sensibles. Ceci pourrait expliquer en partie sa préférence de ponte dans les fruits sains qui se situent dans la canopée (Keesey et al., 2015).

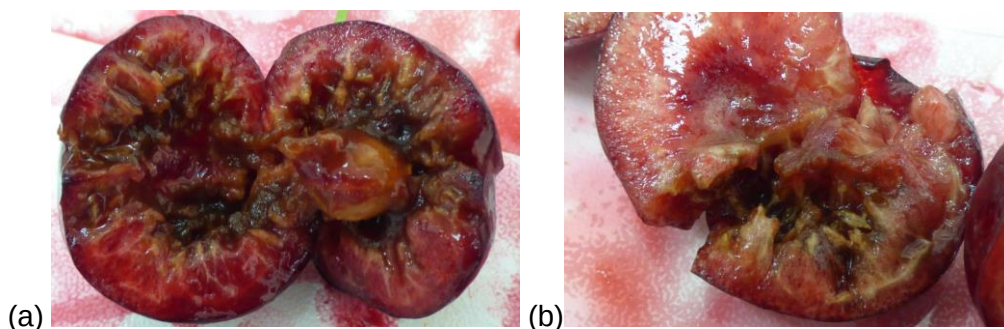


Figure 11: (a) et (b) Chair oxydée de cerise lors de la présence de larves de *Drosophila suzukii* (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 02/06/2015)

E METHODES DE SUIVI ET DE LUTTE ACTUELLES

1 SUIVI DES POPULATIONS

Bien qu'aucune corrélation entre les niveaux de piégeage et les dégâts en vergers n'ai été encore démontrée aujourd'hui, le piégeage de suivi (Weydert et al., 2014) représente la première étape vers une stratégie de lutte efficace (Cini et al., 2012). Il ne permet pas encore d'anticiper les premiers dégâts mais apporte des informations sur les redémarrages de vol, les déplacements du ravageur dans l'environnement et une image de l'évolution des populations au cours de l'année. Il permet également de comparer les niveaux de populations d'un même site sur plusieurs années (Weydert et al., 2014, 2015). Il est de plus recommandé, associé à des observations régulières de fruits, pour aider au déclenchement de moyens de lutte (Walsh et al., 2011; Weydert et al., 2014). Les pièges pour *Drosophila suzukii* se sont inspirés de méthodes de piégeage disponibles pour d'autres ravageurs et la famille Drosophilidae en général, comme des appâts en fermentation ou du vinaigre (Cini et al., 2012), l'espèce étant elle aussi attirée par les composés volatiles des fruits en fermentation (Keesey et al., 2015) ainsi que par des mélanges de vinaigre et de vin (Landolt

et al., 2012). Les pièges utilisés sont souvent des pots contenant quelques dizaines de mm d'attractifs. Ces derniers se composent donc généralement de levure, de sucre et d'eau ou de vin, de vinaigre et d'eau (Walsh et al., 2011; Weydert et al., 2014). Il est recommandé de les disposer dans des zones ombragées du verger (Walsh et al., 2011). Par convention dans les suivis conduits à des fins de recherche et d'expérimentation, les pièges sont récoltés une fois par semaine et l'attractif est changé à chaque fois pour conserver une bonne efficacité (Dreves et al., 2009; Weydert et al., 2014). De nombreux pièges commerciaux et artisanaux sont disponibles pour le suivi des populations avec des efficacités variables. En France, parmi ceux qui ont été testés, les attractifs les plus performants seraient le mélange de levure et de sucre, suivi par les attractifs commerciaux Riga® (entreprise Andermat), Dros'Attract® (entreprise Biobest), Fruit Fly® (entreprise Koppert) et le mélange VVE (vinaigre-vin-eau). Concernant les contenants, les plus efficaces sont les pièges en forme de bol Droso-Trap® (Biobest) et Maxitrap® (Prodobelt), suivis par la bouteille de Badoit rouge (Weydert et al., 2015).

En France, le suivi des populations semble souligner que depuis 2012, les populations augmentent chaque année. De plus, il semblerait y avoir deux à trois pics de captures pendant l'année dans les vergers de cerisiers : un en début de printemps, un en milieu d'été (observé seulement dans les Pyrénées-Orientales) et un en automne (Weydert et al., 2015). Les pics pourraient correspondre à de nouvelles générations (Bacci, 2011). En été, une chute brutale des captures est observée au verger et dans l'environnement et c'est un arrêt total des captures en hiver au verger. Les très fortes captures dans l'environnement boisé des vergers indiquent que les populations semblent se concentrer dans cette zone pendant la période hivernale (Figure 12). Les températures semblent influencer les niveaux de populations de fin d'hiver. En effet, les régions plus froides démarrent avec des populations plus faibles en début de printemps. Les températures basses induiraient une plus forte mortalité. Des mouvements de populations entre l'environnement et le verger sont également observés lors de la période de maturité de la culture. Un déplacement de la majorité de la population se fait de l'environnement boisé vers le verger lorsque les cerises sont présentes. En fin d'été, l'inverse est observé (Weydert et al., 2015).

Aux Etats-Unis, des suivis de captures ont montré qu'à la sortie des périodes froides d'hiver, les premières observations de l'insecte seraient souvent caractérisées par un sex ratio en faveur des femelles allant de 0 : 1 à 1 : 2,1 (Dalton et al., 2011).

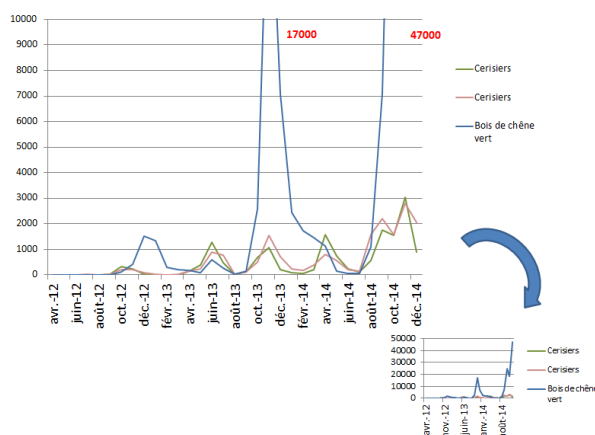


Figure 12 : Captures mensuelles de *Drosophila suzukii* dans des parcelles de cerisiers et un bois de chênes verts bordant ces vergers sur la commune de Bellegarde (30) (source : Weydert et al., 2015)

2 MESURES PROPHYLACTIQUES

Afin de garder des niveaux de populations les plus bas possibles dans les vergers, des premiers éléments de prophylaxie sont à mettre en place (Walsh et al., 2011).

Les conditions microclimatiques au niveau du verger semblant avoir un impact sur la présence de *Drosophila suzukii*, il est donc nécessaire de diminuer l'humidité dans le verger. Une taille des arbres pour une meilleure circulation de l'air, un maintien de l'enherbement des inter-rangs ras et une limitation des points d'eau stagnante sont recommandés (Weydert et al., 2014).

Il peut être envisagé en verger de cerisiers de mettre en place des filets mono-rang ou mono-parcelle. Cette mesure prophylactique est très efficace si la taille de la maille est adaptée à *Drosophila suzukii*. Une taille de maille de 0.95 x 0.8 millimètres montre une efficacité de 100%. Ces installations sont néanmoins coûteuses, entraînent des modifications du climat sous l'abri et nécessitent une adaptation de la conduite des arbres (Dufaÿ & Weydert, 2015; Weydert et al., 2015).

La fréquence des récoltes est aussi à adapter pour minimiser les risques de dégâts. Des récoltes rapprochées sont à favoriser et les récoltes en sur-maturité doivent être évitées, présentant le plus de risques d'attaques (Weydert et al., 2015).

Un ramassage des déchets de récolte (cerises non commercialisables restées sur l'arbre ou triées lors de la récolte) et leur destruction est indispensable pour supprimer les inocula de *Drosophila suzukii* dans les vergers (Walsh et al., 2011). Une méthode actuellement efficace est la solarisation des déchets. Le système doit permettre une bonne montée de température, être hermétique et les déchets doivent être assez liquides pour obtenir une fermentation et une asphyxie des larves (Weydert et al., 2015).

3 PIEGEAGE MASSIF

Actuellement, aucune méthode de piégeage massif en France ne s'est révélée efficace. Elles ne permettent pas de protéger les fruits d'éventuels dégâts ou de les diminuer (Weydert et al., 2015). Ce type de piégeage est recommandé en Suisse pour éventuellement réduire les populations hivernantes au printemps ou dans les parcelles déjà récoltées. Il n'est efficace qu'en l'absence de fruits mûrs (Kuske et al., 2015). Des essais de piégeage de masse ont été réalisés en France entre 2013 et 2015 sur culture de cerisiers. Des dispositifs en périphérie des parcelles (afin de créer une « barrière » entre le verger et l'environnement), au sein des parcelles ou une combinaison de ces deux méthodes ont été testés. En 2013 et 2014 sur cerisier, des dispositifs de 200 à 250 pièges/ha disposés régulièrement dans le verger ont été testés (Weydert et al., 2015). En 2015, un dispositif à 173 pièges/ha disposés régulièrement en périphérie de parcelle et dans la parcelle a été mis en place (Dufaÿ & Weydert, 2015).

4 TRAITEMENT AU FROID APRES RECOLTE

Le passage au froid des cerises peut également être utilisé en cas de dégâts confirmés à la récolte, mais non visibles encore extérieurement sur les fruits. A 1,5, 0 et -1°C pendant 48h, les fruits ne sont pas altérés, le développement des larves est ralenti et une partie des plus jeunes larves meure. Il faut cependant noter que les larves qui survivent au traitement reprennent leur développement lorsque les cerises sont remises à température ambiante. Cette technique permet donc de ralentir l'évolution des dégâts (Weydert et al., 2015).

5 LUTTE BIOLOGIQUE

Des prospections ont été mises en place afin de trouver des prédateurs et des parasitoïdes indigènes de *Drosophila suzukii*. Les espèces *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hyménoptère, Pteromalidae) et *Trichopria* cf. *drosophilae* (Hyménoptère, Diapriidae) ont été trouvées parasitant naturellement le ravageur en France et en Espagne. Elles se sont reproduites avec succès sur des pupes au laboratoire et réduisent l'émergence des adultes. Elles pourraient donc permettre de réguler les populations. Trois parasitoïdes indigènes de larves de drosophiles, *Asobara tabida* (Hyménoptère, Braconidae), *Leptopilina boulardi* et *Leptopilina heterotoma* (Hyménoptère, Eucoilidae), ont également été testés au laboratoire. Les trois espèces n'ont pas été capables de parasiter *Drosophila suzukii*, la première n'essayant pas de pondre et les deux autres étant encapsulées par le ravageur (Chabert et al., 2012; Gabarra et al., 2014). Quant aux prédateurs observés en Espagne, l'espèce *Orius laevis* (Hémiptère, Anthochoridae) est capable au stade adulte de se nourrir d'œufs de *D. suzukii* et *Labidura riparia* (Dermaptère, Labiduridae) a été retrouvée consommant des larves et des pupes. Des recherches sont encore à mener quant à leur impact sur des espèces non-cibles et comment favoriser les populations naturelles sur le terrain pour une lutte par conservation (Gabarra et al., 2014).

Des études ont aussi été menées pour trouver des parasitoïdes dans l'aire d'origine du ravageur au Japon. Les espèces *Leptopilina japonica* (Hyménoptère, Figitidae) et *Asobara japonica* (Hyménoptère, Braconidae) sont capables d'attaquer les larves et les pupes de *Drosophila suzukii* (Cini et al., 2012). *Asobara japonica*, bon candidat pour une lutte biologique par acclimatation, a été étudié au CNRS de Lyon pour développer les connaissances sur sa biologie et réaliser une étude préliminaire sur sa capacité de parasitisme (Chabert et al., 2012; Weydert et al., 2015). Il est actuellement étudié à l'INRA d'Antibes pour évaluer sa spécificité d'hôtes et son efficacité de parasitisme en conditions semi-naturelles (N. Ris, communication personnelle).

6 LUTTE CHIMIQUE

En France, de nombreux produits ont été testés pour évaluer leur efficacité sur *Drosophila suzukii*. Actuellement, des produits larvicides sont utilisés contre le ravageur. Le Diméthoate et le Phosmet, de la famille des organophosphorés, sont les plus efficaces avec 50 à 95% d'efficacité suivant les essais. Des adulticides sont également utilisés comme la lambda-cyhalothrine (famille de pyréthrinoides), le Spinetoram et le Spinosad (famille des spinosynes). Cependant, ces produits sont peu rémanents et un décrochage de l'efficacité peut être observé plus de 7 jours après le dernier traitement (Weydert et al., 2014, 2015; Weydert & Mandrin, 2014). L'utilisation des produits phytosanitaires est une solution à court terme mais peut poser des problèmes à moyen et long terme. Le risque de résistances peut apparaître dû au cycle biologique très court du ravageur et à l'utilisation répétée d'insecticides de même famille chimique. De plus, le Diméthoate a été identifié comme présentant un risque pour le consommateur par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Depuis 2008, les doses d'applications et le délai avant récolte (DAR) ont été modifiés plusieurs fois afin de réduire ce risque (Ctifl et al., 2015). La lambda-cyhalothrine, le Spinetoram et le Spinosad possèdent quant à eux un spectre très large et présentent une toxicité pour la faune auxiliaire [4].

En agriculture biologique, seul l'adulticide Spinosad est autorisé, avec une efficacité moyenne. Il est utilisable sous réserve de l'obtention chaque année d'une autorisation provisoire de mise en marché (AMM 120 jours) (Weydert, 2015).

Aux Etats-Unis et en Europe, des études ont également montré que des organophosphorés, des pyréthrinés et des spinosynés homologués sont efficaces (Cini et al., 2012).

D'autres méthodes de lutte sont envisagées et en cours d'étude comme la lutte autocide. Ces lâchers massifs de mâles stériles ou incompatibles, dont la descendance n'est pas viable, pourraient être une solution pour réduire de manière conséquente les populations de *Drosophila suzukii*. La stérilisation s'effectue par irradiation des mâles, génie génétique ou utilisation de bactéries endosymbiotiques telles que *Wolbachia*. Des recherches sont menées en France et au Royaume-Uni (HDC, 2014; Weydert et al., 2015).

Des connaissances sont donc encore manquantes sur la biologie et le comportement de l'insecte. Sa période d'arrivée dans les vergers de cerisiers, depuis quelle zone le ravageur vient-il et comment passe-t-il l'hiver, comment les conditions climatiques influent-elles sur les mouvements de population et la relation entre les captures et les dégâts sont à affiner. De plus, la sensibilité des stades de maturité des cerises est encore à étudier. Des travaux précédents en laboratoire réalisés aux Etats-Unis ont montré que les cerises semblaient être sensibles à *Drosophila suzukii* lorsque le fruit commençait sa coloration. Les dégâts augmenteraient également avec la coloration du fruit, la diminution de fermeté et l'augmentation du taux de sucre (Lee et al., 2011). Il n'y a cependant pas encore d'observations au verger pour confirmer ces premiers résultats.

Toutes ces informations sont nécessaires pour mieux adapter les stratégies de lutte : mieux ajuster le positionnement des traitements dans le temps, le type d'insecticide, la fermeture des filets, le lâcher de parasitoïdes, etc.

Les essais mis en place ont donc pour objectif de répondre à ces manques sur la biologie et les mouvements de populations de l'insecte, ainsi que sur la sensibilité des stades de maturité des cerises pour affiner les préconisations techniques.

II MATERIEL ET METHODES

A SUIVI DES POPULATIONS DE DROSOPHILA SUZUKII

Ce suivi a pour objectif d'affiner les connaissances sur les mouvements de populations de *Drosophila suzukii* entre le verger et son environnement proche. Il a pour but d'identifier les facteurs qui influencent la présence de l'insecte dans les vergers de cerisiers : conditions climatiques, présence de fruits sauvages, structure de la parcelle, proximité d'autres cultures, etc. Le suivi a également pour objectif de trouver un possible lien entre les taux de dégâts et les captures du ravageur. Ce suivi s'inscrit dans le réseau de suivis du ravageur conduit dans le cadre du projet CASDAR. Ce réseau compte un total de 19 suivis réalisés par 8 partenaires sur différentes espèces : cerise, fraise, framboises, pêche, abricot, prune, raisin de table et kiwi. Les suivis sont en place depuis 2013 sans interruption des captures d'une année sur l'autre. Le protocole de suivi a été décidé lors de réunions méthodologiques entre les partenaires au début du projet et s'est appuyé sur les précédents suivis d'insectes réalisés.

1 FACTEURS ET MODALITES ETUDIES

Le nombre de captures au cours des années est étudié ainsi que la variation du sex-ratio de l'insecte. L'influence des conditions climatiques est également considérée sur les captures quotidiennes. La relation entre les captures et les taux de dégâts relevés sur les parcelles est de même analysée.

2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Des suivis ont été réalisés sur trois parcelles de cerisiers et leur environnement proche (Annexe IV). Trois à six pièges sont disposés sur chacun des sites formant un total de 14 pièges suivis. Les pièges sont disposés à environ 1.50 m de haut, si possible dans des zones abritées du vent et à l'ombre. Leur position n'est pas modifiée pendant la saison.

Sur le site du centre Ctifl de Balandran , à Bellegarde (Gard), une parcelle est concernée :

- Parcelle 0'5 avec 1 piège au centre, 4 pièges dans l'environnement proche (haies composites ou de cyprès nord, sud, est, ouest) :
 - Cerisiers variétés Balrine et Regina.
 - Porte-greffes Piku 1, Tabel®, Gisela 6, Weiroot 158
 - Date de plantation: décembre 2011
 - Distances de plantation : 4m X 1.5m ; conduite en axe
 - Surface de 2278 m²

La deuxième partie des pièges est située dans et autour de deux parcelles d'un producteur de Bellegarde en agriculture biologique :

- Parcelle 1 avec 3 pièges et 3 autres pièges dans l'environnement proche (un dans la vigne en contre-bas, un dans le jeune verger non productif en contre-haut et un en lisière du bois de chênes verts qui surplombe les deux vergers) :
 - Variétés Primulat et Burlat
 - Porte-greffe Maxima 14
 - Conduite en gobelets
 - Surface de 3875,06 m²
- Parcelle 2 avec 2 pièges et 1 piège à l'intérieur du bois de chênes verts en contre-haut du verger :

- Variétés Folfer, Burlat et Bigalise
- Conduite en gobelets
- Surface de 3510 m²

Les comptages d'individus par piège sont réalisés dans le laboratoire d'entomologie du centre Ctifl de Balandran.

Matériel utilisé :

Les pièges sont confectionnés avec des bouteilles de Badoit rouge percées de 20 trous de 4 mm de diamètre. Les trous sont percés 7 cm au-dessus du fond de la bouteille et seulement sur une moitié de la bouteille. La deuxième moitié permet la récupération de l'attractif des insectes piégés (Figure 13).

L'attractif utilisé est un mélange composé d'un tiers de vin rouge, d'un tiers de vinaigre de cidre, d'un tiers d'eau et de quelques gouttes de savon liquide.

Les pièges sont remplis de 3 à 4 cm d'attractif.

La solution attractive est remplacée chaque semaine lors du relevé.



Figure 13 : Bouteille de Badoit rouge positionnée pour le suivi de population avec l'attractif vinaigre-vin-eau (source : Cyrielle MASSON, Bellegarde, 11/05/2015)

Des flacons en plastique sont utilisés pour la récupération de l'attractif contenant les insectes piégés sur les parcelles. L'attractif est ensuite filtré au laboratoire à travers un tamis fin pour récupérer les insectes. Des boîtes de Pétri et une loupe binoculaire permettent de réaliser le comptage en laboratoire des individus récoltés. Des pinces fines aident au tri et au comptage des insectes.

3 OBSERVATIONS ET MESURES

Les relevés sont réalisés une fois par semaine. Tous les insectes piégés sont prélevés et triés sous une loupe binoculaire. Un comptage du nombre de mâles et du nombre de femelles *Drosophila suzukii* est effectué.

Si le piégeage est trop important, c'est-à-dire lorsque le nombre d'individus piégés est estimé à plus de 50 mâles et 50 femelles de *Drosophila suzukii*, il est possible de procéder à un échantillonnage.

Les conditions météorologiques : pluviométrie, vent, température et hygrométrie sont enregistrées pendant toute la durée du suivi grâce à des sondes et des stations météorologiques.

D'autres observations et mesures complémentaires sont effectuées sur les parcelles pour affiner le suivi des populations. En amont, l'environnement des parcelles a été décrit pour avoir une connaissance des espèces sauvages présentes et de leur potentiel rôle de réservoir autour des parcelles. Un descriptif complet des parcelles est également effectué (superficie, situation géographique, variétés présentes, gestion du verger, etc.) (Annexe IV). Les taux de dégâts sur les parcelles sont évalués. Lors de chaque passage de récolte, 100 fruits sont récupérés et décortiqués à la recherche de larves. Le nombre de fruits touchés permet d'obtenir un taux de dégâts.

