



Fonds européen de développement régional
(FEDER)
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
(EFRE)



INTERREG V-Projet : InvaProtect „Protection durable contre les bioagresseurs invasifs dans les vergers et vignes“

Plan d'actions contre la *drosophila suzukii* : fruits à baies

1. Introduction

L'espace naturel du Rhin supérieur est essentiellement marqué par la richesse et l'ordonnance de ses paysages cultivés. Les surfaces morcelées des vergers et des vignes en font notamment partie et offrent avec leurs zones de bordure des espaces de vie pour de nombreuses espèces d'animaux et de végétaux. Les ravageurs invasifs des plantes peuvent perturber gravement les processus phénologiques naturels des plantes (par exemple, la maturation des fruits, le développement des semences) et causer des dommages considérables aux plantes cultivées. De telles espèces non indigènes ne constituent pas seulement une menace pour les cultures, elles peuvent aussi perturber durablement les habitats naturels par des dégâts aux plantes sauvages ou en supplantant les animaux qui y vivent, voire en altérant leurs sources d'alimentation. La *Drosophila suzukii* est une des espèces invasives les plus significatives sur les fruits à noyau et les baies ainsi que pour quelques variétés de vigne. La mouche originaire d'Asie du sud-est a été détectée pour la première fois en Europe en 2008 et en Allemagne du Sud en 2011, en Bavière ainsi que dans la région du Rhin supérieur à partir de la fin de l'été. Elle s'est inscrite entre temps comme un des ravageurs les plus dangereux pour différentes cultures de fruits. Les espèces de fruits à noyau et les petits fruits à baies comptent parmi celles-là ainsi que quelques cépages de vigne essentiellement rouges. Jusqu'à présent, une infestation des fruits de plus de 50 espèces de plantes cultivées, sauvages et ornementales, dont des néophytes, a été prouvée dans le Rhin supérieur. En raison de la biologie et du comportement de la mouche asiatique, il est particulièrement important de prêter attention aux petites structures paysagères mentionnées ci-avant qui sont régionalement différemment marquées par les vergers, les vignes et la végétation de bordure. Selon les connaissances actuelles, on peut s'attendre pour ce ravageur à une présence régionale très hétérogène et à une intensité d'infestation tout aussi variable. Pour cela, les conditions météorologiques résultantes des conditions météorologiques générales et des conditions microclimatiques dans les différents habitats, ainsi que la présence de plantes hôtes, sont d'une grande importance.

Dans le cadre du projet InvaProtect, des partenaires français, suisses et allemands ont travaillé conjointement pour obtenir des nouvelles connaissances et des résultats sur la biologie, l'épidémiologie, le comportement et la régulation de la mouche asiatique *drosophila suzukii*. A partir de là les mesures nécessaires ont été élaborées et présentées dans le présent plan de mesures, grâce auxquelles les cultures

fruitières concernées dans le Rhin supérieur peuvent être protégées contre une attaque. Cela contribue à la fois à la préservation de la rentabilité économique de la viticulture et à la protection de structures de petite échelle avec des habitats diversifiés pour les animaux et les plantes et donc à leur valeur écologique.

Ce plan d'action constitue donc une pierre angulaire de la protection intégrée des cultures fruitières et viticoles et constitue la base d'un équilibre entre la production de produits de qualité et la protection de l'environnement. En outre, l'élaboration et la mise en œuvre cohérentes des principes durables de la protection intégrée des végétaux, y compris pour les nouveaux ravageurs, devraient contribuer de manière importante à la préservation et au soutien de l'inventaire des espèces naturelles dans le paysage naturel et culturel.

Le groupe cible de ce plan d'action est constitué avant tout par les producteurs de baies et petits fruits du Rhin supérieur ainsi que par les conseillers arboricoles des services de la protection des plantes dans les trois états voisins, la France, la Suisse et l'Allemagne. En outre, les résultats des études constituent une base importante pour améliorer la communication entre les citoyens et les agriculteurs. Ils servent en particulier à souligner la nécessité d'une protection intégrée des végétaux, en tenant compte de la préservation et de la protection du paysage culturel avec sa diversité en flore et en faune.

2. Biologie de la *drosophila suzukii*

La connaissance de la biologie, du comportement ainsi que de l'épidémiologie de la *drosophila suzukii* constituent une base préalable indispensable, afin de garantir les objectifs de la protection intégrée et la préservation des paysages et des espèces dans le Rhin supérieur. C'est seulement ainsi qu'il sera possible de parvenir à une régulation ciblée du ravageur, avec une évaluation préalable du potentiel de risque pour les cultures concernées, en combinaison avec la conservation des habitats naturels adjacents et des petites structures qui caractérisent le paysage avec leur richesse en biodiversité.

2.1. Importance de la température et de l'hygrométrie

Le climat humide et doux du Rhin supérieur offre à la mouche asiatique des conditions idéales pour la survie et la reproduction dans de nombreux endroits.

Cet insecte ravageur préfère les climats tempérés avec des températures moyennes et une humidité élevée. A partir d'une température d'environ 8 à 10 °C, il devient actif, l'optimum pour l'activité et la reproduction pendant la période de végétation est d'environ 20 à 25 °C et une humidité relative de l'air de $\geq 70\%$. Pour l'évaluation des conditions optimales pour la *drosophila suzukii*, les facteurs température et humidité relative doivent être pris en compte en combinaison d'après les observations effectuées jusqu'ici. Dès que l'un des facteurs atteint un niveau sous-optimal, les conditions d'activité et de reproduction se détériorent également. Cela signifie que pendant la période de végétation, l'activité et la reproduction peuvent être limitées même à des taux d'humidité élevés supérieurs à 70 %, par des températures trop élevées ou trop faibles. La même chose se produit pour des températures optimales mais une humidité nettement insuffisante. L'interaction des deux facteurs est donc importante.