Les taux de dégâts sur des espèces sauvages sont également observés. Aux alentours des parcelles des prélèvements sont effectués.

4 TRAITEMENT DES DONNEES

Les relevés hebdomadaires de captures sont ramenés chaque semaine à un nombre moyen de captures par jour. Un nombre de captures mensuel est également calculé.

Des corrélations sont recherchées entre les différents facteurs climatiques quotidiens (température, humidité relative, vent, précipitations), la présence de cerises dans le verger, la durée du jour et le nombre de captures quotidiennes. Le postulat d'homogénéité des variances n'étant pas vérifié, l'étude est réalisée avec une matrice de corrélations utilisant la méthode Spearman au seuil de 5%. Les captures utilisées sont celles des pièges au centre des parcelles pour la première analyse et celles des pièges dans l'environnement proche pour la deuxième analyse. Une Analyse en composantes principales (ACP) est également réalisée avec toutes les variables pour représenter les corrélations entre les facteurs climatiques.

Le sex-ratio est étudié en fonction de l'année et de la parcelle. Les valeurs sont soumises à des analyses de variance à deux facteurs (ANOVA) (seuil=5%), les postulats étant vérifiés.

Une corrélation de type linéaire est recherchée entre les niveaux de captures avant la récolte et les taux de dégâts sur les parcelles. Des cumuls de capture sont réalisés pour l'étude de cette corrélation. Si cette dernière existe, le suivi des captures pourrait permettre de prédire le potentiel de dégâts et de mettre en place des stratégies de protection des fruits en conséquent.

Cette corrélation a été recherchée en considérant des cumuls de captures de *Drosophila suzukii* sur des périodes plus ou moins longues et plus ou moins proches de la récolte. On considère les captures uniquement à des périodes où sont présentes dans le verger des drosophiles susceptibles d'être responsables des dégâts observés. De plus, ces cumuls prennent en compte le fait qu'un relevé de pièges ne sera réalisé qu'au maximum une fois par semaine. Les cumuls étudiés sont donc les cumuls 7 jours, 14 jours, 21 jours, 28 jours avant récolte ainsi que les cumuls de 14 à 7 jours, 35 à 21 jours et 42 à 21 jours avant récolte.

Cette étude est réalisée avec une matrice des corrélations utilisant la méthode Pearson au seuil de 5%.

Le traitement statistique est effectué avec le logiciel R 2.15.1 à l'aide des packages Rcmdr, Hmisc, corrplot, FactoMineR et SensoMineR.

B SENSIBILITE DE LA CERISE A *DROSOPHILA SUZUKII* EN FONCTION DU STADE DE MATURITE DES FRUITS

Cet essai a pour objectifs premiers de déterminer quels stades de maturité des cerises sont les plus sensibles au ravageur, à partir de quel stade les femelles *Drosophila suzukii* pondent et les larves se développent. Il a également pour but d'étudier le succès de développement du ravageur de l'œuf à la larve et l'influence des caractéristiques physico-chimiques sur ce dernier. Le protocole se base sur les connaissances du ravageur qui ont été acquises au Ctifl et sur les protocoles mis en place en 2013 pour un essai de sensibilité variétale à *Drosophila suzukii* sur cerise. Cet essai fait suite à un premier essai sur la sensibilité des stades de maturité conduit sur le centre Ctifl de Balandran en 2011. Ce dernier avait été conduit en verger avec des manchons insect-proof ouverts pendant une semaine puis refermés. La trop forte chaleur dans les manchons n'avait pas permis d'obtenir de résultats (Bacci, 2011).

1 FACTEURS ET MODALITES ETUDIES

La sensibilité des stades de maturité de la cerise à *Drosophila suzukii* est étudiée. L'étude commence au stade fruit vert (avant véraison) et se poursuit jusqu'au stade de maturité commerciale des fruits.

L'essai porte sur l'évaluation de la sensibilité des différents stades de maturité en conditions d'infestation contrôlée (au laboratoire) et en conditions d'infestation naturelle (au verger). Le succès de développement de l'œuf à la larve est aussi étudié en laboratoire sur une variété.

2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Essai en conditions d'infestation contrôlée au laboratoire :

L'essai est réalisé sur les deux variétés Folfer et Bellise d'un verger protégé sous filet mono-parcelle et sur la variété V 3968 d'un verger protégé sous filet mono-rang. La protection sous filet de ces vergers assure des fruits exempts d'attaques pour l'expérimentation. Les deux parcelles se situent sur le centre Ctifl de Balandran, à Bellegarde (Gard) (Annexe IV) :

- Parcelle O'0, sous filet mono-parcelle :
 - Variétés Folfer et Bellise
 - Porte-greffe Gisela 6
 - Date de plantation: 2009
 - Distances de plantation : 3.5m X 2.5m ; conduite en axe
 - Filet 8*11 fils/cm² avec bâche anti-pluie
- Parcelle O'7 sous filet mono-rang :
 - Variété V3968
 - Porte greffe Tabel® et PHL-A
 - Date de plantation: 19/12/2006
 - Distances de plantation : 4m X 1.5m ; conduite en axe
 - Filet 6*8 fils/cm² avec bâche anti-pluie

Les trois variétés sont choisies pour leur décalage de maturité dans le temps, pour une facilité de répétition des essais. Un prélèvement de 50 fruits est effectué sur les trois variétés chaque semaine à partir du stade vert (Tableau 2). Dix fruits sont conservés pour les analyses physico-chimiques. Les 40 fruits restants sont exposés pendant 24h dans des boîtes en plexiglas : 4 boîtes de 10 fruits sont mises en place avec 3 femelles *Drosophila*

suzukii par boîte pour les variétés Folfer et Bellise (sur la base de l'essai de sensibilité variétale). Les premières observations ont amené une modification du protocole pour la troisième variété observée, plus tardive. En effet, pour mieux assurer la présence d'éventuelles pontes, le nombre de femelles par boîte est augmenté. Les boîtes sont donc mises en place avec 4 femelles pour la variété V 3968 (Figure 14). Il y a donc 4 répétitions par stade de maturité les boîtes de 10 fruits correspondent aux unités expérimentales.

Tableau 2 : Dates de récolte des trois variétés utilisées pour l'essai en conditions d'infestation contrôlées

Date de récolte	6 mai	12 mai	19 mai	26 mai	1 ^{er} juin	8 juin	15 juin
Folfer	X	X	X	X	X		
Bellise	X	X	X	X			
V 3968			X	X	X	X	X

Les femelles *Drosophila suzukii* sont issues de l'élevage en tube conduit sur le centre Ctifl de Balandran. Le milieu d'élevage utilisé est composé d'eau, d'agar-agar, de farine de blé, de levure de bière, de sucre, de nipagine (antifongique) et d'éthanol. La température de la salle d'élevage est de $23 \pm 1^\circ\text{C}$. L'hygrométrie n'est pas contrôlée ni mesurée dans la pièce. Les conditions d'hygrométrie dans les tubes ne sont pas mesurées non plus et peuvent différer des conditions de la pièce. L'âge des femelles n'est pas connu avec certitude, il peut varier de quelques jours à quelques semaines.

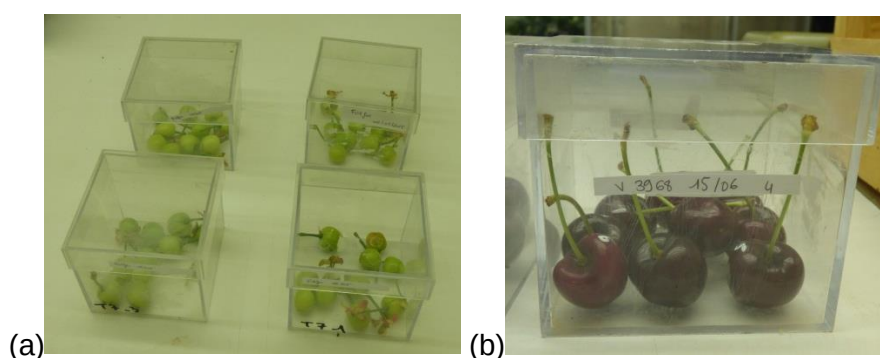


Figure 14 : Essai en conditions d'infestation contrôlée sur (a) la variété Folfer au stade vert (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 06/05/2015) et (b) sur la variété V 3968 au stade couleur 5 (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 15/06/2015)

Les inoculations, la conservation des fruits, les observations de ponte et les comptages de larves sont faits dans le laboratoire d'entomologie du Ctifl centre de Balandran où se situe l'élevage.

Essai en conditions d'infestation naturelle au verger :

L'essai est réalisé sur les deux variétés Balrine et Coralise. Les fruits sont prélevés sur des arbres témoins non traités afin d'assurer une potentielle attaque du ravageur. Elles se situent sur deux parcelles du centre Ctifl de Balandran, à Bellegarde (Gard) (Annexe IV) :

- Parcelle 0'5 :
 - Variété Balrine.
 - Porte-greffe Piku 1, Tabel.
 - Date de plantation: décembre 2011
 - Distances de plantation : 4m X 1.5m ; conduite en axe

- Parcelle J10 :
 - Variété Coralise (maturité estimée vers le 28 mai pour 2014)
 - Porte-greffe MM14
 - Date de plantation: décembre 1998
 - Distances de plantation : 6m X 4m ; conduite en gobelets

Un lot de 110 fruits est prélevé chaque semaine à partir du stade fruit vert précédant la véraison (Tableau 3). Dix fruits sont conservés pour les analyses physico-chimiques. Le lot de 100 fruits est mis en conservation pendant une semaine dans des boîtes en plastique insect-proof pour permettre l'éclosion des œufs et le développement des larves. Il n'y a pas de répétition pour les stades de maturité par variété. Les lots de 100 fruits correspondent donc aux unités expérimentales.

Tableau 3 : Dates de récolte des variétés utilisées pour l'essai en conditions d'infestation naturelle

Date de récolte	7 mai	12 mai	19 mai	26 mai	1 ^{er} juin	8 juin	16 juin
Balrine	X	X	X	X	X	X	X
Coralise	X	X	X	X	X		

Matériel pour les deux essais :

Les cerises sont décortiquées au couteau. La fermeté des fruits est mesurée avec un duromètre électronique Durofel. Le sucre est quant à lui mesuré avec un réfractomètre en degré Brix. La couleur dominante du lot est déterminée avec le code couleur Ctifl (Annexe III). L'acidité est mesurée avec un titrimètre en meq/100g.

La durée de l'expérimentation est de deux mois.

3 OBSERVATIONS ET MESURES

Essai en conditions d'infestation contrôlée au laboratoire:

- Observations et mesures préalables :

Une observation est réalisée avant la mise en place de l'essai sous loupe binoculaire afin de vérifier l'absence de pontes du ravageur au verger. Cette observation préalable est réalisée sur les 40 fruits.

Une notation de la couleur du lot, de sa fermeté, de son acidité et de son taux de sucre est faite sur 10 fruits. Une photographie du lot est également prise pour garder une trace visuelle de la couleur du lot.

- Observations principales :

Après les 24h de mise en présence avec le ravageur, un comptage du nombre de fruits présentant des trous de pontes est réalisé pour les variétés Folfer et Bellise, pour chaque répétition. Ces premières observations ont mené à un changement de protocole de comptage pour la troisième variété plus tardive. Pour la variété V 3968, après les 24h de mise en présence, un comptage du nombre de trous de pontes par fruit a donc été effectué pour les 10 fruits de chaque répétition. Ceci permet d'évaluer le taux de succès de développement de l'œuf à la larve pour chaque stade de maturité et d'obtenir une analyse plus fine du comportement de ponte.

Suite à l'infestation au laboratoire, les fruits sont conservés une semaine puis ouverts à la recherche de larves ou de pupes. Le nombre de fruits présentant des larves et/ou des pupes

est compté pour chaque répétition pour les variétés Folfer et Bellise. Pour la variété V 3968, le nombre de larves et/ou de pupes par fruit est compté pour chaque répétition.

Essai en conditions d'infestation naturelle au verger :

- Observations et mesures préalables :

Une notation de la couleur du lot, de sa fermeté et de son taux de sucre est réalisée sur 10 fruits. Une photographie du lot est également effectuée.

- Observations principales :

Avant mise en conservation, un comptage des fruits présentant des trous de pontes est réalisé sous loupe binoculaire. Cette observation est réalisée sur 50 fruits.

Après une semaine de conservation, les 100 fruits sont ouverts pour détecter la présence de larves et/ou de pupes. Le nombre de fruits avec des larves et/ou des pupes présentes est compté.

4 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Les comptages obtenus sont transformés en taux de fruits présentant des pontes et en taux de fruits avec larves. Pour obtenir des mesures comparables entre les trois variétés, ces taux sont rapportés au nombre de femelles *D. suzukii* introduites dans chaque boîte. Une valeur standard par individu femelle est alors obtenue.

La différence de sensibilité des stades de maturité est étudiée. Une analyse préalable par stade de maturité est effectuée afin de voir s'il y a un effet de sensibilité variétale. La sensibilité des stades de maturité sera alors étudiée par variété ou toutes variétés confondues (les variétés correspondant ici à des répétitions).

Les valeurs sont soumises à des analyses de variance à un facteur (ANOVA) (seuil=5%) si les postulats sont vérifiés et à un test de comparaison de moyennes HSD de Tukey (seuil = 5%) si une différence significative est notée. Si les postulats ne sont pas vérifiés, les résultats sont soumis à un test non paramétrique de Kruskal-Wallis (seuil=5%) suivi d'un test de comparaisons multiples en cas de significativité.

Le traitement statistique est effectué avec le logiciel R 2.15.1 à l'aide des packages Rcmdr et agricolae.

III RESULTATS

A SUIVI DES POPULATIONS DE *DROSOPHILA SUZUKII*

1 ANALYSE DES COURBES DE CAPTURES

Les courbes de captures pendant les trois années de suivi sur la parcelle 1 de producteur montrent tout d'abord une augmentation du nombre d'individus capturés au fil des années, surtout dans la zone boisée en périphérie de parcelle (piège 5). Près de 20 000 individus sont capturés dans le bois en novembre 2014. Deux pics de captures sont visibles dans la parcelle et se répètent chaque année aux mêmes périodes : de mi-mars à juin et de début septembre à novembre. Dans la zone boisée, des pics très importants sont observés pendant la période hivernale, alors que de janvier à mars, les captures sont nulles dans le verger (Figure 15(a)). Les mêmes tendances sont observées dans les deux autres parcelles suivies.

De plus, la position des pièges en transect (Figure 15(b)) montre que la chute des captures dans l'environnement boisé au début du printemps est suivie par un pic de captures dans le verger. Cette période correspond également à la période de récolte des cerises. Les pics dans le verger sont cependant moins importants en quantité que ceux observés dans le bois en hiver (Figure 15(c)).

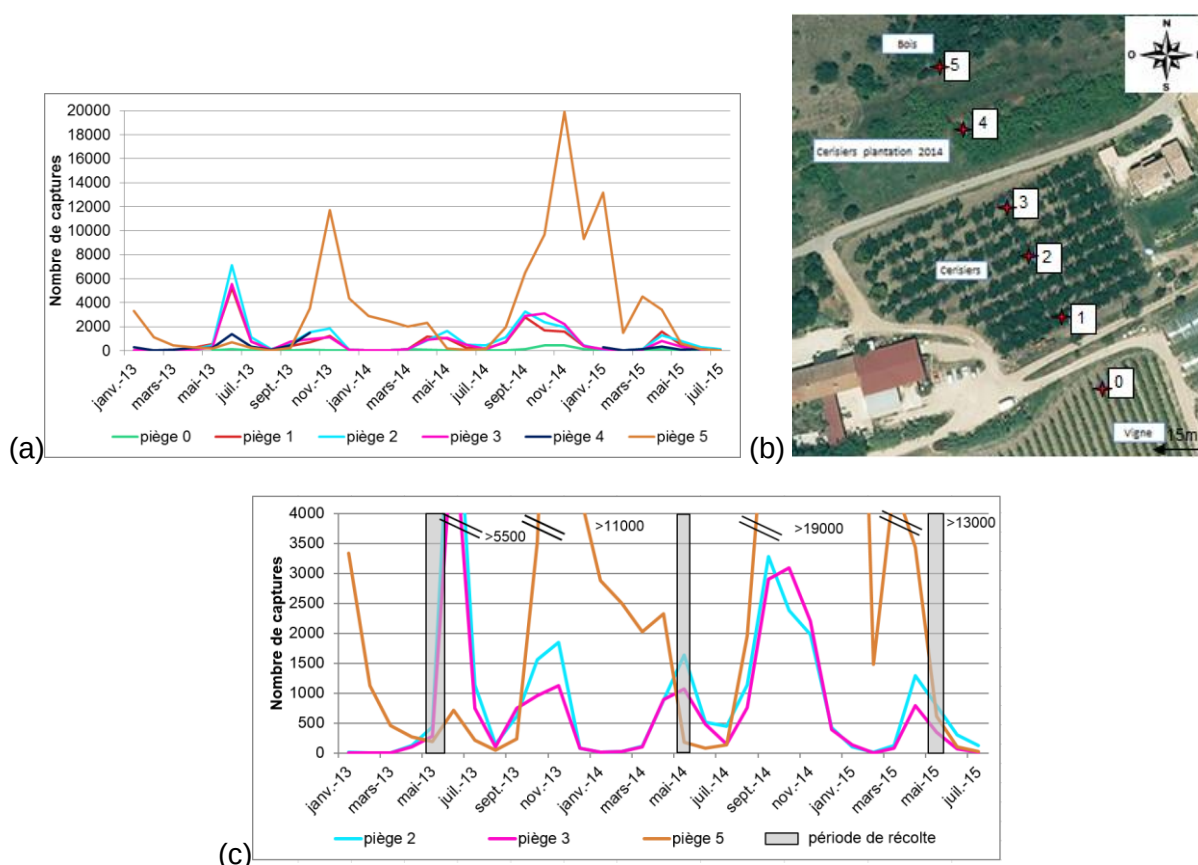


Figure 15 : (a) Courbes de captures mensuelles de janvier 2013 à juillet 2015 des pièges situés dans la parcelle 1 de producteur et son environnement proche. Les pièges 1 à 3 sont dans la parcelle et les pièges 0, 4 et 5 sont situés dans l'environnement proche, (b) Plan de la parcelle 1 de producteur avec le transect de pièges (source : <http://tab.geoportail.fr/>), (c) Courbes de captures mensuelles de janvier 2013 à juillet 2015 des pièges 2, 3 et 5 situés dans la parcelle 1 de producteur et son environnement proche, avec les périodes de récolte des cerises.

2 CORRELATIONS ENTRE LES FACTEURS CLIMATIQUES ET LES CAPTURES DE DROSOPHILA SUZUKII

L'étude des corrélations entre les facteurs climatiques et les captures dans l'environnement proche des trois parcelles suivies fait ressortir des résultats d'intérêt. Le nombre de captures quotidien est significativement corrélé à tous les facteurs climatiques mesurés, excepté l'humidité relative maximale, à la durée du jour et à la présence de cerises dans le verger. Cependant, certaines corrélations sont plus fortes que d'autres. La durée du jour est le facteur le plus fortement corrélé au nombre de captures avec un coefficient de corrélation de -0.70. Sur l'ensemble des données, les captures sont donc globalement plus élevées quand la durée du jour diminue. La température (minimale, moyenne et maximale) ainsi que l'humidité relative minimale sont ensuite les autres facteurs les plus corrélés avec un coefficient de -0.55 et de 0.34 respectivement. Les captures sont donc plus élevées lorsque la température diminue et l'humidité relative minimale augmente. Le reste des corrélations présente des coefficients inférieurs à $|0.25|$ et sont donc plus faibles. Il est également intéressant de noter que le nombre de captures est également corrélé à la parcelle. La quantité de captures est plus ou moins importante selon les parcelles même si les mêmes évolutions sont observées. Les facteurs climatiques sont également corrélés entre eux plus ou moins fortement.

L'analyse en composantes principales de toutes les données indique que les trois variables d'humidité relative sont corrélées entre elles, tout comme les trois variables de température et la durée du jour. Ces deux ensembles de variables ne sont pas corrélés entre eux (Figure 16).

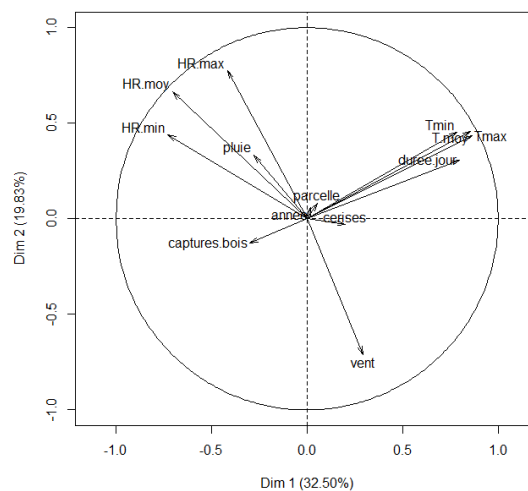


Figure 16 : Carte de l'Analyse en composantes principales avec les captures réalisées dans l'environnement et les facteurs climatiques.

L'analyse réalisée avec les captures au centre des parcelles présente les mêmes corrélations significatives, à l'exception de l'humidité relative minimale qui n'est plus corrélée. Cependant les coefficients de corrélations sont tous inférieurs à 0.27. Les facteurs climatiques et la durée du jour sont moins fortement liés au nombre de captures dans le verger que dans les zones boisées environnantes.

3 ANALYSE DU SEX-RATIO DE *DROSOPHILA SUZUKII*

L'analyse de variance à deux facteurs du ratio de mâles en fonction de l'année et de la parcelle a montré qu'il n'y avait pas d'effet année. La parcelle a quant à elle un effet sur ce ratio. L'analyse du ratio mâles-femelles sur une année, pour une parcelle donnée, peut par conséquent être généralisée à toutes les années. Elle se concentre donc ici sur la parcelle 1 de producteur. Ce ratio est de 1 : 1 en moyenne sur l'année. Cependant, des variations au cours de l'année sont observées. De février à mi-mai et de mi-août à mi-octobre, le sex-ratio est de 1 : 1.5 en faveur des femelles. Elles sont capturées en plus grand nombre durant ces périodes, qui correspondent également aux pics de captures dans la parcelle. A la sortie de l'hiver, les femelles sont plus nombreuses dans les pièges que les mâles, bien que le ratio soit de 1 : 1 en début d'hiver (Figure 17).

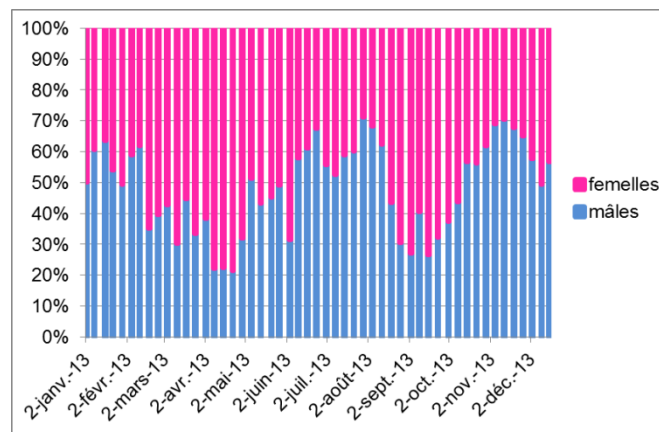


Figure 17 : Ratio mâles-femelles *Drosophila suzukii* durant l'année 2013 pour la parcelle 1 de producteur

4 CORRELATION ENTRE LES TAUX DE DEGATS ET LES CAPTURES DE *DROSOPHILA SUZUKII*

Il peut être noté qu'aucune corrélation n'existe de manière significative entre les taux de dégâts et les différents cumuls de captures testés. Les taux de dégâts sont seulement corrélés à l'année de récolte. Les cumuls sont tous corrélés entre eux, ce qui pouvait être attendu du fait du recoupement des périodes qu'ils recouvrent. Il est également possible d'observer que la parcelle et l'année sont significativement corrélées aux cumuls de captures, exceptions faites des cumuls 7 jours et 14 jours avant récolte qui ne sont pas liés à l'année (Figure 18). Il y a donc un effet parcelle et année sur les captures.

Il existe donc une corrélation indirecte entre les dégâts et les cumuls 21 jours, 28 jours, 14 à 7 jours, 35 à 21 jours et 42 à 21 jours avant récolte, puisqu'ils sont tous corrélés à l'année de capture.

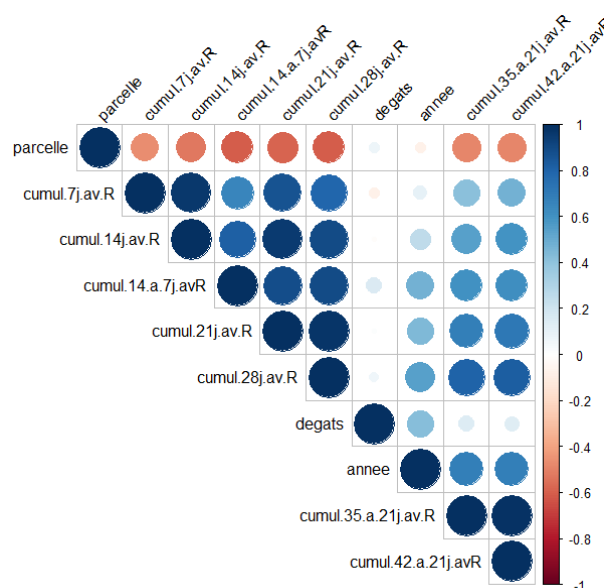


Figure 18 : Corrélogramme illustrant la dépendance entre les taux de dégâts des trois parcelles suivies, les différents cumuls de captures testés, les parcelles et les trois années suivies. Les corrélations positives sont affichées en bleu et les corrélations négatives en rouge. L'intensité de la couleur et la taille des cercles sont proportionnelles aux coefficients de corrélation. La légende indique la valeur des coefficients de corrélation et les couleurs correspondantes.

B SENSIBILITE DE LA CERISE A *DROSOPHILA SUZUKII* EN FONCTION DES DIFFERENTS STADES DE MATURITE DES FRUITS

1 ESSAI EN CONDITIONS D'INFESTATION CONTROLEE AU LABORATOIRE

Les essais avec une infestation contrôlée des fruits montrent, tout d'abord, qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois variétés testées à chaque stade de maturité. Il n'y a donc pas de différence de sensibilité variétale à *Drosophila suzukii* pour Folfer, Bellise et V 3968. Les variétés peuvent être considérées comme des répétitions dans l'analyse de sensibilité des stades de maturité de la cerise.

En premier lieu, il peut être noté que *Drosophila suzukii* est capable de pondre dans les fruits à tous les stades de maturité. Le taux de fruits avec pontes est par contre plus élevé à partir du stade couleur 1. Après véraison des fruits, tous les stades de maturité présentent des taux standards de fruits avec pontes similaires, aux alentours de 20%. Pour tous les stades de maturité, le taux de fruits avec pontes est également toujours supérieur au taux de fruits avec larves (Figure 19). Une partie des œufs n'arrive pas au stade larve.

De plus, aucune larve n'est observée dans les fruits avant le stade véraison. Le taux de fruits avec larves le plus élevé est observé pour la couleur 1 avec une valeur de $17 \pm 4\%$, bien qu'il ne soit pas significativement différent de celui de la couleur 2. Ce taux est ensuite significativement plus faible pour les couleurs 3 à 4 et 5 à 6 (autour de 10%) (Figure 19).

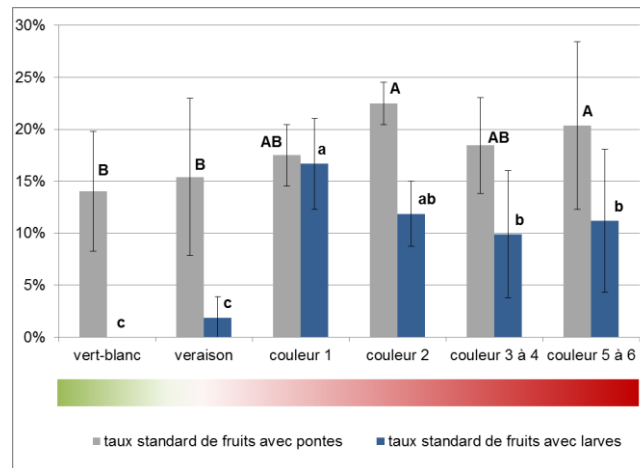


Figure 19 : Taux standard de fruits avec pontes et taux standard de fruits avec larves toutes variétés confondues en fonction des stades de maturité de la cerise. Les lettres indiquent une différence significative. Les barres d'erreur correspondent aux écart-types.

Le taux de succès moyen de développement de l'œuf à la larve a été calculé pour chaque stade de maturité avec la variété V 3968. Il a pu être observé que ce taux de succès moyen était effectivement nul avant véraison. Aucune larve n'a été observée. Dès le changement de couleur des fruits, le taux de succès de développement devient positif mais ne dépasse pas 31% à la couleur 5. Cependant, aucune différence significative ne ressort entre les différents stades de maturité où il y a un développement de larves (Figure 20).

Le taux de succès peut varier de 0 à 100% d'un fruit à l'autre pour le même stade de maturité. Le nombre de trous de pontes par fruit peut dépasser dès la véraison le nombre de 20 (avec un maximum de 37 trous observés dans un fruit), mais le nombre de larves et de pupes par fruit n'a jamais dépassé 9 individus tout au long de l'essai.

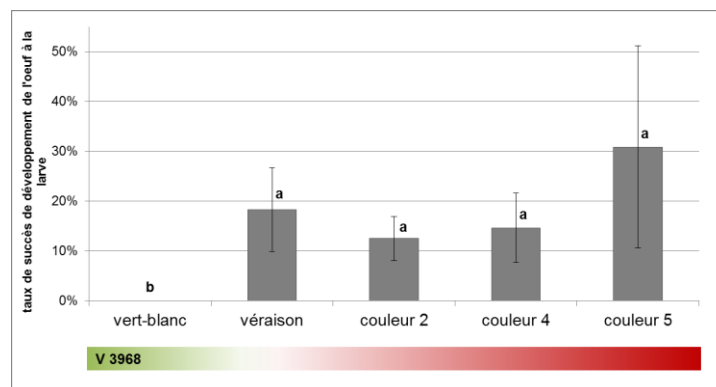


Figure 20 : Taux de succès moyen de développement de l'œuf à la larve pour chaque de stade de maturité observé de la variété V 3968. Les lettres indiquent une différence significative. Les barres d'erreur correspondent aux écart-types.

La fermeté et le taux de sucre des cerises, mesurés pour chaque stade de maturité, sont corrélés avec le taux de fruits présentant des pontes et le taux de fruits avec larves (Tableau 4). En effet, ces deux taux augmentent lorsque la fermeté diminue et le taux de sucre augmente. *Drosophila suzukii* pondrait plus facilement dans des fruits moins fermes et sucrés. La présence de larves dans les fruits serait aussi influencée par ces caractéristiques physico-chimiques du fruit. Elle serait favorisée par les taux de sucre élevés et des fruits moins fermes. La corrélation entre le taux de succès de développement de l'œuf à la larve et

la fermeté de la cerise indique la même tendance (Tableau 4). Les larves se développent mieux quand la fermeté des fruits diminue.

Le stade véraison, à partir duquel le taux de succès de développement de l'œuf à la larve devient positif, présente une fermeté de 92 et un taux de sucre de 8.9 degré Brix en moyenne.

Tableau 4 : Régressions linéaires du taux standard de fruits avec pontes et du taux standard de fruits avec larves en fonction de la fermeté et du taux de sucre des fruits

Variable	Facteur	p-value	coefficient de corrélation r ²	Equation
taux standard de fruits avec pontes	fermeté	0,01029	0,1158	taux standard de fruits avec pontes = -0,0021814*fermeté + 0,3612370
	sucre	0,022	0,1187	taux standard de fruits avec pontes = 0,007897*sucre + 0,082326
taux standard de fruits avec larves	fermeté	5,669*e-5	0,2613	taux standard de fruits avec larves = -0,0037641*fermeté + 0,3973092
	sucre	0,00081	0,2366	taux standard de fruits avec larves = 0,012439*sucre - 0,064408
taux de succès de développement de l'œuf à la larve (variété V3968)	fermeté	0,00171	0,4296	taux de succès développement = -0,006043*fermeté + 0,661458
	sucre	0,4192		

Une analyse de corrélation avec l'acidité des fruits n'a pas pu être effectuée dû à des problèmes de mesures.

2 ESSAI EN CONDITIONS D'INFESTATION NATURELLE AU VERGER

Les prélèvements au verger montrent, comme l'essai en infestation contrôlée, que *Drosophila suzukii* est capable de pondre dans les fruits à tous les stades de maturité pour les deux variétés suivies (à l'exception de la couleur vert chez Coralise). Le taux de fruits avec pontes apparaît cependant variable, malgré une tendance notable pour la variété Balrine où il semblerait augmenter avec les stades de maturité (Figure 21).

L'observation de larves dans les fruits ne se fait qu'à partir de la fin de la véraison et de la couleur 1 (Figure 21). Le stade véraison à couleur 1 pour la variété Coralise se caractérise par une fermeté de 89 et un taux de sucre de 11.3 degré Brix. Le stade couleur 1 de la variété Balrine présente, quant à lui, une fermeté de 91 et un taux de sucre de 13.2 degré Brix. Le taux de fruits avec larves augmente avec l'évolution du fruit en maturité pour la variété Balrine (Figure 21(b)). En ce qui concerne la variété Coralise, il est plus stable. Il oscille entre 15 et 26% pour les stades allant de la véraison à la couleur 5 (Figure 21(a)).

Les taux de fruits avec larves ne sont ici pas toujours inférieurs aux taux de fruits avec pontes (Figure 21(a)).

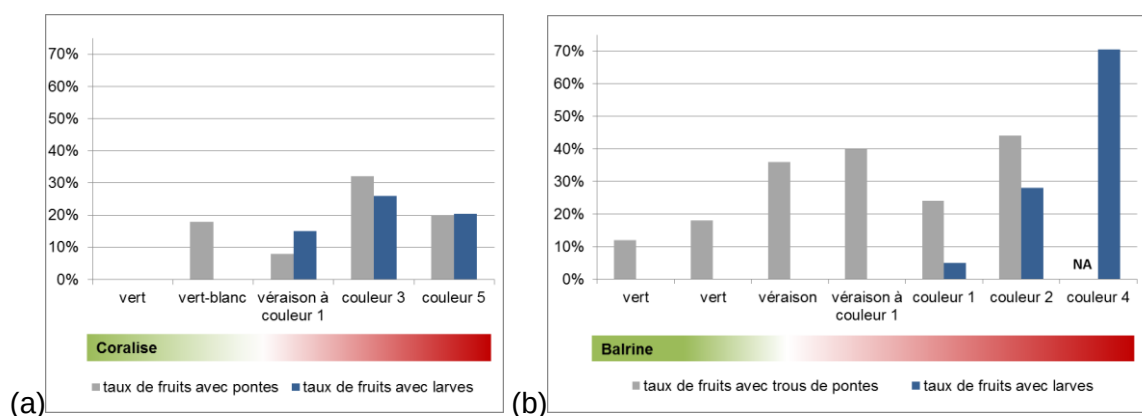


Figure 21 : Taux de fruits avec trous de pontes et taux de fruits avec larves en fonction des stades de maturité du fruit pour la variété (a) Coralise et la variété (b) Balrine

IV DISCUSSION

A SUIVI DES POPULATIONS DE *DROSOPHILA SUZUKII*

1 DISCUSSION DES RESULTATS

Cette troisième année de suivi au sein du projet CASDAR a permis d'obtenir un certain nombre de données complémentaires et de confirmer plusieurs observations faites auparavant. Elle apporte également de nouveaux résultats.

L'évolution des captures de l'insecte au cours de ces trois ans confirme les observations précédentes, avec la présence régulière de deux pics au verger dans l'année au printemps et en automne (Weydert et al., 2015). Ils peuvent être dus à une arrivée en masse d'adultes dans le verger ou à une forte émergence de nouveaux individus. La première hypothèse serait plus probable pour le pic en début de printemps. Il pourrait correspondre à l'arrivée des individus hivernants qui viennent des zones boisées environnantes. De plus, l'importance des pics automnaux dans le verger et hivernaux dans le bois s'explique peut-être par l'accumulation en fin d'année des générations issues des nombreux cycles de développement (Cini et al., 2012), et non à l'émergence d'une seule nouvelle génération (Bacci, 2011). Ces importantes captures en hiver dans les bois poussent également à penser que *Drosophila suzukii* passerait l'hiver dans ces zones sous forme adulte. L'observation d'un phénotype hivernal soutiendrait cette hypothèse (P. Shearer, données non publiées). Les pics en début de printemps dans le verger sont moins importants et laissent à penser qu'il existe peut-être une forte mortalité des individus qui ont hiverné. Les captures moins importantes peuvent aussi s'expliquer par la perte d'efficacité de l'attractif du piège qui entre en compétition avec les fruits présents.

L'étude a fait ressortir des corrélations entre les niveaux de captures et certains facteurs climatiques, les principaux étant la température, l'humidité relative minimale et la durée du jour. Une analyse de corrélations réalisée sur les captures de 2013 indiquait également que l'humidité minimale et la température moyenne étaient à retenir pour l'explication du nombre de captures (B. Dufaÿ, données non publiées). Le fait que la température influe sur le développement de l'insecte (Dalton et al., 2011; Tochen et al., 2014) soutient également ces résultats. Même si ces résultats donnent des tendances, elles doivent être nuancées car en fonction de la période de l'année, il est possible que le sens de la corrélation soit inversé. Par exemple, l'augmentation de la température favorise l'insecte jusqu'à un certain seuil. Au-delà de 30°C, la température n'est plus adéquate pour le ravageur (Tochen et al., 2014). De plus, les pics de fortes captures en hiver dans les zones boisées ont pu influencer les corrélations et minimiser des liens de corrélations pendant d'autres périodes de l'année.

Les corrélations plus faibles trouvées pour les captures dans le verger sont peut-être dues à la présence des fruits, qui reste une caractéristique importante du verger. Une forte corrélation avec la présence de cerises était donc attendue mais n'a pas été observée. La méthode de notation de ce facteur n'est peut-être pas assez représentative de son importance dans la réalité.

L'analyse du sex-ratio suggère que les femelles résisteraient mieux à l'hiver que les mâles car elles sont plus nombreuses en début de printemps. Il est possible qu'elles soient aussi plus attirées par l'attractif en sortie d'hiver du fait qu'elles recherchent des zones de pontes. Le déséquilibre du sex-ratio au printemps est peut-être dû à ces deux hypothèses. Cette

balance en faveur des femelles lors des premières captures après l'hiver avait également été observée en 2011 lors de suivis aux Etats-Unis (Dalton et al., 2011).

L'étude réalisée montre qu'aucun lien ne peut encore être fait entre les taux de dégâts et les captures. Le suivi de pièges ne peut pas encore être utilisé comme un outil d'aide à la décision pour la mise en place de stratégies de lutte. Il présente cependant un intérêt pour étudier les mouvements de populations et apporter des éléments pour la compréhension des facteurs qui les influencent.

2 PISTES D'AMELIORATION ET PERSPECTIVES

Afin d'affiner l'analyse de corrélation entre les niveaux de captures et les facteurs climatiques, il serait intéressant de découper l'année en plusieurs périodes, de mars à septembre et de septembre à mars par exemple, qui correspondent aux solstices. Une découpe par saison peut de même être envisagée. Les résultats montrent néanmoins sur quels facteurs il serait intéressant de se focaliser. En effet, la combinaison de la matrice de corrélations et de l'analyse en composantes principales indique les facteurs non corrélés à retenir pour des analyses plus approfondies (Modèle Linéaire Généralisé). Ces dernières seront réalisées dans le cadre du projet CASDAR pour l'ensemble des suivis réalisés par les partenaires. Les facteurs à conserver sont la température moyenne ou la durée du jour et l'humidité relative minimale. La température moyenne est choisie car les températures minimale et maximale présentent le même coefficient de corrélation qu'elle avec les niveaux de captures. L'humidité relative minimale est retenue car elle est plus fortement corrélée aux captures que les humidités relatives moyenne et maximale. Une pondération des différents facteurs en fonction de la période de l'année peut également être envisagée.

Il faut également noter que les analyses ont été faites avec une approximation du nombre de captures par jour alors que les relevés ne sont faits que tous les sept jours. Pour se rapprocher des captures réelles, il serait plus adéquat de ne considérer les captures qu'au moment des relevés et de les comparer aux évolutions des facteurs climatiques de la semaine précédente (cumuls, moyennes, etc.).

Bien qu'aucune corrélation directe n'ait été démontrée entre les taux de dégâts et les cumuls de captures, il serait intéressant de renouveler l'étude dans d'autres régions suivies par les partenaires du projet. En effet, la région de Nîmes présente une forte pression de *Drosophila suzukii* et aucune corrélation ne peut sans doute être faite avec ces importantes populations. Un site avec une pression moindre fera éventuellement ressortir des corrélations.

L'attractivité des pièges est aussi à remettre en cause. Il semble qu'en présence de fruits, ils perdent de leur efficacité d'attraction de l'insecte. Il serait nécessaire de comparer l'attractivité des pièges au laboratoire en conditions de choix face à des cerises. Les recherches d'attractifs les plus efficaces possibles durant la période des fruits doivent être également poursuivies. Les relevés de captures hebdomadaires ne permettent donc d'avoir qu'une image de la population de *Drosophila suzukii*, liée à l'attractivité du piège à un instant T. Cette image peut être plus ou moins éloignée de la réalité. L'essai de piégeage massif réalisé cette année par le centre Ctifl de Balandran confirme ce fait. Un total de 173 pièges/ha a été posé et l'extrapolation des captures sur la parcelle étudiée indique que plus de 70 000 *Drosophila suzukii* auraient été capturées. Les taux de dégâts se sont pourtant élevés à près de 50% (Dufaÿ & Weydert, 2015). Les pièges ne semblent pas apporter une représentation exacte de la population.