Les zones de végétation dense ainsi que les haies et les forêts peuvent également servir de refuge au ravageur en été en cas de températures élevées et de sécheresse. Par des températures supérieures à 30 °C, les femelles pondent de moins en moins d'œufs et le développement des œufs et des larves stagne à mesure que la température augmente.

De même, des températures de moins de 10 °C sur une durée prolongée (> 7 jours) retardent le développement, les stades nymphes ayant une tolérance au froid inférieure mais une plus grande tolérance à la chaleur que les mouches. Au cours de la période de végétation, la combinaison de chaleur avec la sécheresse a la plus forte influence négative sur la mouche et le développement de sa population. De telles conditions climatiques ont un impact direct sur le développement de la population du ravageur et la génération ultérieure qui peut être retardée en conséquence. Ces scénarios se sont produits, par exemple, en été 2015, au début de l'été 2017 ainsi qu'au printemps et en été 2018, ce qui s'est traduit par un retard net dans le développement des attaques dans les cultures arrivant en maturation à ces périodes.

Le développement de l'œuf à la mouche adulte prend de 9 à 18 jours, selon la température et l'humidité. Cela signifie que *D. suzukii* peut produire jusqu'à 6 à 8 générations dans la région du Rhin supérieur pendant une saison.

2.2. Hivernation de la *drosophila suzukii* dans le Rhin supérieur

La population de mouches atteint son niveau culminant à l'automne. Selon l'endroit, des centaines et parfois plus d'un millier de mouches peuvent être capturées chaque semaine dans des pièges à vinaigre. L'attractivité des pièges est conditionnée d'une part à l'attrait saisonnier accru des pièges en raison du manque de fruits hôtes plus attractifs, et d'autre part, par la population qui pourrait augmenter au cours de la période de végétation dans les nombreux fruits hôtes en cours de maturation en parallèle ou successivement.

Les mouches passent l'hiver en tant qu'adultes sous formes hivernales (winter-morphs), qui sont de couleur plus foncée et ont des ailes plus longues que les formes estivales (summer-morphs). La forme hivernale apparaît lors des journées plus courtes (< 12 h par jour) et des températures plus basses (température maximale quotidienne < 10 °C) à partir d'octobre. Le métabolisme de ces formes hivernales est adapté à la saison froide.

Ces formes hivernales ont par exemple une meilleure tolérance au froid et survivent à des températures inférieures au point de gelée. Des périodes de froid plus longues avec des températures inférieures à 1 °C ou des phases de gel entraînent une mortalité accrue des mouches. Les formes hivernales sont également plus résistantes aux fluctuations de l'humidité relative.

Les résultats de la surveillance sur plusieurs années indiquent que les formes hivernales de la mouche migrent vers des habitats hivernaux qui offrent protection et alimentation de proximité. Ces lieux de d'hivernation ne sont pas encore tout à fait bien connus. En hiver, la plupart des mouches sont capturées dans une végétation plus dense et/ou à feuillage persistant dans les haies ou les forêts, par exemple jusqu'à la cime des conifères ainsi que dans la litière des arbres sur le sol. A partir de 8 à 10 °C, les mouches deviennent actives et s'alimentent. Sans manger, les animaux ont survécu dans les tests de laboratoire pendant un maximum de deux semaines. Les hivers doux avec peu de jours de gel offrent donc de bonnes conditions. Comme les températures inférieures à zéro sont rarement atteintes sur une longue période dans la région du Rhin supérieur, cette région offre des conditions idéales pour la survie à la saison froide. Les températures hivernales

dominantes, qui permettent les vols et l'ingestion de nourriture, sont donc déterminantes pour le nombre d'animaux qui survivent à la saison froide et forment une nouvelle génération au printemps.

Les morphes hivernales peuvent survivre jusqu'en juin de l'année suivante. Ensuite, on ne retrouve dans les pièges seulement les formes estivales des nouvelles générations.

Les gelées tardives à la fin de l'hiver peuvent retarder la croissance de la population au printemps. L'influence des conditions d'hibernation dans le Rhin supérieur et des gelées tardives sur l'infestation au cours de la saison est toutefois nettement inférieure à celle des conditions météorologiques pendant la période de végétation (voir paragraphe 2.1.). Comme l'indique le tableau 1, des conditions initiales similaires pour le début de la ponte des femelles après l'hivernation ont été observées ces dernières années dans le nord du Bade-Wurtemberg, bien que l'évolution des températures ait été très différente pendant les mois d'hiver respectifs et au début du printemps.

Le développement de la population de *D. suzukii* et le nombre de générations associées ainsi que le risque et la pression d'infestation ne peuvent pas être déduits exclusivement des conditions hivernales sur le Rhin supérieur. Ils dépendent en grande partie des conditions climatiques pendant la période de végétation de chaque année pour les régions respectives.

Tab. 1: étude sur l'oviposition et les premières pontes par *drosophila suzukii* au printemps: (source : LTZ Augustenberg, LRA Karlsruhe et JKI Dossenheim)

Pontes - ds année	ds-♀ avec oeufs matures (pièges)	Début des pontes	
		lierre*	cerise (variété)
2014	10 avril	-	08./12. mai (Burlat/Rita)
2015	13 avril	29 avril	19. mai (Burlat)
2016	13 avril	20 avril	25./30. mai (Rötelfrüchte/Rita)
2017	03 avril	20 avril	22./23. mai (Burlat/Rita)
2018	09 avril	25 avril	15. mai (Burlat)

* restes des fruits de l'année précédente

2.3. Influence de la structure du paysage sur l'arrivée de la *drosophila suzukii* et l'attaque dans les cultures

En fonction de la composition des espèces végétales, des conditions climatiques et de l'éloignement des vergers professionnels, la végétation autour des vergers est un point de départ possible pour la migration de mouches asiatiques dans ces parcelles et donc pour le risque d'infestation des fruits et des raisins en cours de maturité.

Toutefois, les études sur le terrain menées ces dernières années ont montré qu'en présence de plantes hôtes sauvages, la végétation environnante a moins d'influence sur la dynamique des populations et les infestations des fruits dans les zones cultivées voisines qu'on le pensait initialement. Les conditions micro et macro-climatiques locales sont de loin plus importantes (voir paragraphe 2.1). Les habitats denses naturels ou plantés, tels que les forêts, les haies et les jardins domestiques

riches en végétation, constituent des refuges favorables aux mouches asiatiques. Le microclimat prédominant (humide, ombragé, à l'abri du vent) favorise l'activité et la reproduction des mouches et donc le développement de la population. Lorsque le macroclimat est sec et chaud, les mouches restent dans la végétation ombragée et plus fraîche, ce qui réduit le risque d'infestation des vergers et vignobles environnants. Par contre, dans des conditions climatiques douces et humides et avec une densité d'individus accrue, il peut y avoir propagation aux zones cultivées environnantes où les fruits sont attractifs, surtout si le nombre de fruits hôtes disponibles pour la reproduction diminue dans la nature et si les femelles subissent une pression physiologique pour pondre leurs œufs matures.

La migration de la mouche vers et depuis les vergers ainsi que la colonisation dans les types de végétation du paysage de la région du Rhin supérieur sont influencées par divers facteurs. D'après les résultats des recherches menées jusqu'à présent, on peut déduire que les mouches restent dans la végétation des plantes hôtes tant que des fruits appropriés sont disponibles pour pondre des œufs. Si ceux-ci sont récoltés complètement ou s'ils sont largement abîmés, les animaux colonisent de nouvelles plantes-hôtes avec des fruits mûrs ou en cours de maturation. Ce faisant, ils parcourent de longues distances. Des études de terrain avec marquage de la végétation et la recapture des mouches dans ces habitats marqués ont permis de retracer la migration voire la dérive des mouches dans les plantations où les fruits sont matures et hors des plantations à la fin de la récolte. Les mouches ont couvert jusqu'à 320 m entre les plantes hôtes individuelles dans les installations expérimentales. La différenciation d'un vol actif et d'une dérive ne peut être faite.

Des études comparatives de la présence de la mouche et de l'infestation de fruits dans des vergers qui avaient à proximité immédiate des haies ou des structures en bordure avec des plantes hôtes préférées de la mouche asiatique (c'est-à-dire à une distance d'environ 100 m) ou bien étaient isolés de ces structures, n'ont montré aucune preuve de pression accrue d'infestation sur les cerises entre 2016 et 2018 si celles-ci poussent dans un paysage varié et morcellé avec des plantes hôtes alternatives. En revanche, pour une parcelle de framboise d'été (variété „Tulameen“) avec des structures de bordure sauvages il a été relevé en 2016 et 2017 une attaque renforcée, mais toutefois pas en 2018. Comme les températures sont restées presque en permanence durant la saison 2018 au dessus de l'optimum pour le ravageur, on peut expliquer ainsi les raisons de l'activité et d'une reproduction plus faibles. Les captures hebdomadaires dans les pièges du monitoring durant la période de végétation ont été plus élevées dans les zones de bordure que dans la culture presque en permanence et ont augmenté fortement après la récolte. Dans toutes les parcelles étudiées, le nombre des captures dans les pièges a augmenté durant la phase de maturité ce qui indique en particulier plus une croissance de la population à l'intérieur du verger et moins une migration depuis les zones de bordure.

Les mûres et les sureaux sont parmi les fréquentes plantes-hôtes sauvages de *D. suzukii* de plus en plus présentes dans le Rhin supérieur. Ces plantes-hôtes sont attaquées régulièrement chaque année et souvent dans une large mesure. C'est surtout à la fin de l'été et à l'automne, pendant la maturation du raisin, que l'on trouve de grandes populations de mouches asiatiques dans les habitats composés de haies, issues de plusieurs générations qui se chevauchent.

Des études ont été réalisées dans la région bordelaise sur les captures dans différentes parcelles de vigne. Dans les vignes avoisinantes de plantes hôtes sauvages alternatives, il a été retrouvé un plus grand nombre de captures de mouches dans les pièges des zones de végétation environnantes que dans les parcelles de vigne. Les captures dans les pièges à l'intérieur des parcelles de vigne étaient plus élevées dans les parcelles avec des plantes hôtes dans l'environnement proche (ce qui veut dire environ 100 m) que dans celles où il n'existait pas de plantes hôtes alternatives. Toutefois il faut rappeler que les captures dans les pièges ne donnent pas d'information prédictive sur le niveau d'attaque ni pour les vignes ni pour les vergers, car celui-ci est dépendant de la variété et de l'état sanitaire des raisins. Les baies intactes sont moins attractives que par ex. celles déjà abimées par une attaque de champignon, et chez lesquelles des microfissures de la peau facilitent les pontes. De plus, dans les raisins, une grande partie des pontes ne donne pas de larves.