Des essais de capture-recapture pourraient être envisagés pour tester la capacité des pièges à représenter la population réelle. Des individus seraient piégés vivants, marqués, puis relâchés dans la parcelle. Une deuxième phase de capture sur la zone permettrait d'observer le nombre d'individus marqués recapturés. Une estimation de la population réelle pourrait être faite à partir de ces observations.

B SENSIBILITE DES STADES DE MATURITE DE LA CERISE A *DROSOPHILA SUZUKII*

1 DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS AU LABORATOIRE

Tout d'abord, il est nécessaire de noter que l'essai avec infestation contrôlée a été réalisé en conditions de non choix (fruits présentés à l'insecte tous au même stade de maturité). Cette option a été choisie afin de mettre en évidence la potentielle capacité de ponte de l'insecte à chaque stade de maturité des cerises, indépendamment de ses préférences de ponte. Ceci aurait pu ne pas être observé en conditions de choix. De plus, pour l'étude du succès de développement de l'œuf à la larve par stade de maturité, l'étude en non choix semblait la plus adéquate. Des études en conditions de choix entre plusieurs stades de maturité de la cerise ont été conduites chez un partenaire du projet CASDAR, la station expérimentale de La Tapy.

Drosophila suzukii est capable de pondre dans les fruits dès le stade fruit vert. Ce résultat rejoint ceux obtenus lors d'autres essais effectués sur cerises en non choix, réalisés aux Etats-Unis en 2011. Les pontes, peu nombreuses, avaient néanmoins été observées sur fruit vert (Lee et al., 2011). Cependant, ces essais avaient montré que le nombre de pontes et le nombre de larves augmentaient avec la maturité des fruits (Lee et al., 2011). Les résultats obtenus cette année montrent qu'entre les stades de maturité allant de la couleur 1 à la couleur 5 à 6, les taux de fruits avec des pontes sont statistiquement équivalents. Concernant le taux de fruits avec des larves, les stades les plus avancés présentaient un taux plus faible que la couleur 1. Ces dissemblances pourraient s'expliquer par la différence de précision des comptages réalisés cette année et dans les essais américains de 2011. Le nombre de fruits touchés a été comparé cette année alors que les essais américains comparaient un nombre d'œufs ou de larves par fruit. De plus, l'analyse a été faite ici toutes variétés confondues contrairement à l'étude citée qui les a étudiées séparément. L'analyse toutes variétés confondues a pu lisser les particularités de chaque variété.

Le taux de succès de développement de l'œuf à la larve a été au maximum de 31% en moyenne sur tous les stades de maturité de la variété V 3968. La variabilité des valeurs a été très importante comme le montrent les écart-types et il n'y a pas eu de différence significative entre les stades de maturité (Figure 20). Le taux de succès a pu varier de 0 à 100% pour les fruits d'un même lot. Cette variabilité du taux de succès est retrouvée dans les essais américains. De même, aucune différence n'est ressortie entre les stades de maturité pour la plupart des variétés testées dans l'article. Malgré cela, le taux de succès a pu quand même atteindre près de 80% en moyenne sur une variété dans ces essais américains (Lee et al., 2011). Il semble donc que le succès de développement de l'œuf à la larve pour *Drosophila suzukii* soit très variable et assez faible en général. Ce résultat est renforcé par le fait que le succès de développement de l'œuf à l'adulte semble moyen, inférieur de 30% à celui de *Drosophila melanogaster* aux mêmes températures (Chabert et al., 2013).

La présence occasionnelle de pourritures des fruits lors de l'expérimentation, due à des traces de miellat qui favorise leur développement, a pu également entraîner un biais dans l'analyse car les observations ont dû être faites plus tôt que prévu.

Le nombre restreint de larves dans les fruits malgré le grand nombre de pontes possible pose également une hypothèse. L'existence d'une compétition entre les larves pourrait expliquer ce phénomène, ajouté au faible taux de succès de développement de l'espèce.

L'augmentation significative du taux de fruits avec des larves après la véraison soulève plusieurs hypothèses. Les œufs n'éclosent peut-être pas dans les fruits immatures, les jeunes larves écloses meurent peut-être également dans ces fruits ou leur développement est tellement ralenti qu'elles ne peuvent pas être observées après une semaine de conservation. Les caractéristiques physico-chimiques des fruits sont en cause.

Les corrélations entre la fermeté, le taux de sucre des fruits et les pourcentages de fruits touchés par des pontes ou des larves sont confirmées par les essais américains réalisés en 2011. *Drosophila suzukii* pondrait plus quand la fermeté des fruits diminue et le taux de sucre augmente. Les larves se développeraient mieux également (Lee et al., 2011).

Il est également nécessaire de noter que tous les fruits ne sont pas toujours attaqués. Ceci peut être dû à la disposition des fruits dans les boîtes. Ces derniers pouvaient être parfois superposés du fait de leur calibre important et donc être moins accessibles pour les femelles. Ce résultat peut aussi s'expliquer par un choix des femelles ou le temps limité d'infestation qui ne leur permet pas de pondre dans tous les fruits. L'âge des femelles est peut-être aussi en cause. Sa variabilité au cours des répétitions, due au fait qu'il n'est pas connu précisément, entraîne le risque de choisir des femelles non fécondées ou trop âgées.

2 DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS AU VERGER

L'étude réalisée au verger confirme les résultats obtenus en conditions d'infestation contrôlée au laboratoire. Même en conditions de choix dans la nature, *Drosophila suzukii* pond dans les fruits dès le stade fruit vert. L'observation de larves ne se fait également qu'à partir de la fin de la véraison. Les cerises étant les premiers fruits disponibles de la saison, il semble que *Drosophila suzukii* cherche à pondre dès la présence de fruits, qu'ils soient mûrs ou non.

L'observation occasionnelle du taux de fruits avec larves supérieur au taux de fruits avec pontes peut être expliquée par les difficultés de comptage de trous de pontes parfois. En effet, il n'y avait pas possibilité de connaître la date de ponte exacte sur les fruits au verger. Il était donc parfois impossible de voir les œufs dans les trous de ponte avec leurs tubes respiratoires. Les trous de ponte ont pu être assimilés à des imperfections, ou des blessures de l'épiderme des cerises. Certains d'entre eux ont donc pu ne pas être comptés alors que des larves étaient déjà en développement.

3 PISTES D'AMELIORATION ET PERSPECTIVES

L'essai en laboratoire pourrait être reconduit, en comptant cette fois les trous de pontes et les larves par fruit pour toutes les variétés. Les fruits pourraient également être débarrassés du miellat avant l'infestation pour diminuer le risque de pourritures.

De même, il serait intéressant de renouveler l'essai au verger en ayant cette fois des répétitions pour une même variété et en comptant, comme au laboratoire, le nombre de pontes et de larves par fruit. Ceci permettrait d'avoir des données de succès de

développement au verger et d'étudier une nouvelle fois l'influence des caractéristiques physico-chimique des fruits.

De plus, si les essais étaient reconduits, il serait indispensable de faire une analyse de l'acidité qui n'a pas fonctionné cette année. Une mesure de la matière sèche du fruit serait également intéressante à analyser, car les fruits verts ne donnent presque pas de jus. La phase aqueuse du fruit a peut-être un impact sur le développement des larves.

Afin de connaître l'influence de chaque critère physico-chimique précisément, il serait intéressant de comparer le nombre de pontes et le nombre de larves avec la variation d'un seul de ces critères. Pour cela, des essais en laboratoire sur milieu artificiel permettraient de ne faire varier que le taux de sucre ou la fermeté par exemple.

Ces essais sur la sensibilité des stades de maturité pourraient également être réalisés sur d'autres espèces fruitières comme l'abricot ou la prune. Cela permettrait aussi d'affiner le positionnement des méthodes de lutte sur ces cultures.

C IMPLICATIONS DES RESULTATS SUR LES METHODES DE LUTTE

Les différentes connaissances obtenues avec cette étude permettent d'apporter des préconisations pour les méthodes de lutte actuelles.

La fermeture des filets insect-proof devrait être faite dans l'idéal avant l'arrivée du ravageur dans le verger et avant le stade fruit vert pour éviter tous risques de ponte (potentiels points d'entrée de pathogènes). Ceci correspondrait à une descente des filets vers mi-mars dans la région Languedoc-Roussillon, c'est-à-dire avant la floraison. Cette fermeture précoce des filets engendrerait la mise en place de ruches à bourdon sous les filets pour la pollinisation. Cette pratique est peu répandue en arboriculture et engendre un coût économique. Il peut être plus raisonnable économiquement de descendre les filets juste après floraison et avant la véraison des fruits, stade à partir duquel les larves peuvent se développer et occasionner des dégâts. Le risque de dégâts avant véraison reste acceptable et des pièges sous les filets permettraient de voir si le ravageur, présent dans le verger, s'est introduit sous les filets.

Les produits phytosanitaires sont généralement positionnés en fonction de leur DAR. La biologie de l'insecte est donc peu prise en compte. Cependant, les produits adulticides pourraient être utilisés au moment du pic de captures de printemps pour réduire les populations. L'application de produits larvicides dès la couleur 1 des fruits est justifiée pour réduire les premiers dégâts potentiels.

En ce qui concerne les parasitoïdes de pupes, deux approches sont possibles : une lutte par introduction ciblée sur la culture de cerisiers et par augmentation avec un parasitoïde exotique, ou une lutte par conservation et augmentation avec un parasitoïde indigène. Pour une introduction ciblée, les parasitoïdes pourraient être lâchés au moment de la couleur 1 des cerises dans le verger ou en automne dans l'environnement des parcelles. Bien qu'ils ne puissent pas réduire la première attaque, ils permettraient de réguler les générations suivantes et de contenir l'augmentation de population. En fonction de la durée de vie du parasitoïde, la date de lâcher devra être plus ou moins précise. Les conditions climatiques qui influent sur sa survie devront également être prises en compte. Pour une lutte par conservation, les caractéristiques biologiques du ravageur sont moins déterminantes. Il sera surtout nécessaire de mettre en place des pratiques favorables au développement du parasitoïde.

Les informations sur le sex-ratio sont intéressantes pour une possible lutte par lâchers de mâles stériles. La période la plus adéquate semblerait être au milieu de l'automne, car le sex-ratio est en faveur des femelles et ces dernières passeraient l'hiver fécondées pour le début de l'année suivante (A. Grassi, données non publiées). Il faut tout de même noter que les fortes captures à cette période laissent à penser que les populations sont importantes. L'idéal serait une période où la population est faible et le ratio de mâles faible. Cela permettrait de produire de plus petites quantités de mâles stériles ou incompatibles.

CONCLUSION

Les très hauts niveaux de captures de l'hiver 2014-2015 et l'apparition de forts dégâts tôt dans la saison indiquent que la pression de *Drosophila suzukii* reste toujours importante dans la région nîmoise. Cette pression est variable sur le territoire français mais reste néanmoins préoccupante. La présence durable du ravageur et sa large gamme d'hôtes entraînent des impacts économiques considérables dans de nombreuses filières fruitières. Bien que le projet CASDAR se termine à la fin de cette année 2015, la recherche de stratégies de lutte efficaces et durables contre *Drosophila suzukii* reste un sujet d'actualité.

Cette étude a apporté des éléments de réponse sur la relation hôte-ravageur entre *Drosophila suzukii* et le cerisier. Elle a permis de connaître la capacité de ponte du ravageur qui menace tous les stades de maturité du fruit et de savoir à partir de quel stade les larves commencent à se développer. Cet essai serait à poursuivre en se focalisant cette fois sur les essais en verger. Le suivi des populations fournit également des informations importantes sur le ravageur bien qu'il ne puisse pas encore être utilisé comme un outil d'aide à la décision. Les débuts d'analyse des captures et des facteurs climatiques qui les influencent sont à poursuivre afin de déterminer précisément ces interactions. L'effet de la température, de l'humidité relative minimale et de la durée du jour pourraient permettre de développer des outils d'aide à la décision pour le déclenchement de méthodes de lutte.

Les résultats de cette étude ont également permis d'aboutir à des préconisations pour une optimisation du positionnement des moyens de lutte actuels, tels que les filets insect-proof, et ceux encore en cours de recherche, tels que la lutte autocide.

Après trois ans de projet, des interrogations sur la biologie du ravageur sont encore présentes et gênent la mise en place d'une gestion efficace de *Drosophila suzukii*. La complexité de ce ravageur induit la poursuite des recherches et de l'expérimentation qui permettront d'aboutir à sa maîtrise dans le temps.

La présence de *Drosophila suzukii* tout au long de l'année dans l'environnement des parcelles souligne le fait que la lutte chimique n'est qu'une solution à court terme. Une régulation est nécessaire au-delà de l'échelle du verger lui-même. Les nouvelles méthodes de lutte envisagées, telles que la lutte autocide et le biocontrôle, peuvent apporter des solutions à long terme pour la gestion du ravageur.

Un projet visant à développer des méthodes de biocontrôle contre *Drosophila suzukii* devrait être déposé prochainement et serait une continuité nécessaire au projet CASDAR.

BIBLIOGRAPHIE

- Antony, C., & Jallon, J. M. (1982). The chemical basis for sex recognition in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, 28, 873–880.
- Bacci, V. (2011). *Etude du comportement au verger et recherche de méthodes de lutte contre Drosophila suzukii*. VetAgro Sup.
- Baker, R., Baufield, P., Grassi, A., Guitan Castrillon, J. M., Hauser, M., Hueppelsheuser, T., Knight, J., Reynaud, P., Petter, F., & Sunley, R. (2010). PEST RISK ANALYSIS: *Drosophila suzukii*, (11-17189), 1–75.
- Bolda, M. P., Goodhue, R. E., & Zalom, F. G. (2010). Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agric. Resour. Econ. Update*, 13, 5–8.
- Brunner, C. (2015). *Drosophila suzukii* sera une fois de plus au coeur de la prochaine campagne cerise. *Fruits & Légumes Distribution*, (977), 4.
- Butault, J. P., Dedryver, C. A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J. M., Nicot, P., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I., & Voley, T. (2010). Ecophyto R&D - Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ?, 8p.
- Calabria, G., Máca, J., Bächli, G., Serra, L., & Pascual, M. (2010). First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe: First record of *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 136(1-2), 139–147. <http://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01583.x>
- Chabert, S., Allemand, R., Poyet, M., Eslin, P., & Gibert, P. (2012). Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. *Biological Control*, 63(1), 40–47. <http://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.05.005>
- Chabert, S., Allemand, R., Poyet, M., Ris, N., & Gibert, P. (2013, January). *Drosophila suzukii*, vers une lutte biologique contre ce ravageur des fruits rouges. *PHYTOMA - La Défense Des Végétaux*, (660).
- Chambre d'Agriculture Provence-Alpes-Côte-d'Azur, & Station d'expérimentation La Pugère. (2013). Guide de protection fruitière intégrée 2013. *Objectifs Info Arbo*, 66–67.
- Charlot, G., & Pinczon du Sel, S. (2015, June). *Variétés rouges et bicolores*. Presented at the Présentation variétale cerise - Synthèse variétale et points techniques, Ctifl centre de Balandran.
- Cini, A., Ioriatti, C., & Anfora, G. (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.
- Conseil de l'Union européenne. Directive 2000/29/CE du Conseil du 8 mai 2000 concernant les mesures de protection contre l'introduction dans la Communauté d'organismes nuisibles aux végétaux ou autres produits végétaux et contre leur propagation à l'intérieur de la Communauté, Pub. L. No. L 169 (2000).
- Ctifl, La Tapy, AOP Cerises, & FNPF. (2015, May 13). Eléments techniques à prendre en considération pour la protection phytosanitaire Cerise 2015, contre la mouche de la cerise et *Drosophila suzukii*.
- Dalton, D. T., Walton, V. M., Shearer, P. W., Walsh, D. B., Caprile, J., & Isaacs, R. (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 Management Science*, 67, 1368–1374.
- Dreves, A. J., Walton, V. M., & Fisher, G. C. (2009). A New Pest Attacking Healthy Ripening Fruit in Oregon - Spotted wing *Drosophila*: *Drosophila suzukii* (Matsumura). *Corvallis*,

- Or.: Extension Service, Oregon State University, 1–6.
- Dufaÿ, B., & Weydert, C. (2015, June). *Drosophila suzukii* - Biologie, suivi des vols et moyens de protection. Presented at the Présentation variétale cerise - Synthèse variétale et points techniques, Ctifl centre de Balandran.
- Edin, M., Lichou, J., & Saunier, R. (1997). *Cerise: les variétés et leur conduite* (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes). Paris: Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 238 p.
- EPPO. (2013). PM 7/115 (1) *Drosophila suzukii*. *EPPO Bulletin*, 43(3), 417–424. <http://doi.org/10.1111/epp.12059>
- Gabarra, R., Riudavets, J., Rodríguez, G. A., Pujade-Villar, J., & Arnó, J. (2014). Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *BioControl*, 60(3), 331–339.
- 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 Management Science*, 67(11), 1352–1357. <http://doi.org/10.1002/ps.2265>
- HDC. (2014). UK and EU SWD Research Projects - Living Document, 1–7.
- Kanzawa, T. (1936). Studies on *Drosophila suzukii* Mats. *Journal of Plant Protection (Tokyo)*, 23, 66–70., 127–132, 183–191. Abstract in Review of Applied Entomology, 24, 315.
- Kanzawa, T. (1939). Studies on *Drosophila suzukii* Mats. *Kofu, Yamanashi Agric. Exp. St.*, 49 pp. Abstract in Review of Applied Entomology, 29, 622.
- Keeseey, I. W., Knaden, M., & Hansson, B. S. (2015). Olfactory Specialization in *Drosophila suzukii* Supports an Ecological Shift in Host Preference from Rotten to Fresh Fruit. *Journal of Chemical Ecology*, 41(2), 121–128. <http://doi.org/10.1007/s10886-015-0544-3>
- Kuske, S., Hunkeler, M., Eicher, O., & Kehrli, P. (2015). Stratégie de lutte contre *Drosophila suzukii* en vergers haute-tige. *Agroscope Fiche Technique*, (19), 2 p.
- Landolt, P. J., Adams, T., & Rogg, H. (2012). Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol: Trapping spotted wing drosophila. *Journal of Applied Entomology*, 136(1-2), 148–154. <http://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01646.x>
- Lee, J. C., Bruck, D. J., Curry, H., Edwards, D., Haviland, D. R., Van Steenwyk, R. A., & Yorgey, B. M. (2011). The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest Management Science*, 67(11), 1358–1367. <http://doi.org/10.1002/ps.2225>
- Mandrin, J.-F., Weydert, C., & Trottin-Caudal, Y. (2010). Un nouveau ravageur des fruits: *Drosophila suzukii* - Premiers dégâts observés sur cerises. *INFOS CTIFL*, (266), 29–33.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. (2012). Fiches CAS DAR 2012 - lauréats appel à projets "innovation et partenariat," 1–24.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. (2013). Structure des exploitations fruitières et légumières - Evolutions entre les recensements agricoles de 2000 et 2010. *Agreste Les Dossiers*, (16).
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. (2014a). Agreste GraphAgri : l'agriculture, la forêt et les industries agroalimentaires 2014, 220 p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. (2014b). Infos rapides Cerise: Production nettement supérieure à celle de 2013. *Agreste Conjoncture Fruits*, (3), 1–4.
- Mitsui, H., Beppu, K., & Kimura, M. T. (2010). Seasonal life cycles and resource uses of

- flower- and fruit-feeding drosophilid flies (Diptera: Drosophilidae) in central Japan. *Entomological Science*, 13(1), 60–67. <http://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2010.00372.x>
- Tochen, S., Dalton, D. T., Wiman, N., Hamm, C., Shearer, P. W., & Walton, V. M. (2014). Temperature-Related Development and Population Parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on Cherry and Blueberry. *Environmental Entomology*, 43(2), 501–510.
- Valéry, L., Fritz, H., Lefeuvre, J.-C., & Simberloff, D. (2008). In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. *Biological Invasions*, 10(8), 1345–1351. <http://doi.org/10.1007/s10530-007-9209-7>
- Walsh, D. B., Bolda, M. P., Goodhue, R. E., Dreves, A. J., Lee, J., Bruck, D. J., Walton, V. M., O'Neal, S. D., & Zalom, F. G. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive Pest of Ripening Soft Fruit Expanding its Geographic Range and Damage Potential. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1), 1–7. <http://doi.org/10.1603/IPM10010>
- Warner, G. (2013, May 15). SWD challenges growers - High pressure from spotted wing drosophila is likely to be the norm. *GOOD FRUIT GROWER*, 64(10), 20–22.
- Weydert, C. (2015, March). *Drosophila suzukii* en verger AB - Travaux réalisés dans le cadre du projet CASDAR D. suzukii. Presented at the Rencontre technique Agriculture biologique Fruits Ctifl - ITAB, Ctifl centre de Balandran.
- Weydert, C., & Bourgouin, B. (2012). *Drosophila suzukii* menace l'arboriculture fruitière et les petits fruits - Point de situation sur cette mouche, ravageur nouveau et déjà très nuisible, et ce qu'on peut faire contre elle. *PHYTOMA - La Défense Des Végétaux*, (650), 16–20.
- Weydert, C., & Mandrin, J.-F. (2014, July). *Mieux connaître Drosophila suzukii et mieux la combattre - Efficacité des produits pour le contrôle de Drosophila suzukii*. Presented at the Après-midi technique de la Tapy - La cerise, Station expérimentale de la Tapy.
- Weydert, C., Mandrin, J.-F., & Bourgouin, B. (2012). Le ravageur *Drosophila suzukii*: Point sur la situation en arboriculture fruitière et petits fruits. *INFOS CTIFL*, (279), 45–52.
- Weydert, C., Mandrin, J.-F., & Trottin-Caudal, Y. (2014). *Drosophila suzukii*: connaissance et pistes de contrôle. *Le Point Sur - Maladies et Ravageurs*, (6), 1–8.
- Weydert, C., Mandrin, J.-F., & Trottin-Caudal, Y. (2015). Le ravageur émergent *Drosophila suzukii*: Bilan de deux années d'études dans le cadre du projet CASDAR. *INFOS CTIFL*, (310), 26–36.

SITOGRAPHIE

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (2015). Browse Data – Production/Crops by Domain [en ligne]. Disponible sur le World Wide Web: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (consulté le 08/04/2015)
- [2] Agence Bio (2015). Tables de données – Téléchargez ici les données brutes de certification – Données départementales par espèces (2011-2014) [en ligne]. Disponible sur le World Wide Web : <http://www.agencebio.org/les-donnees> (consulté le 07/08/2015)
- [3] Ctifl (2014). Variétés et porte-greffe du cerisier – Variétés rouges [en ligne]. Disponible sur le World Wide Web : http://www.ctifl.fr/Varietes_Cerise/listeficheproduit.aspx?type=VARIETE (consulté le 11/08/2015)
- [4] Ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire (2015). E-phy – Accès alphabétique des substances actives [en ligne]. Disponible sur le World Wide Web : <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> (consulté le 12/08/2015)

AGROCAMPUS
OUEST

☒ CFR Angers

☐ CFR Rennes



Année universitaire : 2014 - 2015

Spécialité :

Horticulture

Spécialisation (et option éventuelle) :

Gestion Durable du Végétal en horticulture
et aménagements paysagers

Mémoire de Fin d'Études

☒ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques,
agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques,
agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Amélioration des connaissances sur le ravageur *Drosophila suzukii* afin d'affiner les méthodes de lutte en verger de cerisiers

ANNEXES

Par : Cyrielle MASSON



Soutenu à AGROCAMPUS OUEST centre d'Angers le 08 septembre 2015

Devant le jury composé de :

Président : Josiane Le Corff

Maître de stage : Claire Weydert

Enseignant référent : Yann Tricault

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

Bruno Jaloux, MCF AGROCAMPUS OUEST
entomologie

Jérôme Jullien, Expert référent national en
Surveillance biologique du territoire Ministère de
l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt -
DGAL/SDQPV)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Présentation du Ctifl (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes)

Annexe II : Principaux modes de conduite du cerisier

Annexe III : Matériel de mesure

Annexe IV : Localisation géographique des essais

Annexe V : projet CASDAR « innovation et partenariat » : « *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes pour sa maîtrise rapide et durable »

ANNEXE I : PRESENTATION DU CTIFL (CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL DES FRUITS ET LEGUMES)

(source : www.ctifl.fr, Rapport d'activité 2013 du Ctifl
<http://www.ctifl.fr/DocPdf/activites/CtiflRA.pdf>)

Le Ctifl a été officiellement créé par l'arrêté du 24 septembre 1952 dans le cadre de la loi du 22 juillet 1948 qui fixe le statut juridique des centres techniques industriels (rapport d'activité Ctifl 2013).

Cet organisme à but non lucratif utilise ses savoir-faire technique et économique pour améliorer l'expertise des différents métiers de la filière fruits et légumes et accroître la compétitivité des entreprises. Il travaille en étroite collaboration avec les organismes français impliqués dans la filière tels qu'Interfel, l'INRA, le Cirad, l'Ademe, les stations régionales, les AOP et la DGCCRF.

Ses différentes missions sont définies dans le cadre de ses statuts :

- Mise en œuvre dans son secteur de compétence de la recherche appliquée et de l'expérimentation des résultats afin de favoriser l'innovation technique et les transferts de technologie dans les entreprises de production et de distribution de la filière
- Coordination des méthodes et moyens mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation régionale et destinés à l'acquisition de références fiables afin d'éviter la dispersion des efforts
- Participation à toutes les actions ayant pour but d'établir et d'appliquer les règles de qualité et leur contrôle dans le cadre de la certification fruitière
- Contribution à la formation et l'information des professionnels et techniciens du secteur fruits et légumes

Le Ctifl est également amené à participer à des collaborations au niveau européen et international.

Le budget annuel s'élève à 25,2 millions d'euros et provient principalement de trois ressources :

- La Taxe Fiscale Affectée, qui sera supprimée en 2016 et remplacée par une Contribution Volontaire Obligatoire
- Les subventions pour des programmes déterminés
- Les prestations, les ventes,...

Les actions du Ctifl sont assurées par 278 personnes (ingénieurs, techniciens, cadres, employés administratifs, ouvriers agricoles) réparties entre le siège social, l'antenne spécialisée et les centres d'expérimentation.

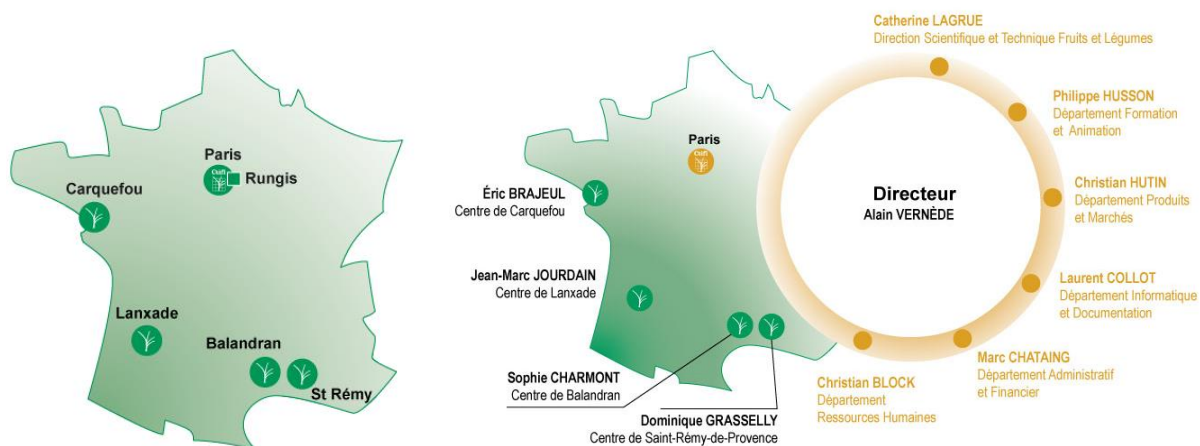


Figure : Centres, antennes et comité de direction du Ctifl (source : www.ctifl.fr)

Le centre de Balandran, situé sur la commune de Bellegarde dans le Gard, est implanté au cœur du grand bassin de production du Sud-Est (un quart de la production française de fruits et légumes). Il constitue avec le centre de Saint-Rémy-de-Provence le « pôle Ctifl Rhône-Méditerranée » spécialisé sur la qualité et les technologies. L'activité du centre est assurée par 76 salariés permanents et s'appuie sur 75 ha d'exploitation :

- 43 ha en vergers dont 19 ha en production
- 2,4 ha de serres et de tunnels
- 20 ha pour les légumes de plein champ
- 3 ha en agriculture biologique

Plusieurs laboratoires sont aussi à disposition des équipes pour la réalisation des essais (laboratoires de culture *in vitro*, d'entomologie, d'analyse sensorielle, ...).

Les principaux axes de travail sont l'évaluation des variétés et porte-greffes, l'optimisation des itinéraires techniques, depuis la mécanisation des opérations à l'économie des intrants dont l'énergie et l'étude des méthodes alternatives de protection des cultures. Les principales espèces étudiées sont la pêche, l'abricot, la cerise, la pomme, la fraise, le melon, la tomate, l'aubergine et la courgette.

ANNEXE II : PRINCIPAUX MODES DE CONDUITE DU CERISIER

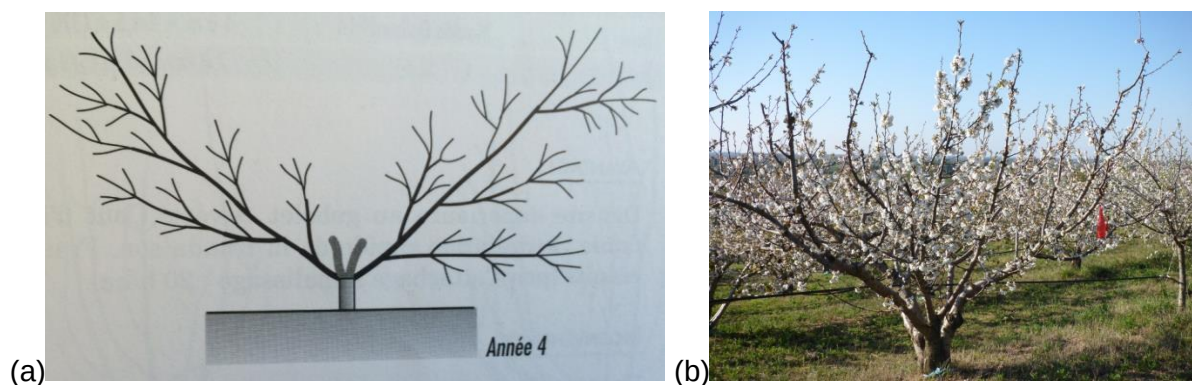


Figure : (a) Schéma d'un cerisier conduit en gobelet en 4^{ème} année (source : Edin et al., 1997) et (b) Photographie d'un cerisier conduit en gobelet (source : Cyrielle MASSON, Bellegarde, 07/04/2015)

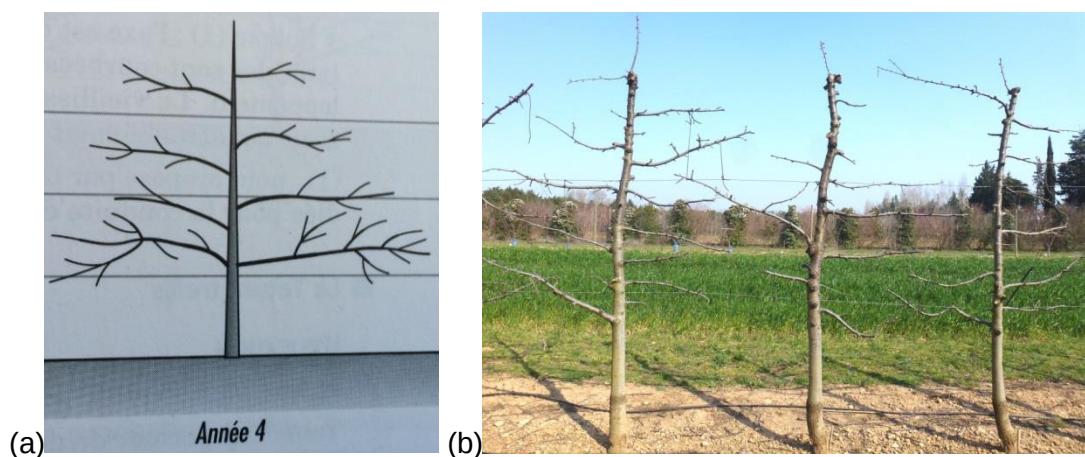


Figure : (a) Schéma d'un cerisier conduit en axe en 4^{ème} année (source : Edin et al., 1997) et (b) Photographie d'un cerisier conduit en axe (source : Gérard Charlot, centre Ctifl de Balandran, 12/03/2015)

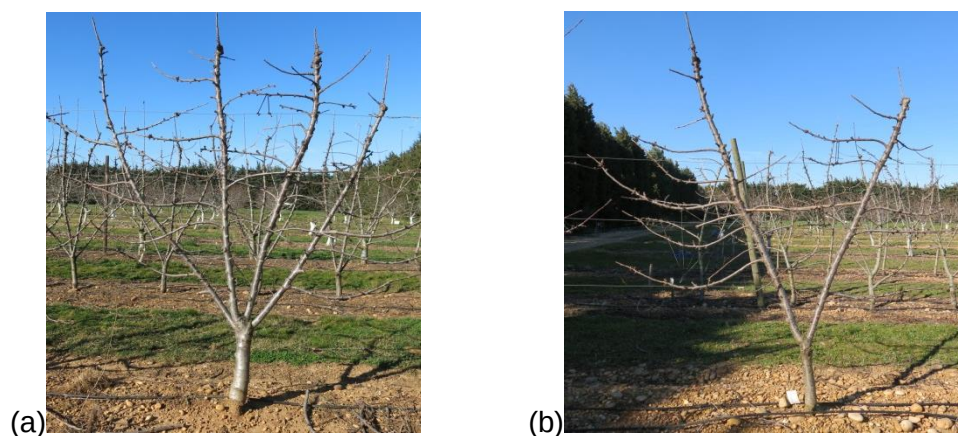


Figure : (a) Photographie d'un cerisier formé en palmette (source : Gérard Charlot, centre Ctifl de Balandran, 05/03/2015) et (b) Photographie d'un cerisier formé en bi-axe (source : Gérard Charlot, centre Ctifl de Balandran, 05/03/2015)

ANNEXE III : MATERIEL DE MESURE

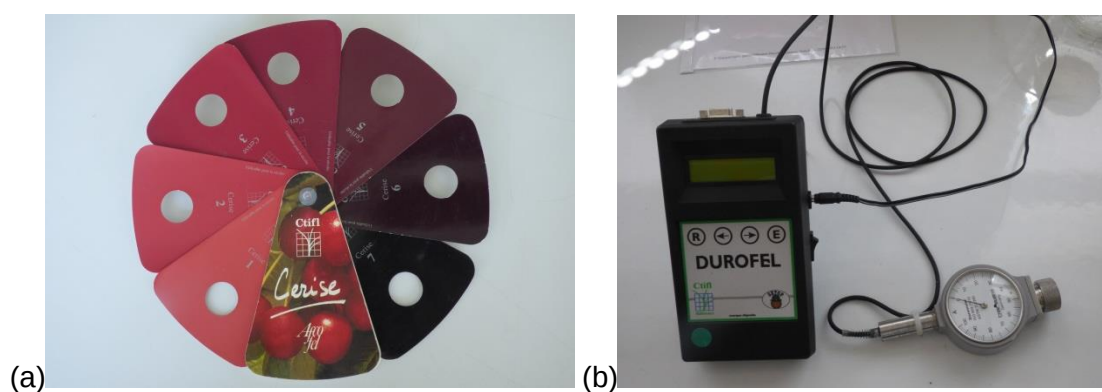


Figure : (a) Code couleur Ctifl pour l'estimation de la couleur des cerises et (b) Duromètre électronique Durofel pour la mesure de fermeté (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 26/08/2015)



Figure : Réfractomètre pour la mesure du taux de sucre des fruits (source : Cyrielle MASSON, centre Ctifl de Balandran, 26/08/2015)

ANNEXE IV : LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES ESSAIS

SUIVI DES POPULATIONS

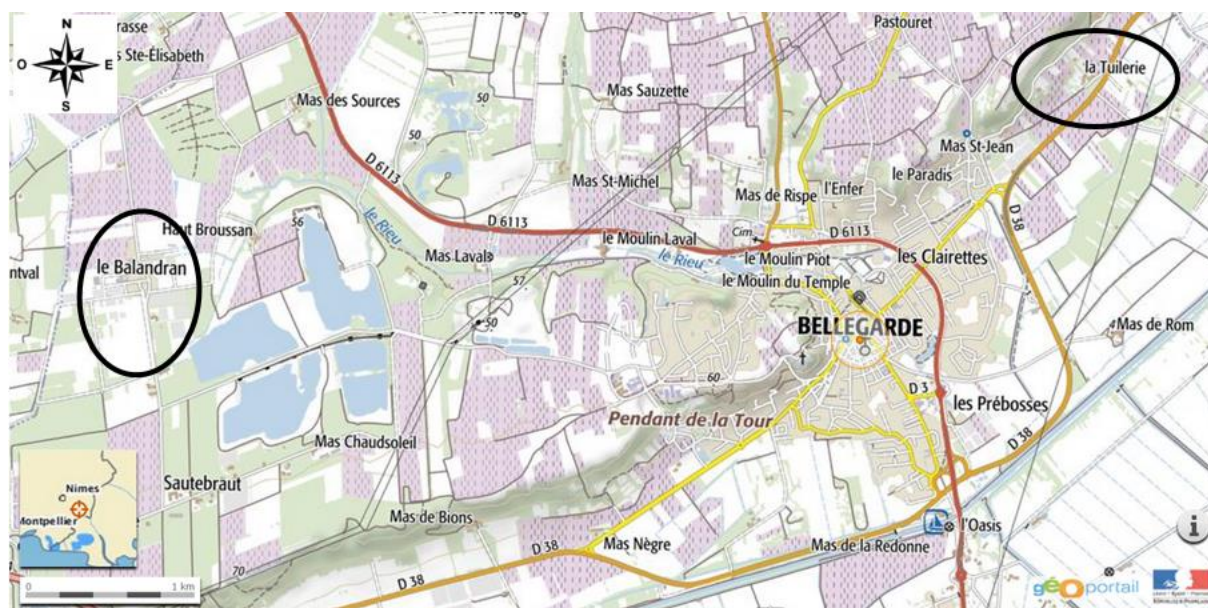


Figure : Plan IGN des deux sites de suivi de populations (source : <http://tab.geoportail.fr/>)

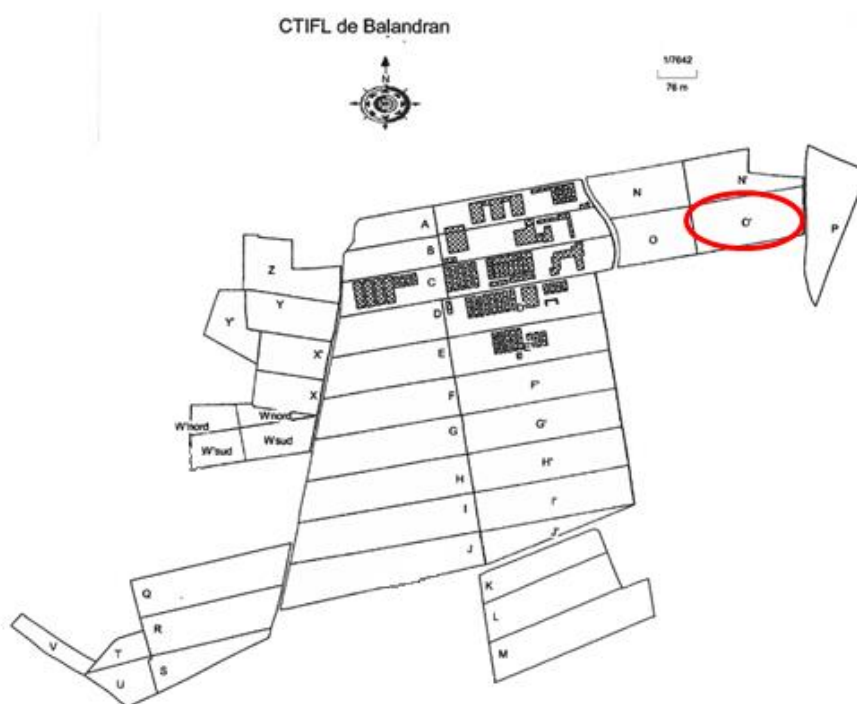


Figure : Plan d'exploitation du centre de Balandran du Ctifl avec les pièges de suivi W' sud, J et la parcelle O' où se situe 6 pièges (source : https://portail-extranet.ctifl.fr/CTIFL_Balandran/Documents%20partages/Plans/Plan%20exploitation.pdf)