Globalement, les études au champ de ce projet ont permis de conclure que le développement de la population après la première colonisation d'une parcelle et l'attaque des fruits qui en découlera sera dépendante des conditions climatiques entre autres à l'intérieur de la parcelle cultivée et beaucoup moins influencée par une arrivée massive en provenance de l'extérieur.

2.4. Plantes hôtes de *drosophila suzukii* dans le Rhin supérieur

Les premiers fruits hôtes que la mouche asiatique utilise pour la reproduction après l'hivernation dans le Rhin supérieur sont les baies de lierre et de gui qui restent de l'année précédente sur les plantes. Les recherches menées dans le Rhin supérieur, au cours de la période de végétation, ont montré que les fruits d'une cinquantaine de plantes différentes se prêtent à une reproduction complète. Il s'agit aussi bien de fruits cultivés que de plantes-hôtes sauvages et d'arbustes ornementaux, y compris les néophytes. La mouche a besoin des fruits pour pondre ses œufs et préfère les fruits à peau tendre, surtout les fruits à peau rouge ou noire (framboises, mûres, sureaux, cerises). Selon les connaissances actuelles, les mouches se nourrissent de sucres, de bactéries et de levures qui se développent à la surface des feuilles et des fruits en plus des jus des fruits. La mouche du asiatique pond ses œufs contrairement aux mouches domestiques sur des fruits sains, mûrs ou en cours de maturation. Elles pénètrent dans la peau du fruit grâce aux grandes dents de scie dures et typiques de l'ovipositeur de l'espèce. Contrairement à d'autres mouches des fruits, la mouche asiatique ne pond pas ou peu sur les fruits endommagés ou à sur-maturité. Les raisins ou les quetsches constituent des exceptions chez lesquelles la mouche asiatique utilise les microfissures des fruits abimés ou à sur-maturité pour y pondre. Le temps de développement et l'intensité de l'infestation dans les différents fruits et cultures hôtes peuvent varier en fonction de différents paramètres. Dans certains cas, par exemple, la composition de la peau du fruit forme une barrière physique pendant la ponte. Outre les différences spécifiques à la variété (par exemple dans le cas des prunes), l'épaisseur et la fermeté de la peau peuvent également être attribuables aux conditions climatiques. Ainsi, les années avec de longues phases sèches et de faibles précipitations pendant le processus de

croissance ont un effet sur la structure de l'épiderme du fruit et le rendent plus résistants à la mouche. C'est particulièrement vrai dans le cas du raisin.

Le grand nombre de plantes-hôtes sauvages adaptées au développement de la mouche permet une croissance de la population indépendante de la présence de fruits mûrs dans les vergers.

Des informations détaillées sur toutes les plantes-hôtes connues et l'évaluation des risques pour les pays respectifs de la région du Rhin supérieur sont disponibles sur les sites Internet des partenaires du projet dans le cadre de ce plan d'action.

(voir la partie 7 à la fin).

2.5. Dégâts et symptômes

En règle générale, les œufs pondus de la mouche ne sont pas visibles, car ils sont complètement cachés sous la peau des baies, à l'exception de deux voies respiratoires filiformes (Fig.1). Après éclosion, les larves commencent à dévorer la chair des fruits ce qui a pour effet selon le nombre de larves/fruit et la température de produire un effondrement rapide des fruits (Fig. 2). Les framboises et les mûres, les myrtilles ou les groseilles deviennent ternes et tombent sur place (fig. 3 à 5). Chez les framboises, la présence de cônes rouges décolorés lors de la cueillette des baies indique la possibilité d'une infestation plus importante par la mouche asiatique (Fig. 6).

Autour des points de ponte, des déformations se forment au cours du développement larvaire et les trous d'injection des œufs deviennent de plus en plus visibles. On observe souvent de plus des infections secondaires causées par des microorganismes pénétrants tels que les champignons et les bactéries, qui accélèrent la décomposition de la chair du fruit.



Fig. 1 : œuf de *drosophila suzukii* (env. 0,2 x 0,6 mm) dans un fruit. L'œuf est totalement immergé dans la chair du fruit tandis que les deux fils respiratoires en dépassent (Ø 0,67 mm de long) (Photo: Alexander, DLR)



Fig. 2 : dégâts typiques sur mûres occasionnés par une sévère attaque de larves de *D. suzukii*: fruits attaqués (Photo: Köppler, LTZ)



Fig. 3 : dégâts typiques sur myrtilles occasionnés par une sévère attaque de larves de *D. suzukii*: fruits attaqués (Photo : Köppler, LTZ)



Fig. 4: dégâts typiques sur groseilles occasionnés par une attaque sévère de larves de *D. suzukii* : attaques des baies rouges de groseilles observées avant tout pour des fruits à sur-maturité (Photo: Köppler, LTZ)



Fig. 5 : dégâts typiques sur framboises occasionnés par *D. suzukii* (Photo: Vogt, JKI)



Fig. 6 : cône de framboise décoloré par attaque de *D. suzukii* (Photo: Harzer, DLR)

2.6. Monitoring du développement de la population et de la pression d'attaque

Depuis 2012, la présence de la *Drosophila suzukii* dans la région du Rhin supérieur fait l'objet d'un suivi tout au long de l'année avec des pièges (exemple Fig. 4). Les très faibles chiffres de captures de janvier à juin dans les pièges du monitoring de la mouche montrent que seule une petite partie de la population de mouches survit à l'hiver chaque année et que ce n'est que pendant la période d'arrivée à maturité des cerises que la population connaît une croissance significative.