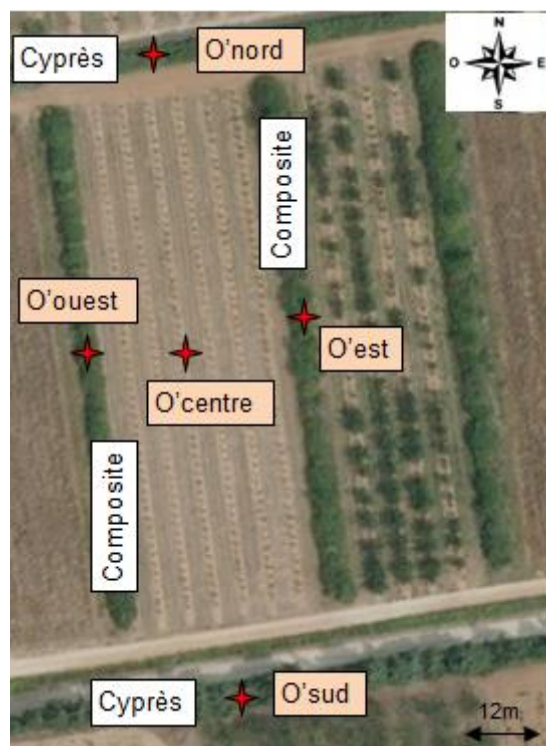


Figure : Plan de la parcelle O'5 avec les pièges de suivi (source : <http://tab.geoportail.fr/>)

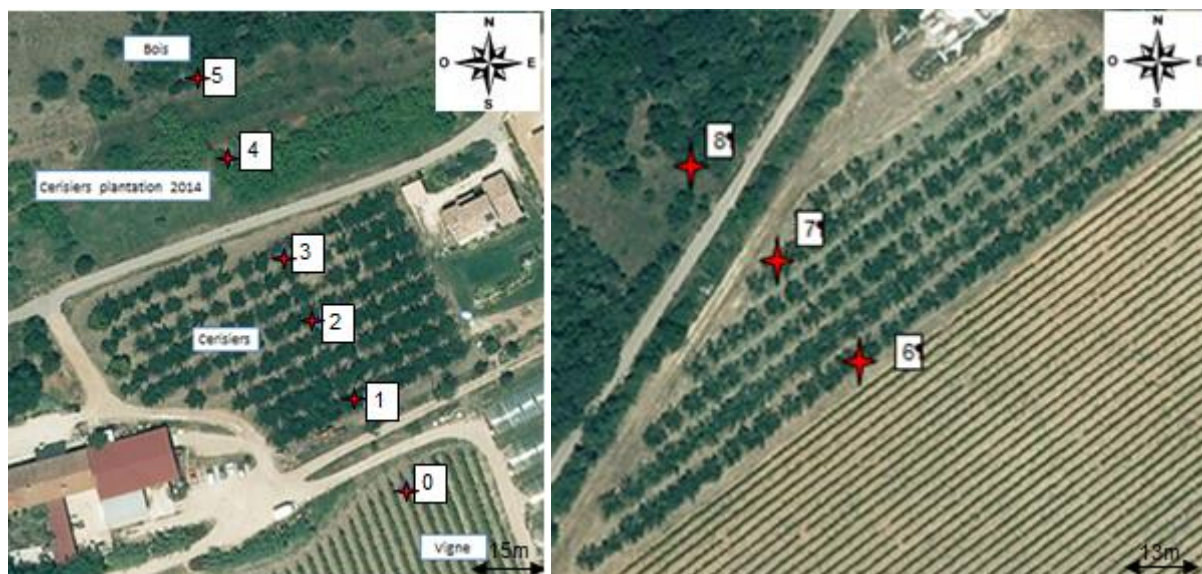


Figure : Plan des parcelles 1 et 2 chez le producteur à Bellegarde avec la position des pièges de suivi (source : <http://tab.geoportail.fr/>)

Identification de la parcelle			
NOM DE LA PARCELLE : REUSE		Distance par rapport à la station météo (en m): 5 km	Pression D. suzukii en 2014 : (forte / moyenne / faible) forte
Coordonnées GPS : latitude : N 43 ° 45 ' 52,3 " longitude : E 4 ° 31 ' 26,8 " altitude (m) :		Structure / Partenaire :	Personne responsable du suivi : CW / JFM
Caractéristiques de la parcelle			
Espèce : Cerisier	Situation géographique : (plaine / coteau / bas fond) Coteau sud-est	Gestion de l'enherbement : (non maîtrisé / tenu bas / sol nu)	bé dense, tenu bas jusqu'à l
Variété(s) : Primulat, Burlat	Exposition au vent : (forte / moyenne / faible) moyenne	Abords de la parcelle : (bois / haie / point d'eau / friche)	cultures
Superficie : 3875,06 m²	Aération des arbres : (bonne / moyenne / nulle) faible	Irrigation : (gag / micro-aspiration / autre / aucune)	aspersion
Conventionnel / AB / PBI / non traité : AB			
Plein champ / Tunnel / Hors-sol :			
Protection D. suzukii en place (piégeage massif, filets...) : aucune			
Positionnement des pièges			
Si piégeage en continuité depuis 2014, date du dernier relevé 2014 : 22/12/2014			
Si non, date d'installation des pièges en 2015 :			
Position dans la parcelle	Distance au piège principal (m)	Type d'environnement (bois, haie, culture...)	
Piège N°1 : Centre	Piège N°2 : 40	Raisin de table	
	Piège N°3 : 30	Cerisier, rang de bordure, talus	
	Piège N°4 : 30	Cerisier, range de bordure, route	
	Piège N°5 : 60	Cerisiers 2ème feuille	
	Piège N°6 : 100	Lisière bois chêne vert	

Figure : Fiche d'identification de la parcelle 1 du producteur

SENSIBILITE DES STADES DE MATURITE

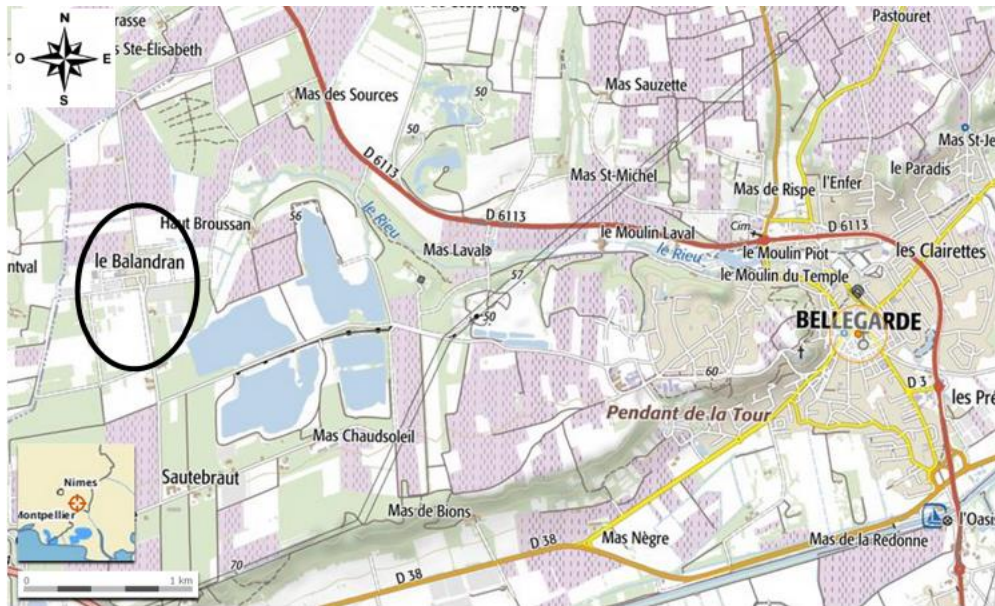


Figure : Plans IGN des parcelles utilisées (source : <http://tab.geoportail.fr/>)



Figure : Plan des parcelles O et O' avec les variétés utilisées lors des essais de sensibilité des stades de maturité des cerises (source : <http://tab.geoportail.fr/>)



Figure : Plan de la parcelle J avec la variété Coralise utilisée pour l'essai sensibilité des stades de maturité au verger (source : <http://tab.geoportail.fr/>)

ANNEXE V : PROJET CASDAR « INNOVATION ET PARTENARIAT » :
« DROSOPHILA SUZUKII : CONNAISSANCE DU RAVAGEUR, CARACTERISATION DU
RISQUE ET EVALUATION DE METHODES POUR SA MAITRISE RAPIDE ET
DURABLE »

(source : Dossier final de candidature 2012)

RESUME

Originaire d'Asie, *Drosophila suzukii* connaît depuis 2008 une progression spectaculaire de son aire de répartition. Identifiée en France depuis 2010, elle cause des dégâts très importants sur de nombreuses espèces fruitières, notamment sur cerises, fraises et framboises, allant jusqu'à compromettre la production et à déstabiliser certaines filières. L'objet de ce projet est d'acquérir des connaissances sur le comportement du ravageur dans les cultures, d'expliquer les facteurs en cause dans le risque d'attaque par *D. suzukii* et d'apporter des solutions pour la maîtrise du ravageur, efficaces, durables, adaptées aux différentes cultures concernées et compatibles avec la production intégrée (PI) et l'agriculture biologique (AB).

ORGANISME CHEF DE FILE :

Nom : Ctifl (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes)

Adresse : 22, Rue Bergère 75009 Paris

Téléphone/fax 01-47-70-16-93 / 01-42-46-21-13

Mail (où sera adressée la liste des lauréats) : lagrue@ctifl.fr

CHEF DE PROJET :

Le CV du chef de projet est à fournir en annexe

Nom, Prénom : Claire WEYDERT

Organisme employeur : Ctifl

Adresse : Ctifl Centre de Balandran, 751, chemin de Balandran 30127 BELLEGARDE

Téléphone/fax : 04-66-01-10-54/ 04-66-01-62-28

Mail : weydert@ctifl.fr

I- PRESENTATION GENERALE DU PROJET

I.1. Objectifs poursuivis :

L'objectif de ce projet est de permettre aux producteurs de mieux connaître le risque associé à *D. suzukii*, de leur apporter des moyens optimisés de protection contre *D. suzukii* et d'initier des travaux sur des méthodes de contrôle innovantes (lutte biologique notamment). Différentes méthodes de gestion (chimique, physique, biologique) seront envisagées afin de pouvoir proposer un panel de mesures adaptées à la diversité des cultures et des situations (sanitaires, économiques, commerciales...). Les stratégies de protection proposées seront donc évaluées en terme d'efficacité sur le ravageur mais aussi de durabilité du point de vue environnemental et économique, afin de pouvoir orienter les producteurs dans leur choix de la ou des stratégies les mieux adaptées. Ces préconisations s'appuieront préalablement sur une phase d'acquisition de connaissances sur la biologie du ravageur dans les agro-systèmes et leurs proches voisinages.

I.2. Les enjeux et la motivation des demandeurs :

D. suzukii représente une importante menace à court terme pour différentes filières agricoles. Ses caractéristiques (polyphagie, courte durée du cycle...) en font en effet un redoutable ennemi des cultures contre lequel aucun moyen de protection efficace n'est actuellement disponible.

En France, de très importants dégâts ont ainsi été déplorés en 2011 sur des cultures :

- de cerise : abandons de la récolte ou refus de certains lots déjà conditionnés,
- de framboises : nombreuses pertes totales de récolte, pertes économiques estimées à 7-8 millions d'euros en Aquitaine,
- de fraise, notamment sur les variétés remontantes dans les Alpes Maritimes et en Aquitaine : arrêt de production en août, 400 tonnes de fraises écartées,
- de pêche et abricot : des dégâts observés dans les Pyrénées Orientales sur des fruits récoltés à maturité (destinés à une commercialisation en circuits courts) ou sur les derniers passages de récolte,
- de mûres, de myrtilles.

Sans solutions de contrôle efficaces, certaines productions (cerises et petits fruits rouges notamment), sont fortement menacées à court terme. Au-delà des entreprises qui produisent ces fruits, c'est également toute la filière qui est menacée, notamment en terme d'image, des fruits apparemment sains pouvant par la suite présenter des dommages lors de leur distribution, vente ou consommation. Le tissu social lié à ces activités sera aussi impacté.

Face à cette situation, les professionnels des principales filières concernées espèrent pouvoir bénéficier de dérogations pour l'utilisation exceptionnelle en 2012 de produits phytopharmaceutiques afin d'assurer à court terme la maîtrise du ravageur. En parallèle, ils souhaitent voir se mettre en place des actions d'expérimentations visant à apporter des solutions efficaces et viables, qui ne compromettent pas les progrès réalisés en termes de protection des cultures (notamment Production Intégrée en cultures fruitières et légumières). En effet la production intégrée risque d'être mise à mal si la solution chimique est la seule disponible.

L'enjeu de ce projet est donc de permettre le maintien de la production dans les filières concernées en apportant des solutions répondant à des exigences fortes sur les plans technique, économique et environnemental. Les stratégies proposées doivent permettre de maintenir ou rétablir la pérennité de la production tout en étant compatibles avec les exigences du plan Ecophyto, qui a fixé un objectif de diminution de 50% de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques à l'horizon 2018.

I.3. Présentation des actions

Action 1. Etat des lieux et élaboration de méthodologies communes

Dans le cadre de cette action, une **synthèse bibliographique** des connaissances sur le ravageur et sur les moyens de protection existants, déjà débutée, sera poursuivie en début de projet et réactualisée avant le début de chaque nouvelle campagne d'essais. Cette synthèse sera transmise à tous les partenaires du projet et les éléments principaux seront présentés au comité de pilotage du projet. Elle constituera un des éléments pris en compte pour la définition des axes de travail et les éventuelles réorientations du projet.

L'élaboration de **méthodologies communes** est également prévue dans cette action. Les partenaires du projet bénéficieront pour cela de méthodologies préexistantes, déjà utilisées pour l'étude de *D. suzukii* ou d'autres insectes (ravageurs des cultures ou non). Ces méthodologies seront amenées à évoluer tout au long du projet : ces évolutions feront l'objet d'une concertation systématique entre les partenaires.

L'élaboration de certains protocoles nécessitera des mises au point méthodologiques, réalisées la première année du projet.

Cette étape d'harmonisation des protocoles et des fiches de notation sera garante de l'efficacité de l'approche « réseau » mise en place pour le suivi du ravageur et l'évaluation des stratégies de protection. Les résultats obtenus par les partenaires dans des contextes culturels différents, pourront être agrégés et analysés au sein d'une base de données commune.

Action 2. Acquisition de connaissances sur le ravageur et caractérisation du risque dans le cadre d'un réseau de parcelles

Cette action vise à améliorer les connaissances sur le ravageur, selon deux approches complémentaires :

La réalisation d'expérimentations en situations contrôlées, en laboratoire ou au champ.

Les expérimentations en milieu contrôlé doivent permettre l'acquisition rapide de connaissances sur la biologie et le comportement du ravageur, connaissances qui seraient difficiles à acquérir par des observations au verger et qui apparaissent indispensables pour la compréhension des relations ravageur/hôte/environnement. Ces expérimentations porteront sur la sensibilité variétale à *D. suzukii*, les déplacements de l'insecte à l'échelle de la culture et sur la sensibilité au froid/chaud de l'insecte aux différents stades de son développement.

La mise en place d'un réseau de suivi du ravageur.

Chaque entité de ce réseau sera centrée sur une culture hôte de *D.suzukii* ou potentiellement hôte, suivie par l'un des partenaires du projet. L'objectif de ce réseau multi-espèces et interrégional est de pouvoir identifier les éléments qui interviennent dans le risque de présence et d'attaque de *D. suzukii*. A partir de ces observations et de l'analyse des résultats, des actions prophylactiques pourront être testées afin de diminuer le risque. La connaissance fine des relations culture/ ravageur permettra en outre de mieux choisir et positionner d'éventuelles stratégies de protection.

Action 3. Adaptation et mise au point de stratégies de protection, évaluation de leur efficacité et durabilité

Cette action vise à mettre au point, évaluer et rendre disponibles des stratégies de protection efficaces et durables. Des essais seront mis en place à la fois dans les parcelles du Ctifl et des stations régionales et chez des producteurs. Ils porteront sur les principales espèces ayant connu des dégâts en 2010 et/ou 2011 (cerise, fraise, framboise, pêche, abricot), mais aussi sur des espèces qui pourraient présenter des dégâts au cours du projet (raisin de table, prune). Les expérimentations porteront sur les mesures d'assainissement des cultures (préventives ou curatives), sur la protection par application de produits insecticides ou

répulsifs, la protection physique (par filets insect-proof), le piégeage massif et la lutte biologique. Les différents moyens de protection seront dans un premier temps testés seuls, puis en association afin d'optimiser la protection.

Chaque méthode de protection sera évaluée sur les plans technique (efficacité, compatibilité avec les schémas de production, impact sur d'autres maladies, ravageurs etc.) et économique (coût de mise en œuvre, d'entretien etc.).

Les stratégies les plus neutres vis-à-vis de l'environnement seront privilégiées.

Action 4. Coordination, communication et transfert

Cette action vise à assurer la coordination des partenaires du projet, la communication au sein du projet et avec les interlocuteurs extérieurs (recherche –technique – conseil- firmes – production), et à assurer le transfert des résultats obtenus vers le public cible. Les réseaux existants de diffusion seront privilégiés, à savoir la presse technique et scientifique spécialisée, les rencontres techniques et commissions des stations régionales. Des visites de terrains seront organisées afin de faciliter l'appropriation par les producteurs, des stratégies proposées.

I.4 Partenariats

I.4.1 Partenaires retenus :

- ***partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet (destinataires de financements CAS DAR, avec lettre d'engagement***

Ctifl

Stations régionales : Arefe, Sefra, Invenio, La Tapy, Centrex, Serfel, Aprel, Cefel, Grab, ADIDA

INRA : Equipe « Recherche et Développement en Lutte Biologique », UMR « Institut Sophia-Agrobiotech » (Centre INRA PACA)

CNRS : UMR Biométrie et Biologie évolutive

- ***autres partenaires techniques (hors financements CAS DAR)***

Partenaires du réseau national d'expérimentation fruits et légumes

Membres du Groupe de travail national mouches des fruits et du groupe de travail national protection intégrée légumes sous abri (dont la fraise)

Techniciens d'OP et des chambres d'agriculture

- ***partenaires associés au comité de pilotage du projet***

Ensemble des partenaires techniques,

DGAL - SDQPV,

FNPF, AOP nationales cerise, fraise, prune, pêche, abricot et raisin de table, AVFF (Association de Valorisation de la Framboise Française),

- ***partenaires financiers***

Co-construction avec projet ANR « SuzEurIn » (cf §1.4.4.)

I.4.2. Préciser les modalités retenues pour le partenariat :

Dans le cadre de ce projet, une convention entre le Ctifl, porteur, et l'ensemble des partenaires de réalisation sera établie et définira la composition et les modalités de fonctionnement du comité de pilotage.

I.4.3. Evolution du partenariat :

La station régionale AREFE est un nouveau partenaire du projet. Sa participation permettra au projet de couvrir une autre zone du territoire national et ainsi d'acquérir d'avantages de références sur le ravageur. L'AREFE sera en mesure de diffuser les résultats du projet auprès des producteurs du grand Est de la France.

I.4.4. Inscription éventuelle de ce projet au sein d'un projet plus vaste présenté dans le cadre d'un autre appel à projet.

Comme précisé dans la figure ci-dessous, ce projet CASDAR est complémentaire du projet "**SuzEurIn** - Tracking real time adaptation : insight from the *D. sukuzii* european invasion " déposé dans le cadre de l'appel à projet ANR BioAdapt (Réponse attendue pour mi-avril) par Patricia Gibert (Chargée de Recherche CNRS ; Lyon 1).

Des synergies sont plus particulièrement attendues au niveau de :

- la connaissance de l'écologie de *D. sukuzii* et de potentiels ennemis naturels locaux dans différents compartiments du paysage (milieux cultivés, abords des cultures, milieux « sauvages »). Comme indiqué sur le graphique par le nombre de « + », les investissements sont différenciés entre les projets CASDAR et ANR, en accord avec les logiques des deux types d'appels à projets. Les efforts combinés sur les deux projets permettront de mieux comprendre l'écologie de *D. sukuzii*, un paramètre clé pour la gestion du risque.

- l'évaluation de parasitoïdes locaux ou exotiques comme candidat pour une lutte biologique. Comme mentionné dans la partie II.1 (bibliographie), aucun auxiliaire efficace n'est à ce jour identifié. Les travaux actuellement initiés et qui seraient démultipliés dans le cadre du projet SuzEurIn permettraient d'identifier des auxiliaires candidats dont l'efficacité au champ pourrait commencer à être évaluée dans le cadre du CASDAR. Cette répartition des tâches répond à la logique des deux appels d'offres.

Les deux projets sont complémentaires et indépendants: les travaux du projet CASDAR peuvent être réalisés indépendamment des résultats acquis dans le projet SuzEurIn. Si le projet SuzEurIn n'était pas lauréat de l'appel à projets ANR, les connaissances déjà acquises permettraient quand même de réaliser les actions programmées dans le cadre du projet CASDAR.