Ainsi, des captures plus importantes de drosophiles ne sont enregistrées que durant les mois d'été à partir de juillet-août, mais l'attractivité des pièges est alors limitée par la présence de fruits hôtes. Ainsi, les chiffres des captures ne reflètent pas la population réelle de drosophiles pendant la saison. Les captures ne sont pas non plus en corrélation avec l'infestation sur fruits cultivés, comme l'ont montré les études des partenaires du projet en Allemagne, en France et en Suisse. Il est donc essentiel de procéder à un contrôle visuel des fruits pour détecter la présence de pontes dans les raisins (voir paragraphe 4.1).

A partir du mois d'octobre, les captures augmentent fortement dans les zones en dehors des vergers et dans les forêts. Même pendant la saison de végétation, les captures des pièges en zones de bordure plus denses, ou avec haies et forêts, sont plus élevées que dans les cultures. Cela confirme que les drosophiles se retirent dans les zones densément peuplées du paysage qui leur sont plus favorables, tant pendant la période de végétation pour les se protéger de la chaleur et de la sécheresse qu'à partir de l'automne pour y passer l'hiver.

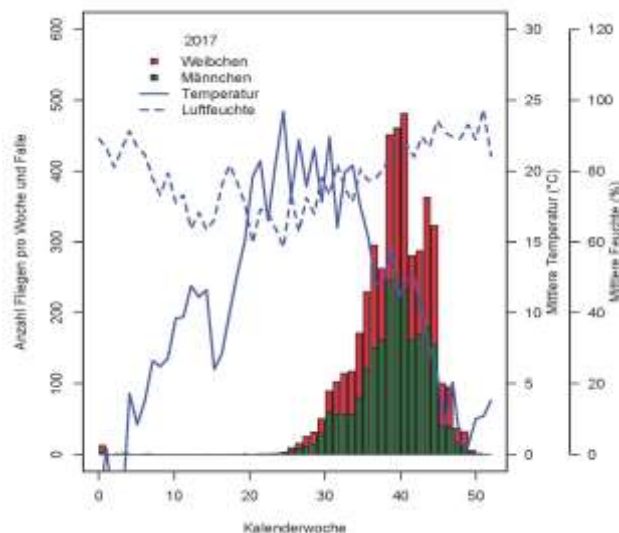


Fig. 7: exemple d'évolution annuelle des captures de *D. suzukii* dans les pièges du monitoring en 2017 au FiBL, Frick, Suisse. La température moyenne (°C) et l'humidité relative (rF in %) proviennent de la station Agrometeo de Frick. Les captures représentent la valeur moyenne de 30 pièges dans le nord-ouest de la Suisse avec le type de piège "Profatec", liquide attractif: 85 ml "Gasser-Mix", Fa. Riga).

3. Prévision du risque potentiel occasionné par *Drosophila suzukii* pour les cultures

Le système ou outil d'aide à la décision SIMKEF (OAD), qui est encore en phase de validation, doit après un examen détaillé à la fin du projet servir à prédire le risque d'infestation par la mouche *D. suzukii* pour divers fruits et habitats hôtes. L'OAD SIMKEF utilise différents modules pour illustrer les interactions complexes entre *D. suzukii* (module dynamique des populations) et ses hôtes (module phénologie des plantes hôtes) ainsi que l'influence des principaux facteurs spécifiques à l'habitat

(module structure de l'habitat) sur le cycle complet de développement de la mouche *D. suzukii* (Fig. 8). Influencés par les paramètres d'entrée météorologiques, les effets respectifs sur le comportement et la biologie de *D. suzukii* sont évalués mathématiquement et les résultats sont disponibles via une application en ligne sur la plate-forme Internet www.isip.de. Les actions de monitoring servent à la validation et à la poursuite du développement de l'OAD et seront poursuivies dans les années à venir.

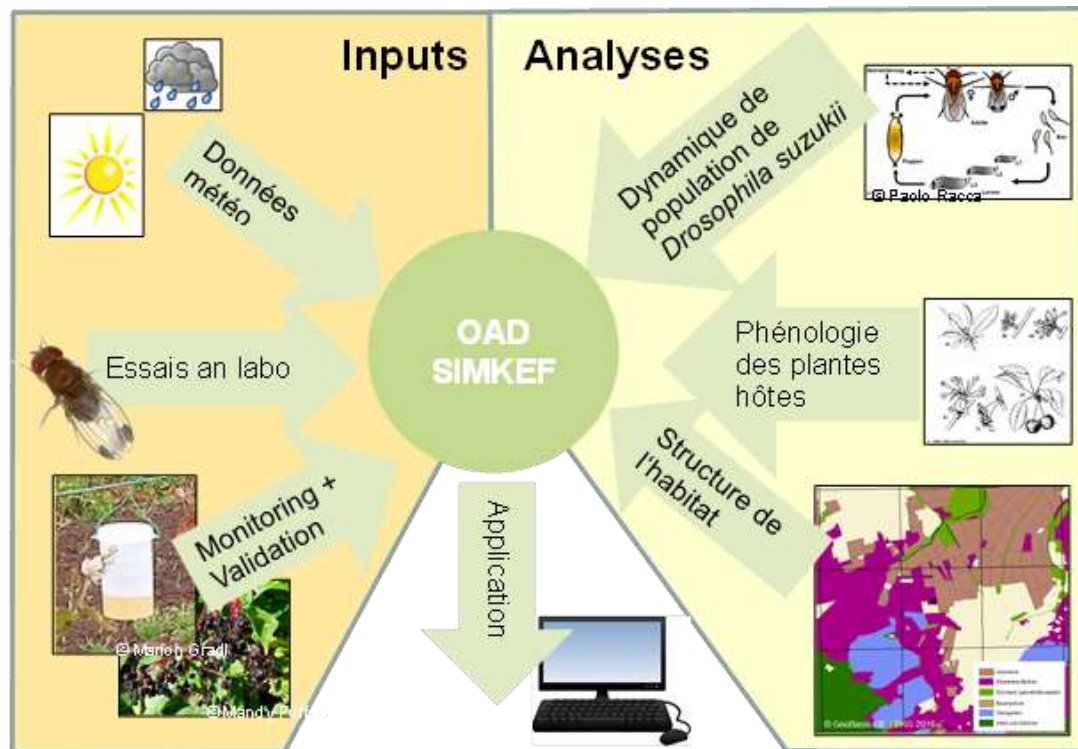


Fig. 8 : développement schématique du système d'aide à la décision SIMKEF

Le livrable de l'OAD SIMKEF sert de base d'orientation du conseil pour les vergers et les vignes, via la

- Prévion de l'apparition et par là de possibilité de pilotage de la surveillance, de mesures de lutte et d'évitements et
- Prévion du risque d'attaque et par là d'une meilleures estimation de la nécessité de la lutte et de la possibilité d'établir un pilotage ciblé de la date de récolte.

Durant la courte période du projet (01/2016-12/2018), il a pu être démontré que le développement d'un OAD pour l'optimisation de la lutte ou la prévention de l'infestation par *D. suzukii* est possible, à condition de disposer de données suffisantes issues d'essais et de de monitoring. En prenant l'exemple de la cerise et de la vigne, de premiers résultats prometteurs ont été obtenus pour prédire le risque d'infestation, voire la date de la première ponte d'œufs dans la culture. Dans la version actuelle, l'OAD SIMKEF calcule un indice de risque (SIMKEF risk index) qui relie les valeurs des différents modules (habitat et hibernation, dynamique de

populations, ontogenèse du fruit hôte). En utilisant une valeur limite interne au modèle pour l'indice de risque SIMKEF, la probabilité d'un début possible de ponte a été déterminée (valeur limite SIMKEF).

A l'aide de cet indice de risque calculé SIMKEF, des corrélations ont pu être trouvées avec l'attaque réelle observée dans les vergers de cerises. Dans la figure 9, il est illustré la convergence dans le calendrier de la première attaque notée au verger et le dépassement de la valeur seuil de risque établie par SIMKEF.

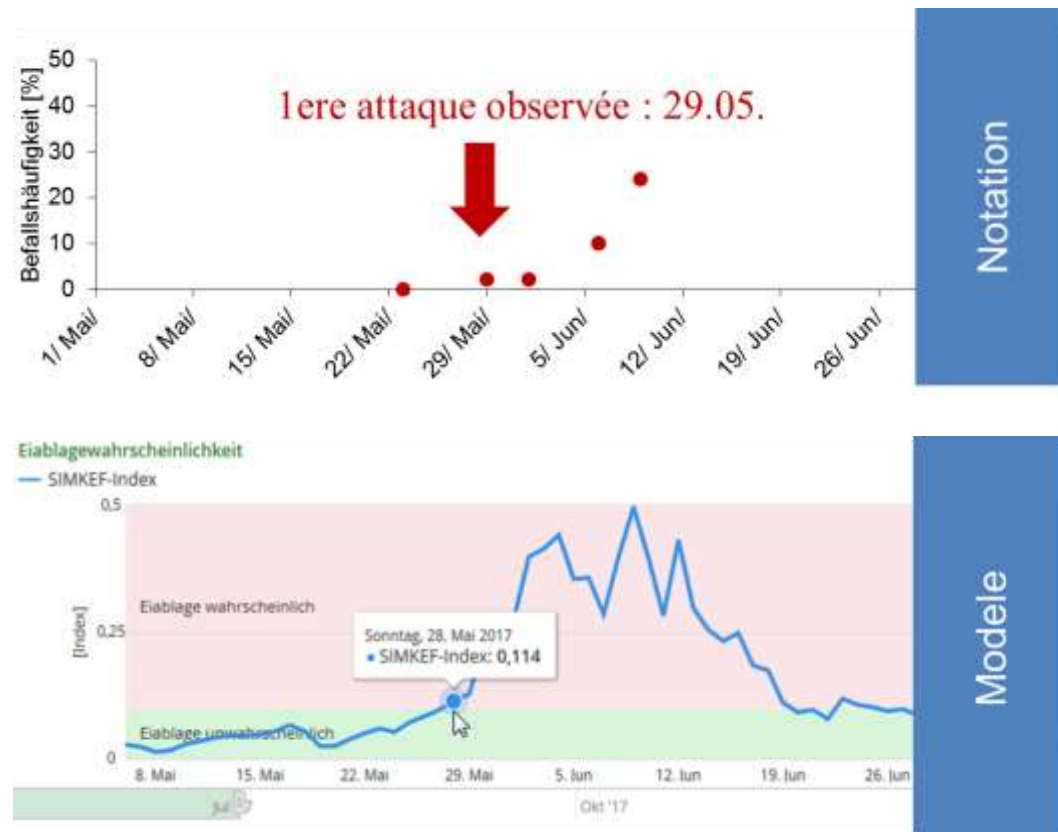


Fig. 9 : notation d'attaque et indice de risque simulé par l'OAD SIMKEF; Site Karlsruhe, LTZ 2017, culture de cerise, variété Giorgia

Pour l'espèce cultivée hôte cerisier, cette première évaluation de modèle avec des données provenant d'Allemagne et de Suisse a donné une très bonne estimation de la situation réelle de l'infestation.