A noter également que :

- une thèse a débuté en octobre dans le laboratoire de l'UMR Biométrie et Biologie évolutive. Elle porte sur les réponses des communautés de drosophiles et leurs parasitoïdes face à l'invasion par *D. sukuzii*. Dans ce cadre, sont prévues des études physiologique, populationnelle et écologique qui contribueront également aux deux points précédemment évoqués (Ecologie de *D. sukuzii* et des ennemis naturels ; Evaluation au laboratoire

d'auxiliaires potentiels). Cette bourse de Thèse ne finance toutefois que le salaire du Doctorant.

- des collaborations internationales, formelles ou informelles, seront recherchées notamment avec des organismes européens de recherche et d'expérimentation. Des contacts sont déjà pris et des échanges ont déjà eu lieu, notamment dans le cadre d'un groupe de travail « méthodologie » co-organisé par le Ctifl et La Tapy, qui s'est rassemblé le 6 février 2012 et auquel participaient l'IRTA (Espagne), l'ACW (Suisse), l'IASMA (Italie).

- d'autres co-financements que le CASDAR et l'ANR devront être vraisemblablement recherchés, en particulier pour pérenniser les activités de Recherche et Développement de lutte biologique ;

- un projet Européen pourrait voir le jour, dans le cadre de l'appel à projet du FP7 KBBE.

II- PROGRAMME DE TRAVAIL ET ORGANISATION

II.1. Présentation des actions :

Action 1. Etat des lieux et élaboration de méthodologies communes

Tâche 1 – Etat des lieux, bibliographie

Cette action vise dans un premier temps à faire un état des lieux complet des acquis sur *D. suzukii* au niveau international, afin de préciser les questions de recherche et d'expérimentation au regard des dernières connaissances. Cette synthèse sera mise à jour chaque année avant la mise en place des essais et sera diffusée auprès des partenaires du projet.

Tâche 2 – Elaborations de méthodologies communes

Dans un deuxième temps, les partenaires du projet élaboreront des méthodologies d'étude harmonisée, adaptées aux différents types d'expérimentations, aux différentes cultures et situations agronomiques. Ces protocoles seront évolutifs : ils seront améliorés, adaptés, précisés, au fur et à mesure de l'acquisition de connaissances sur le ravageur. L'utilisation de ces méthodes harmonisées sera la garantie d'une exploitation possible des résultats obtenus par les partenaires.

La mutualisation des connaissances et compétences, notamment en terme de reconnaissance du ravageur et mise en place d'essais, pourra prendre la forme de mini-formations organisées entre les partenaires du projet.

Certains partenaires du futur projet CASDAR prévoient dès 2012 la mise en place d'essais, et travaillent pour cela à des mises au point méthodologiques et à la rédaction de protocoles qui serviront de base pour cette action.

Les thèmes qui nécessitent la formalisation de protocoles communs sont les suivants :

-Comparaison de types de pièges : un protocole de comparaison des types de pièges et attractifs sera défini. Il précisera les modalités de mise en place des essais et la méthode statistique de traitement des résultats.

-Elevage de *D. suzukii* à des fins expérimentales : les conditions d'élevage, de transport etc. seront précisées. Ce travail pourra s'appuyer sur l'expérience déjà acquise par les partenaires du projet, notamment par le laboratoire du CNRS qui maîtrise déjà cet élevage.

-Suivi des vols : le suivi des vols par piégeage sera réalisé par les partenaires du projet selon un même protocole, en utilisant le même matériel (piège et attractifs) qui aura été éprouvé pour ses caractéristiques : attractif, sélectif, pratique, peu cher etc. Différents types de pièges sont déjà envisagés.

-Observation de fruits sauvages et cultivés : trois types d'observations sont possibles : l'observation directe des larves dans les fruits par dissection, la mise en saumure (eau + sucre ou sel) des fruits pour observation des larves qui sortent des fruits, la mise en conservation pour l'observation des adultes ayant émergé. Ces méthodes présentent chacune des avantages et inconvénients et apportent des informations complémentaires. Des tests préliminaires réalisés en amont du projet permettront de déterminer celles qui conviennent aux différents types d'expérimentations et résultats recherchés.

-Suivi des déplacements de l'insecte : des essais par marquage des insectes à la poudre fluorescente sont envisagés. Une étape préliminaire à ces essais sera la mise au point des protocoles d'élevage, de marquage, de lâcher, de capture et d'observation. Ce travail est amorcé au Ctifl dès 2012.

-Protocole d'évaluation de mesures prophylactiques

-Protocoles d'évaluation de l'efficacité de produits : des protocoles communs seront formalisés. Cette action sera entreprise en lien avec la DGAL (Direction Générale de l'Alimentation) et les SRAL (Services Régional de l'Alimentation), et s'appuiera sur la méthode CEB (Commission des Essais Biologiques) « Mouches des fruits » qui est encours de révision.

- Protocoles d'évaluation du piégeage massif : la rédaction de ces protocoles pourra s'appuyer sur l'expertise des partenaires ayant déjà évalué ce type de méthodes sur d'autres diptères, notamment sur *Ceratitis capitata*.

- Protocole d'évaluation de la protection par filets insect-proof : la méthode de suivi de la présence du ravageur dans la culture protégée et des éventuels dégâts sera précisée.

- Protocole d'évaluation au champ de l'efficacité de parasitoïdes et de prédateurs, naturels ou introduits : les méthodes d'introduction, d'étude de la répartition du prédateur ou parasitoïde et de son installation seront élaborées en s'appuyant sur l'expertise du CNRS et de l'INRA et des partenaires techniques ayant déjà évalué des parasitoïdes en condition de culture.

Réalisation :

La tâche 1 sera réalisée par le Ctifl qui sollicitera l'appui des partenaires du projet sur les sujets sur lesquels ils ont une expertise particulière.

La tâche 2 sera réalisée par l'ensemble des partenaires. Une réunion annuelle sera organisée pour permettre la rédaction des protocoles, et sera suivie de réunions physiques en petits groupes sur des thématiques ciblées.

Indicateurs de suivi

- Recensement des données bibliographiques
- Recensement des résultats d'essais réalisés sur *D. suzukii*,
- Recensement des méthodologies existantes d'étude du ravageur, résultats, efficacité, avantages et inconvénients des méthodes
- Nombre de réunions de rédaction et de concertation sur les méthodologies

Indicateurs d'évaluation

- Synthèse bibliographique actualisée sur la biologie de l'insecte et les stratégies de protection
- Liste des protocoles rédigés et mis à jour chaque année
- Protocoles d'étude du ravageur et des stratégies de protection harmonisés et actualisés : mise à disposition de tous les partenaires du projet.
- Feuilles de notation associées à chacun des protocoles

Action 2. Acquisition de connaissances sur le ravageur et caractérisation du risque dans le cadre d'un réseau de parcelles

Objectif : comprendre les éléments clés de la biologie et du comportement du ravageur dans les cultures et leur environnement proche, afin de caractériser le risque d'attaque d'une culture par *D. suzukii*. L'objectif final est de pouvoir déterminer, à partir des caractéristiques de la culture et de son environnement, et d'une surveillance de la présence de l'insecte, quel est le risque d'attaque, et d'entreprendre la mise en place de mesures prophylactiques et /ou de contrôle du ravageur en agissant sur la culture et son environnement. S'il convient de mettre une stratégie de protection en place, on souhaite pouvoir déterminer à quel moment cette stratégie doit intervenir et quel type de stratégie choisir.

Les observations réalisées jusqu'alors sur *D. suzukii*, en France et à l'étranger, montrent :

- **qu'il existe une très forte hétérogénéité de présence de *D. suzukii*.**
Cette hétérogénéité, dont on ne connaît pas à ce jour les facteurs explicatifs, est observée aussi bien au niveau régional, local, mais aussi entre parcelles de différentes espèces et à l'intérieur d'une parcelle de même espèce et même variété.
- **qu'il n'est pas possible actuellement de déterminer une relation entre le taux de capture et le risque de dégâts.**

Tâche 1 – Connaissance du ravageur – Essais en conditions contrôlées et collections variétales

Des travaux sur la biologie de l'insecte seront conduits, afin d'apporter des éléments de compréhension du comportement de *D. suzukii* dans les cultures. La synthèse bibliographique réalisée dans l'action 1 et réactualisée annuellement permettra de réorienter

les études à conduire en fonction des données préalablement acquises dans ou en dehors de ce projet.

- Etude de la sensibilité variétale : Cette étude sera réalisée dans un à deux sites pour les espèces cerise, fraise et framboise la première année du projet. Il s'agira de comparer les niveaux d'attaque de fruits de différentes variétés d'une même espèce, qui auront subi strictement les mêmes opérations culturales. L'objectif est de déterminer s'il existe des sensibilités variétales aux attaques de *D. suzukii*, ce qui à terme pourrait permettre d'orienter les préconisations de variétés dans les situations où la lutte contre le ravageur est la plus difficile (situations de forte pression, production biologique etc.).

- Etude des déplacements de *D. suzukii* à l'échelle de la culture et de son environnement proche. Il est prévu d'utiliser une méthode de coloration des insectes, lâchers et recapture, dont la mise au point aura été initiée en 2012 par le Ctifl. L'objectif est de caractériser, à l'échelle d'un verger ou d'une culture sous abris, et de son environnement proche, quelle est la capacité de déplacement de *D. suzukii*. La méthode pourra également être employée pour comparer l'aire d'attractivité de différents types de pièges et attractifs.

- Test de la résistance au froid et chaud des pupes/adultes/larves (essais en conditions contrôlées). Nous avons pour le moment peu d'informations sur la façon dont *D. suzukii* passe l'hiver, les quelques travaux réalisés jusqu'à maintenant suggèrent que cette espèce survit à la saison froide au stade adulte et donc qu'elle présente une remarquable capacité de résistance au froid. Une autre hypothèse est que, tout comme *D. melanogaster*, *D. suzukii* soit une espèce survivant à l'hiver en trouvant refuge dans les habitats anthropiques (Kimura 2004). L'objectif de cette partie sera (i) de préciser la gamme thermique compatible avec le développement complet de cette espèce ainsi que les conditions d'hivernation de *D. suzukii*, (ii) de préciser d'éventuels refuges hivernaux. Ces informations pourraient permettre d'aider à la prédiction du risque et d'améliorer un meilleur contrôle de cette espèce.

Tâche 2 – Mise en place d'un réseau de suivi et d'observation du ravageur en situation de culture

L'objectif principal de cette tâche sera d'identifier les éléments de la culture, de l'environnement proche et des autres conditions (géographiques, climatiques) qui conditionnent le risque de présence et d'attaque de *D. suzukii*.

Un second objectif sera de comprendre la distribution des parasitoïdes indigènes dans et aux alentours de la parcelle (cf Action 3).

Pour cela, un réseau de parcelles sera mis en place afin d'étudier les relations entre les différents compartiments : culture/ environnement proche. Par environnement proche, on entend dans cette action les parcelles ou éléments de paysage qui jouxtent la culture suivie, dans un rayon maximal de 50 mètres autour de cette parcelle.

Les parcelles pourront être suivies plusieurs années de suite ou une seule année. Le choix annuel des parcelles sera discuté avec l'ensemble des partenaires.

Les espèces suivies pourront elles aussi évoluer en fonction des observations réalisées en amont du projet ou au cours du projet. Des espèces n'ayant pas subi de dégâts en 2011,

mais potentiellement attaquées (selon la bibliographie ou les données de pays étrangers) pourront être étudiées, notamment la prune et le raisin de table.

Il sera possible de suivre d'autres espèces si ces deux dernières ne subissaient pas d'attaques.

Tous les résultats de ces suivis seront compilés dans un tableau de saisie commun partagé entre les différents partenaires du projet.

Les données seront traitées par une analyse multifactorielle, afin de mettre en évidence les éléments de structure et de composition de la culture et de l'environnement proche, et du climat au niveau local, qui conditionnent l'intensité de la présence de l'insecte et la présence d'attaques dans les fruits de la parcelle.

Chaque parcelle du réseau sera suivie selon un protocole commun minimum (observations de base), auquel pourront s'ajouter, sur certaines parcelles ciblées, des observations complémentaires.

Le tableau présenté en Annexe 5 indique pour chaque partenaire du projet l'espèce concernée par le suivi et le type de suivi réalisé (observations de base ou complémentaires).

Les observations de base seront les suivantes :

- la première année, la réalisation d'un plan détaillé de la parcelle et de son environnement proche (rayon d'environ 50m), en indiquant les espèces végétales présentes (sauvages et cultivées), et notamment les espèces potentiellement hôtes, identifiées d'après une liste positive d'espèces (issue de la bibliographie réalisée dans l'action 1). La parcelle sera géoréférencée.
- l'acquisition des données météo (au minimum température) annuelles au niveau local, et lorsque cela est possible au niveau de la culture.
- l'inventaire des opérations culturales sur les parcelles, et toute opération dans les parcelles ou leur environnement proche qui pourrait avoir une incidence sur l'insecte : gestion de l'enherbement, irrigation, traitements insecticides, piégeage massif etc.
- un suivi par piégeage de la présence de l'insecte dans la parcelle, toute l'année, plus ou moins fréquent en fonction de la présence ou non de l'insecte (entre une fois par mois et une fois par semaine).
- un comptage des dégâts dans les fruits de la parcelle au moment de la récolte (selon le protocole qui aura été préétabli dans l'action 1).

Observations complémentaires :

- un suivi par piégeage de la présence de l'insecte dans les compartiments de l'environnement proche de la parcelle (zones identifiées comme potentiellement hôtes de l'insecte ex : haies, parcelles cultivées attenantes, bois, friches etc.), toute l'année, plus ou moins fréquent en fonction de la présence ou non de l'insecte (entre une fois par mois et une fois par semaine) dans un rayon n'excédant pas 50 mètres.

L'hivernation se ferait au stade adulte, notamment sous la forme de femelles fécondées, dans des abris naturels (litière, anfractuosités des arbres etc). Ce suivi devrait permettre l'acquisition de connaissances approfondies sur les lieux d'hivernation de l'insecte.

- un suivi approfondi des fruits de la parcelle, selon le protocole qui aura été préétabli. Ce suivi sera réalisé à une fréquence allant d'une fois par semaine à une fois toutes les deux semaines selon l'espèce suivie. Il permettra une étude approfondie du développement de l'insecte dans les différentes cultures : stade de sensibilité des fruits, lieu et durée des différents stades de développement de l'insecte. Le lieu où s'effectue la pupaison (fruit ou sol) sera notamment étudié.

- un suivi de la présence de larves dans les fruits de l'environnement proche des parcelles au fur et à mesure de leur maturité (d'après un calendrier de suivi pré-établi).

- un suivi des populations des parasitoïdes de drosophiles dans et autour de la parcelle à l'aide de pièges attractants « bananes » : 1 piège dans la parcelle et 2 pièges diamétralement opposés par rapport à la parcelle et situés à moins de 250m de la parcelle. La pose et le relevé de ces pièges aura lieu toutes les 6 semaines entre mars et octobre.

- une mise en conservation des fruits de la culture suivie et de l'environnement proche dans lesquelles la présence de larves et/ou pupes aura été avérée, pour la recherche d'éventuels parasitoïdes. Les parasitoïdes émergés seront envoyés à l'INRA pour détermination. Des individus frais pourront alors être envoyés à l'INRA et/ou au CNRS pour étudier l'efficacité du parasitisme des individus en situation de laboratoire.

- une estimation du nombre et identification des différents prédateurs généralistes ou spécialisés susceptibles de contribuer à la régulation de *D. suzukii*.

Réalisation :

Tâche 1 : L'étude de la sensibilité variétale sera réalisée sur cerise par le Ctifl, La Tapy et la Serfel ; sur fraise par le Ctifl et Invenio ; sur framboise par l'ADIDA. L'étude des déplacements de *D.suzukii* sera réalisée par le Ctifl. Les tests de résistances au froid seront réalisés par le CNRS.

Tâche 2 : La base de recueil des données de suivi sera mise au point par le Ctifl qui la mettra à disposition des partenaires, responsables de la saisie de leurs résultats. La compilation et l'analyse des résultats seront effectuées par le Ctifl avec l'appui technique des autres partenaires. Les suivis seront réalisés par le Ctifl et les stations régionales selon la répartition présentée en Annexe 5.

- **indicateurs de suivi**
- Organisation du réseau de suivi
- Mise au point de la base de données pour l'acquisition des résultats de suivi du ravageur
- Nombre de parcelles suivies pour chaque espèce
- Nombre de suivis avec observations complémentaires
- Compte-rendu des suivis

- **indicateurs d'évaluation**
- Acquisition des données de suivi des parcelles

- Analyse des données

- Identification des facteurs de la culture et de son environnement proche qui déterminent le risque de présence et d'attaque de *D. suzukii*

- Hypothèses sur les modes de gestion de la parcelle et de l'environnement proche à mettre en œuvre pour éviter la présence/ les attaques de *D. suzukii*

Action 3. Adaptation et mise au point de stratégies de protection, évaluation de leur efficacité et durabilité

Objectif : Mettre au point, évaluer et rendre disponible des stratégies de protection adaptées aux différentes cultures concernées, viables du point de vue économique et environnemental et compatibles avec la Production Intégrée (PI) ou l'Agriculture Biologique (AB).

L'objectif de cette action est double : il s'agit d'acquérir des références sur des solutions de protection transférables dès la fin de la première année du projet, qui répondent donc à l'urgence de la situation, mais aussi d'avancer vers la recherche de moyens de protection utilisables à moyen terme, qui pourraient nécessiter un développement au-delà de la durée du projet.

La rapidité de mise en place, l'efficacité, le coût des différentes stratégies seront évalués afin de pouvoir ensuite orienter le choix des producteurs vers l'une des stratégies testées. Une attention particulière sera portée sur l'influence des stratégies testées sur le système de culture : modifications climatiques dans les tunnels, perturbation des équilibres de la faune auxiliaire etc.

En outre, la protection dirigée contre *D. suzukii* devra prendre en compte autant que possible les autres ravageurs de la culture, afin de tendre vers la mise en place de stratégies de lutte globales, de sorte à réduire leur incidence sur l'environnement, notamment sur la faune auxiliaire, mais aussi sur l'équilibre économique de l'exploitation. Dans le cas de la cerise par exemple, les stratégies proposées devront être en mesure de contrôler à la fois les deux ravageurs *Rhagoletis cerasi* et *D. suzukii*. De même dans le cas de la pêche, avec la mouche méditerranéenne *Ceratitis capitata*. Les observations de dégâts devront donc porter sur les deux ravageurs.

Dès la deuxième année du projet, des stratégies associant plusieurs méthodes de protection seront testées, ce qui pourra permettre de valoriser dans des stratégies efficaces, des méthodes de protection à efficacité partielle.

Les expérimentations seront conduites dans les serres et parcelles du Ctfl et des stations régionales d'expérimentation et sur des sites de production. Les essais réalisés en situation de production permettront de tester la compatibilité des stratégies avec les pratiques culturales des producteurs. Les espèces concernées par les expérimentations seront prioritairement la cerise, la fraise et la framboise. Des essais seront prévus sur d'autres espèces si des dégâts sont avérés (notamment pêche, raisin de table).

Les résultats des essais conduits dans le cadre du projet devront pouvoir être communiqués librement entre les partenaires du projet et diffusés auprès du public cible.

Le tableau présenté en Annexe 5 indique la répartition des essais conduits sur les différentes espèces par les différents partenaires. Cette répartition pourra évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de connaissances et en fonction du développement des méthodes de lutte. Par exemple des essais prévus sur des stratégies de piégeage massif pourront être remplacés par des essais d'introduction de parasitoïdes s'il s'avère pertinent d'augmenter le nombre de ces essais une année donnée. La répartition des essais sera discutée chaque année au cours du comité de pilotage du projet.

- détails des actions par méthode de protection

- 3.1. Mesures d'assainissement des cultures (préventives ou curatives)

Mesures préventives : Il est prévu dans cette action de tester l'impact sur les niveaux de population et les niveaux de dégâts de différentes mesures prophylactiques : augmentation de la fréquence des récoltes, récoltes précoces, amélioration de l'état sanitaire de la culture par ramassage des fruits atteints etc.

Mesures curatives : Dans le cas de cultures atteintes par *D. suzukii*, des essais sur les méthodes de destruction des fruits seront mis en place afin de pouvoir préconiser des méthodes permettant d'éliminer au maximum l'inoculum. Il est prévu de tester une destruction des fruits par compostage, par la chaleur (solarisation sous bâche plastique) et par enfouissement. On testera également des méthodes d'assainissement de cultures de fraise sous abris par montée en température.

Des essais porteront sur l'efficacité d'un passage au froid de fruits atteints : on cherchera à savoir si un stockage au froid (température et durée du stockage seront à préciser) peut permettre de bloquer le développement des larves ou de les tuer.

- 3.2. Protection par application de produits insecticides ou répulsifs

Les essais porteront à la fois sur l'évaluation de l'efficacité intrinsèque des produits, sur leur positionnement et sur les possibilités d'utilisation dans le cadre de stratégies. Les produits testés pourront être des produits chimiques de synthèse, des produits d'origine naturelle (huiles essentielles, extraits végétaux), des micro ou macro-organismes, des argiles etc.