En moyenne, la première attaque observée a eu lieu 6 jours après le dépassement du seuil de risque SIMKEF (Fig. 10).

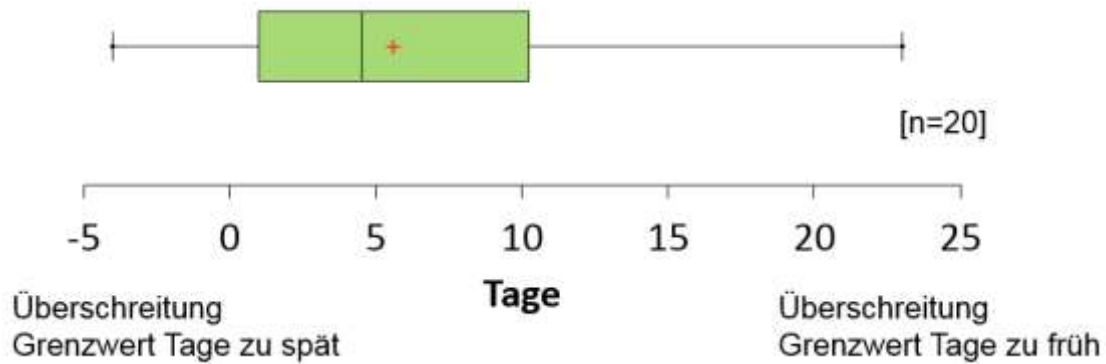


Fig. 10 : écart en jours entre le dépassement du seuil critique de l' OAD SIMKEF et la première attaque sur culture de cerise

Des résultats analogues ont été obtenus pour l'espèce hôte vigne avec un seuil de risque SIMKEF adapté à l'espèce.

En moyenne, la première attaque observée a eu lieu 7 jours après le dépassement du seuil de risque SIMKEF (Fig. 11). Dans tous les cas, la prévision du début des pontes a été juste.

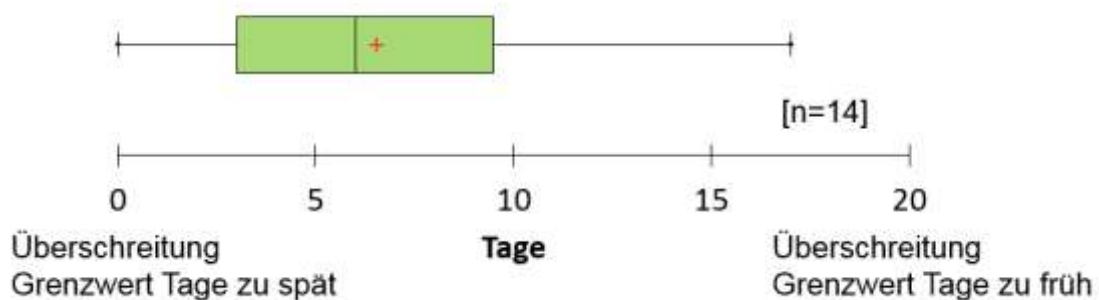


Fig. 11 : écart en jours entre le dépassement du seuil critique SIMKEF et la première attaque sur la vigne

Les conditions météorologiques en 2018 ont montré une image nettement différente par rapport aux deux premières années du projet.

Les très fortes températures ont conduit à un développement très modeste des populations de mouches asiatiques. On remarque dans la figure 12 la réaction de l'indice de risque SIMKEF à ces hautes températures maximales. Comme le modèle l'a pronostiqué, la première attaque a eu lieu très vite après le dépassement du seuil de risque. Les températures jusqu'à des maximales de 25°C laissent progresser l'indice de risque. La période suivante de températures maximales > à 25°C a alors conduit à une stagnation voire un léger recul de la valeur du risque (flèche rouge). Sur la base de ces résultats et d'autres données de validation, il devrait être possible à l'avenir d'obtenir d'autres prévisions sur l'évolution d'infestation.



Fig. 12 : indice de risque simulé par OAD SIMKEF en comparaison de l'évolution de la température ; Site Karlsruhe, LTZ 2018, culture de cerise, variété Georgia

A la fin du projet, d'autres données d'infestation pour les fruits hôtes cités cerises et raisins doivent être collectées afin d'effectuer une validation fiable et, si nécessaire, de poursuivre le développement du modèle et d'assurer ainsi une utilisation sûre de l'OAD SIMKEF dans la pratique. De même d'autres fruits hôtes seront introduits dans l'OAD dont notamment les cultures de baies.

A l'issue des travaux du projet, l'OAD optimisé et étendu pourrait à l'avenir être mis à la disposition des services du conseil chez les partenaires comme instrument approprié pour le pilotage des mesures de surveillance, de lutte et de prévention via la plate-forme Internet www.isip.de.

4. Régulation et lutte contre *Drosophila suzukii* en cultures de baies

La surveillance et le contrôle de la drosophile *D. suzukii* est urgemment nécessaire en raison de son potentiel de nuisibilité. Ce suivi permet d'évaluer les risques pour les cultures et contribue ainsi au maintien de la viabilité économique de l'arboriculture dans la région du Rhin supérieur. Dans cette région, l'arboriculture et en particulier les productions de baies et de fruits à noyaux occupent une place significative dans l'activité économique. Afin de pouvoir réaliser une régulation et une lutte efficaces, et d'aussi protéger les habitats naturels et leurs populations végétales et animales, il est essentiel d'intégrer les connaissances décrites ci-dessus sur la biologie, le comportement et l'écologie du ravageur.