Les efficacités recherchées seront donc adulticides, ovicides, larvicides, répulsives ou anti-oviposition (barrières physiques, par exemple argiles). Des protocoles spécifiques d'évaluation (rédigés dans l'action 1) seront donc mis en place en fonction de l'efficacité présumée du produit testé. Des traitements préventifs sur les hivernants ou post-récolte pour abaisser les populations pourront être testés.

Les produits testés seront :

- soit déjà homologués sur la culture (homologués ou non sur un usage mouche des fruits) ;
- soit en cours de développement par des firmes, ou pouvant le devenir.

- 3.3. Protection physique

La protection des cultures par des filets insect-proof est une piste envisagée.

Des essais conduits depuis 2008 dans des vergers de cerisiers ont montré l'intérêt de la méthode pour la lutte contre *Rhagoletis cerasi*. Des essais préliminaires réalisés en 2011 en France et en Italie ont donné quelques résultats encourageants contre *D. suzukii*.

La pose de filets insect-proof sera donc testée dans différentes cultures, sous abris et en verger. La date de pose, la taille de la maille de filet, le type d'installation (verger entièrement protégé, monorang...), la mise en place d'une stratégie de lutte complémentaire seront étudiées.

On évaluera les avantages et inconvénients des différents types d'installations et on identifiera les possibilités d'optimisation de la méthode : protection contre d'autres maladies, ravageurs, protection anti-pluie couplée etc.

- 3.4. Piégeage massif

Mise au point/évaluation de solutions de piégeage massif : test de modèles de pièges, densité de pièges à l'hectare, composition en attractifs et insecticides. Ces essais seront mis en place en relation avec différentes entreprises qui développent ce type de solutions.

- 3.5. Lutte biologique

Comme indiqué dans les paragraphes I.4.4 et II.1, peu d'acquis sont disponibles sur les possibilités de lutte biologique contre *D. suzukii*. Des travaux ont toutefois débuté en France, et deux pistes seront creusées :

- lâchers augmentatifs de parasitoïdes indigènes :

Basé sur le travail d'échantillonnage organisé dans l'action 2 et sur un travail préalable d'identification (cf ci-dessous), nous nous proposons de débiter durant au moins 2 des 3 années du projet une évaluation à « échelle intermédiaire » (serres « insect-proof » ou tunnels d'environ 200m², naturellement ou artificiellement contaminés par *Drosophila suzukii*) de 2-3 espèces locales (vraisemblablement *Pachycrepoideus vindemiae* et *Trichopria* cf *drosophilae* dans un premier lieu). En l'absence de données préalables, les modalités d'introductions des parasitoïdes seront initialement fixées à 10 individus/m², conditions réalistes en termes de capacité de production et d'efficacité potentielle ; ces choix pourront être réactualisés par la suite. Le nombre de *D. suzukii* par fruits, l'intensité des dégâts et le taux de parasitisme apparent seront comparés, pour chaque site à ceux d'un témoin équivalent.

- lutte biologique par acclimatation :

A l'heure actuelle, différentes espèces d'origine asiatique (genres *Asobara*, *Ganaspis* et *Leptopilina*) sont susceptibles d'être introduites en France. De telles opérations nécessitent toutefois trois préalables qui feront l'objet de travaux dans le cadre du CASDAR : (i) caractérisation précise des souches utilisables, (ii) tests de spécificité et (iii) dépôt des dossiers réglementaires liés à l'introduction des parasitoïdes exotiques incluant étude bibliographique, éléments de biologie et analyse de risques.

- Caractérisation des parasitoïdes indigènes ou exotiques

Ce travail s'appuiera sur des approches de « barcoding » basé, initialement, sur le couplage d'une caractérisation morphologique ou d'une caractérisation moléculaire sur des régions d'ADN « diagnostics » (cytochrome oxydase I notamment). Ce travail permet non seulement d'optimiser les démarches d'identification en terme de rapidité et de précision mais également de mettre en évidence d'éventuelles variations intraspécifiques.

- **Réalisation :**

Le tableau présenté en annexe 5 précise la répartition des expérimentations entre espèces et entre les différents partenaires.

Lutte biologique : des lâchers augmentatifs de parasitoïdes indigènes seront réalisés conjointement avec le CNRS et l'INRA, par le Ctifl dès la première année du projet et par Invenio et l'Apfel les années suivantes, en culture de fraises. Des essais pourront être réalisés dans d'autres sites, cultures sous abris ou vergers, en cas de réussite de ces essais préliminaires, en remplacement d'autres types d'essais prévus. Les actions portant sur la lutte biologique par acclimatation et la caractérisation des parasitoïdes seront conduites par le CNRS et l'INRA.

- **indicateurs de suivi**

- Nombre d'essais réalisés pour chaque type de moyen de protection
- Nombre d'espèces travaillées

- **indicateurs d'évaluation**

- Mise à disposition de références sur les efficacités de méthodes et stratégies de lutte complètes, assorties de références techniques et économiques.
- Mise à disposition des solutions destinées à la protection des cultures contre *D. suzukii* (homologation de produits, commercialisation de pièges, filets etc.) .
- Inventaire et éléments de caractérisation morphologique (« vouchers » et photos) et moléculaire (séquences nucléotidiques) des parasitoïdes candidats, locaux ou exotiques. Dépôt des dossiers réglementaires liés à l'introduction des parasitoïdes exotiques incluant étude bibliographique, éléments de biologie et analyse de risque. Evaluation préliminaire de parasitoïdes locaux (vraisemblablement *Pachycrepoideus vindemiae* et *Trichopria cf drosophilae*).

Action 4. Coordination, communication et transfert

L'objectif de cette action est d'assurer la coordination du projet, des échanges continus et constructifs entre les partenaires, la communication avec les autres organismes impliqués sur le sujet, la diffusion des résultats et la mise à disposition des stratégies de protection auprès des professionnels.

Tâche 1- Coordination et communication sur le projet

Une première publication annonçant et présentant le projet sera réalisée dans Infos Ctifl: elle présentera l'état de lieux initial, les objectifs du projet et les résultats attendus.

Le lien entre les actions du projet et les travaux entrepris dans le cadre des Groupes de Travail mouches des fruits et protection intégrée des cultures légumières sous abris sera assuré par les ingénieurs Ctifl responsables de leur coordination et animation, et par les partenaires des stations régionales impliqués dans ces groupes de travail.

Une communication sur les actions prévues et sur les résultats obtenus sera également assurée annuellement via le comité de pilotage du projet.

Tâche 2 - Transfert des résultats

Les connaissances et résultats acquis feront l'objet de communications tout au long et à l'issue du projet. L'implication directe de techniciens dans le projet favorisera le transfert des méthodes de protection auprès des producteurs.

Différents canaux et modes de diffusion seront employés :

publications à destination des producteurs dans la presse technique spécialisée nationale (Infos Ctifl, Phytoma, Arboriculture fruitière, Réussir fruits et légumes...) et régionale (bulletins techniques des Chambres d'agriculture (bulletins d'avertissements agricoles)).

rédaction de notes du type « Le point Sur » édité par le Ctifl,

intervention dans des rencontres et commissions techniques, notamment les commissions techniques des stations régionales

organisation de réunions d'information avec démonstration de dispositifs dans les structures d'expérimentation et chez les producteurs

Réalisation :

La coordination du projet sera réalisée par le Ctifl. L'ensemble des partenaires sera impliqué dans la communication et le transfert des résultats.

- **indicateurs de suivi**
- Compte-rendu de réunions et échanges entre les partenaires,
- Nombre de visites de terrain organisées et nombre de participants à ces visites,
- Nombre d'interventions dans des rencontres techniques et nombre de participants,
- Nombre de publications dans les revues techniques et scientifiques,
- Nombre de communications scientifiques
- **indicateurs d'évaluation**
- Evaluation de l'intérêt porté aux interventions et aux visites de terrain par les techniciens et professionnels (évalué par questionnaire),
- Application des stratégies de protection sur le terrain

Tableau 5 : Implication des partenaires sur les actions du projet et espèces faisant l'objet des essais

				AREFE	La Tapy	SEFRA	GRAB	SERFEL	A DIDA	INVENIO	CEFEL	APREL	CENTREX	CNRS	INRA
Action 1 3 ans	tâche 1														
	tâche 2														
Action 2 3 ans															
	tâche 1														
	tâche 2														
Action 3															
Action 4 3ans	Tache 1														
	Tache 2														

Action 2 : x= un suivi de parcelles (un à deux sites)
 Action 3 : x= un ou deux essais sur le thème

II.2. Equipes techniques mobilisées : *présentation par organisme (chambre, institut technique,...) et par action le cas échéant :*

	Action 1			Action 2			Action 3			Action 4			Total général		
	technicien	Ingénieur	Chercheur	technicien	Ingénieur	Chercheur	technicien	Ingénieur	Chercheur	technicien	Ingénieur	Chercheur	technicien	Ingénieur	Chercheur
Ctifl	0,108	0,158	0,000	0,400	0,192	0,000	0,525	0,250	0,000	0,092	0,350	0,000	1,125	0,950	0,000
AREFE	0,000	0,049	0,000	0,000	0,213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000	0,279	0,000
La tapy	0,000	0,029	0,000	0,000	0,147	0,000	0,000	0,235	0,000	0,000	0,029	0,000	0,000	0,441	0,000
Sica-Centrex	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,054	0,000
Invenio	0,042	0,035	0,000	0,048	0,042	0,000	0,903	0,486	0,000	0,042	0,035	0,000	1,034	0,598	0,000
SEFRA	0,000	0,033	0,000	0,025	0,025	0,000	0,042	0,050	0,000	0,017	0,017	0,000	0,083	0,125	0,000
CEFEL	0,020	0,005	0,000	0,042	0,005	0,000	0,068	0,005	0,000	0,015	0,010	0,000	0,145	0,025	0,000
Serfel	0,000	0,026	0,000	0,000	0,160	0,000	0,000	0,093	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,299	0,000
APREL	0,000	0,029	0,000	0,000	0,187	0,000	0,000	0,442	0,000	0,000	0,029	0,000	0,000	0,687	0,000
GRAB	0,000	0,056	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,417	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	1,006	0,000
ADIDA	0,000	0,042	0,000	0,333	0,042	0,000	0,350	0,208	0,000	0,000	0,083	0,000	0,683	0,375	0,000
INRA	0,000	0,042	0,000	0,083	0,083	0,000	0,083	0,083	0,000	0,000	0,042	0,000	0,167	0,250	0,000
CNRS															
Université Lyon 1	0,000	0,000	0,750	0,500	0,000	1,167	0,000	0,000	1,167	0,000	0,000	0,717	0,500	0,000	3,800
total	0,170	0,504	0,750	1,432	1,621	1,167	1,970	2,296	1,167	0,165	0,666	0,717	3,737	5,088	3,800

II.3. Organisation prévue, rôle de chaque partenaire technique (*présentation par action le cas échéant*) :

Le Ctifl est chargé de l'animation et de la coordination du projet et du comité de pilotage.

Chaque partenaire technique a la charge et la responsabilité de la mise en place de ses travaux, du suivi de ses essais, du recueil et de l'analyse des données, ainsi que de la rédaction et de la mise à disposition auprès du coordinateur du projet des rapports annuels correspondants.

Les partenaires du projet devront s'assurer, lors de la signature des conventions d'expérimentation avec les firmes, qu'ils pourront communiquer les résultats sans restriction. Les produits testés pourront être codés tant qu'ils ne bénéficient pas d'une homologation sur la culture.

Tout essai dont les résultats ne seraient pas diffusables ne pourrait être réalisé dans le cadre de ce projet et bénéficier pour sa réalisation de financement CAS DAR.

➤ **Action 1. Etat des lieux et mises au point méthodologiques**

Tâche 1 – Etat des lieux, bibliographie : réalisation Ctifl, avec l'appui de tous les partenaires.

Tâche 2 – Elaborations de méthodologies communes : Tous les partenaires participent à cette action au cours d'une réunion physique la première année et d'échanges par mail/ réunions physiques ou téléphoniques les trois années du projet.

➤ **Action 2. Acquisition de connaissances sur le ravageur et caractérisation du risque dans le cadre d'un réseau de parcelles**

Tâche 1 – Connaissance du ravageur – Essais en conditions contrôlées et collections variétales

- Etude de la sensibilité variétale : Ctifl, Invenio, Serfel, Adida, SEFRA, La Tapy
- Etude des déplacements de *D. suzukii* à l'échelle de la culture et de son environnement proche : Ctifl
- Test de la résistance au froid et chaud des pupes/adultes/larves : CNRS

Tâche 2 – Mise en place d'un réseau de suivi et d'observation du ravageur en situation de culture

Le Ctifl et les stations régionales sont impliqués dans cette action : voir détail dans le tableau présenté en Annexe 5.

Le recueil des données sera à la charge de chacun des partenaires. Leur agrégation et leur analyse sera effectuée par le Ctifl, avec l'appui technique des autres partenaires.

➤ **Action 3. Adaptation et mise au point de stratégies de protection, évaluation de leur efficacité et viabilité**

Tous les partenaires sont impliqués dans cette action. Le Ctifl et les stations régionales seront chargés des expérimentations sur centre et en station et chez des producteurs. Le CNRS et l'INRA seront impliqués dans les essais portant sur les parasitoïdes.

➤ **Action 4. Coordination, communication et transfert**

Tâche 1 Coordination et communication sur le projet

Le Ctifl sera chargé de la coordination de la communication via le comité de pilotage. Il fera le lien avec les autres actions d'expérimentations qui pourraient être conduites sur *D. suzukii* via les groupes de travail nationaux mouches des fruits et Protection intégrée sous abris. La communication des résultats fera l'objet d'une concertation préalable entre les partenaires. Tous les partenaires en seront responsables à leur niveau à travers les moyens de communication dont ils disposent (revues techniques et scientifiques, bulletins de santé du végétal, rencontres techniques etc.).

Tâche 2 Transfert des résultats

La publication et la mise à disposition des résultats sera assurée par l'ensemble des partenaires du projet. Le Ctifl organisera la restitution des résultats notamment à travers des rencontres techniques (de type rencontre technique Ctifl/DGAL-SDQPV) ou des journées nationales Produits.

Les stations régionales et le Ctifl assureront le transfert auprès des producteurs pour la mise en œuvre pratique des stratégies de lutte mises au point et/ou évaluées dans le cadre du projet. Dans ce cadre, ils organiseront des visites de terrain à destination des techniciens et producteurs.

Des publications et communications orales seront assurées par l'ensemble des partenaires afin de sensibiliser un large public sur le sujet et de faire vivre le projet dans la continuité, en initiant de nouveaux partenariats.

II.4. Nature, composition et modalités de fonctionnement de(s) l'instance(s) de pilotage :

Pilotage du projet : Le pilotage du projet est assuré par le Ctifl qui anime et coordonne les différentes actions du projet.

Comité de pilotage : il comprend tous les partenaires et les organisations professionnelles (AOP Cerise, AOP Fraise, AOP pêche et abricot, AOP Prune, AOP Raisin de table, AVFF, FNPF).

Il se réunira au démarrage du projet (réunion initiale) et ensuite annuellement après chaque campagne puis à la fin du projet.

La première réunion fixera pour tous les grands axes du projet, le travail des partenaires et la cohésion globale du projet, les choix stratégiques à prendre. Les autres réunions définiront les orientations ultérieures en fonction de l'avancement des travaux de chacun et des acquis hors du cadre du projet. La dernière réunion fera la synthèse des travaux.

Suite à chaque réunion du comité de pilotage, un compte-rendu sera rédigé par le Ctifl et diffusé à l'ensemble des partenaires. Un rapport d'étape annuel sera en outre rédigé.

Des réunions techniques complémentaires pourront avoir lieu entre les partenaires qui en exprimeront le besoin. Les dates de ces réunions, la liste des participants et un relevé de décision sera communiqué avec le compte-rendu annuel du comité de pilotage. Des échanges réguliers par e-mail seront également prévus.

II.5 Modalités d'évaluation du projet

Fournir des "indicateurs d'évaluation" permettant d'évaluer les résultats en fin de projet :

- **indicateurs techniques,**

Synthèse bibliographique actualisée sur *D. suzukii*

Protocoles d'étude du ravageur et des stratégies de protection harmonisés et actualisés

Identification des facteurs de la culture et de son environnement proche qui déterminent le risque de présence et d'attaque de *D. suzukii*.

Mise à disposition de références sur les efficacités de méthodes et stratégies de protection complètes, assorties de références techniques et économiques.

Mise à disposition des moyens de protection : homologation et/ou commercialisation de produits, pièges, filets insect-proof, parasitoïdes etc.

- **indicateurs économiques**

Estimation des pertes économiques dans chacune des parcelles faisant l'objet du suivi (action 2)

Estimation des coûts de mise en œuvre de chacun des moyens de protection testés : achat de matériel, main-d'œuvre, frais d'entretien etc.

Les coûts des différentes méthodes seront comparés et mis au regard des risques encourus pour la culture avec l'utilisation de ces différentes méthodes.

- **indicateurs environnementaux,**

Mise à disposition de stratégies de protection ayant une incidence réduite sur l'environnement, en particulier sur la faune auxiliaire présente naturellement ou introduite (notamment dans le cadre de la protection intégrée sous abris).

	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Gestion Durable du Végétal en horticulture et aménagements paysagers Enseignant référent : Yann Tricault
Auteur(s) : Cyrielle MASSON	Organisme d'accueil : Ctifl centre de Balandran
Date de naissance : 12/07/1992	Adresse : 751 chemin de Balandran 30127 BELLEGARDE
Nb pages : 40 Annexe(s) : 30	Maître de stage : Claire Weydert
Année de soutenance : 2015	
Titre français : Amélioration des connaissances sur le ravageur <i>Drosophila suzukii</i> afin d'affiner les méthodes de lutte en verger de cerisiers Titre anglais : Improvement of knowledge on the pest <i>Drosophila suzukii</i> to refine control methods in cherry orchards	
Résumé (1600 caractères maximum) : <i>Drosophila suzukii</i>, diptère originaire d'Asie, est une espèce invasive détectée pour la première fois en Europe en 2008 et aujourd'hui présente dans la plupart des pays européens. Son aptitude à pondre dans des fruits sains, sa polyphagie, sa capacité de reproduction rapide et sa mobilité en font un ravageur au fort potentiel de nuisibilité. Sa détection officielle en France en 2010 et l'importance économique de ses dégâts a conduit le Ctifl à débiter en 2013 un projet CASDAR de 3 ans : « <i>Drosophila suzukii</i> : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes pour sa maîtrise rapide et durable » pour répondre aux problématiques des producteurs. Cette étude, qui s'inscrit dans la dernière année du projet, avait pour objectif l'amélioration des connaissances sur les mouvements de population de <i>Drosophila suzukii</i> dans les vergers de cerisiers et leur environnement, ainsi que l'évaluation de la sensibilité des stades de maturité de la cerise au ravageur. Le suivi des populations pendant les trois années de projet a révélé la présence régulière de deux pics de captures : au printemps et en automne. Les niveaux de captures sont corrélés à certains facteurs climatiques. Cependant, aucune corrélation ne peut être encore faite entre les taux de dégâts et des cumuls de captures. <i>Drosophila suzukii</i> est capable de pondre dans les fruits au verger dès le stade fruit vert, mais les larves n'arrivent à se développer qu'à partir du stade véraison. Ces résultats permettent d'aboutir à des préconisations pour l'optimisation du positionnement des moyens de lutte contre ce ravageur.	
Abstract (1600 caractères maximum) : <i>Drosophila suzukii</i>, a native Diptera of Asia, is an invasive species detected for the first time in Europe in 2008 and now present in most European countries. Its penchant for attacking healthy fruits, its rapid reproductive ability and mobility make this polyphagous insect a pest of great concern. Its official detection in France in 2010 and the economic importance of its damage led Ctifl to begin in 2013 a 3-year CASDAR project: "<i>Drosophila suzukii</i>: knowledge of the pest, risk characterisation and evaluation of control methods for its effective management" to help producers. This study, forming part of project's final year, aimed to improve knowledge on <i>Drosophila suzukii</i>'s population movements in cherry orchards and their environment, and assess the sensitivity of cherry's ripeness stages to the pest. Population monitoring during the three years of project revealed the regular presence of two peaks of catches: in spring and autumn. The catch levels are correlated to certain climatic factors. However, no correlation can still be made between the damage rate and catch totals. <i>Drosophila suzukii</i> is able to lay eggs from the green fruit stage, but the larvae are able to develop only from the ripening stage. These results lead to recommendations for optimizing the positioning of control methods to manage this pest.	
Mots-clés : <i>Drosophila suzukii</i> , cerise, sensibilité, stade de maturité, suivi, population Key Words: <i>Drosophila suzukii</i> , cherry, susceptibility, ripeness stage, monitoring, population	