Les objectifs de la régulation de *D. suzukii* dans les cultures de baies pendant la phase de maturité doivent être :

- ➔ Maintenir la population de mouches asiatiques au niveau le plus faible possible ainsi que
- ➔ D'éviter la montée des dégâts pendant la saison voire la contenir.

4.1. Surveillance et estimation du risque

Dans les situations ou habitats protégées du vent, humides et ombragées ainsi que dans les alentours de forêts il faut compter lors de conditions météorologiques favorables avec une population et une activité renforcée de la *Drosophila suzukii* et ainsi avec un risque d'attaque plus important (voir aussi paragraphe 3).

Les vergers abandonnés ou moins bien entretenus par des tailles insuffisantes, l'absence de mesures de régulation des mauvaises herbes, ainsi que les haies voire les habitats dotés de baies sauvages ou les buissons de mûriers, constituent des zones de refuge pour *Drosophila suzukii*.

Les parcelles de production de baies qui se trouvent dans de telles zones exposées doivent faire l'objet d'une surveillance permanente de l'activité du ravageur et de l'évolution de l'attaque.

La surveillance est réalisée par un monitoring de piégeage avec par ex. des pièges à vinaigre et par le contrôle des attaques (pontes, larves) dans la culture.

En complément, la surveillance peut être élargie aux haies proches et structures de bordures. De plus, plusieurs services du conseil en santé des plantes conduisent au début du printemps (mars/avril) des observations d'ovaires sur les mouches femelles ainsi que des contrôles de pontes sur les premiers fruits sauvages (gui ou lierre, voir ab. 1), afin de pouvoir juger du potentiel d'expression du risque d'attaque pour les premières installations de fruits cultivés.

➔ Surveillance par piégeage

Les adultes de mouches asiatiques peuvent être capturés à l'aide de plusieurs liquides attractifs et types de pièges (Fig. 13 à 15).

Il s'agit de pièges construits soi-même (Fig. 13 et 14) ou de modèles comparables disponibles sur le marché, tels que le piège Drosotrap ou Profatec (avec attractif solution Riga, Fig. 15). En principe, les récipients en plastique avec des couvercles dans lesquels on peut percer des trous dans le tiers supérieur sont appropriés. Le diamètre de ces trous ne devrait pas dépasser 2 à 3 mm pour éviter ou minimiser les prises accessoires d'espèces non ciblées et pour faciliter l'évaluation des pièges. Avec les captures on dispose d'indications sur le début de risque possible en particulier au début de la période de végétation et au début de la maturation des cultures fruitières précoces, c'est-à-dire si la mouche asiatique se trouve à proximité immédiate ou directement dans un verger. De même, les pièges à vinaigre peuvent être utilisés pour établir des corrélations entre l'activité des mouches et les conditions météorologiques. Le conseil utilise ces informations pour le service d'avertissements. Des pièges à mouches devraient être installés dans les vergers ainsi que dans les

habitats sauvages et les lisières de forêt adjacents, en particulier là où une infestation s'est produite l'an passé. Les données du piégeage ne sont toutefois pas suffisantes pour décider d'une stratégie de lutte car il n'existe pas de relation entre les captures et la taille des populations du ravageur voire de l'intensité d'attaque. Les captures indiquent cependant l'activité de la mouche qui peut varier selon les conditions climatiques. Cependant, en présence de fruits hôtes attractifs, les pièges sont moins susceptibles d'être visités.



Fig. 13 et 14 : pièges en autoconstruction (Photos: Schirra, DLR et Köppler, LTZ)



Fig. 15 : piège Profatec (avec appât Riga) (Photo Weingärtner, Ebenrain)

Liquides attractifs possibles :

- Droski-Drink (développé par la fondation Edmund Mach, S. Michele all'Adige (TN), Universität Molise/Campobasso (CB) ainsi que le syndicat des producteurs de baies et cerises Sant'Orsola (TN) : 75 % vinaigre de pomme + 25 % vin rouge + une cuillère à thé de sucre pour 100 ml de liquide
- CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, France): 1/3 eau + 1/3 vin rouge + 1/3 vinaigre de pomme brut + quelques gouttes de liquide à vaisselle (pour abaisser la tension superficielle de la solution aqueuse)
- Vinaigre de pomme : eau – mélange (1 : 1) + quelques gouttes de liquide à vaisselle
- Solution RIGA (Firma RIGA AG, CH-8545 Ellikon an der Thur)

Les liquides attractifs des firmes RIGA et 'Droski-Drink' capturent sensiblement plus de mouches que les mélanges vinaigre de pomme-eau.

Cependant, les prises sont également beaucoup plus élevées, de sorte que le temps nécessaire pour évaluer les pièges avec ces deux liquides est beaucoup plus long.

Toutefois, le nombre et le type de prises dépendent également du lieu et de la saison. Comme les mouches perçoivent la solution RIGA et à un degré moindre l'attractif Droski comme beaucoup plus attirants, le début de l'activité de la mouche peut être

mieux appréhendé avec ces appâts liquides qu'avec le mélange vinaigre de pomme/eau.

C'est un facteur non négligeable pour la détermination de la première apparition des femelles au printemps et donc du début possible de la ponte.

Pour construire soi-même les pièges attractifs :

Des pots de yaourt de 500 ml avec un couvercle transparent ou des bouteilles en PET transparentes ou non de 500 ml conviennent par exemple. Percer 10 à 15 trous d'environ 2 mm de diamètre dans le tiers supérieur du récipient ou de la bouteille. Une ouverture doit être prévue afin de pouvoir verser le liquide. Comme le montrent les illustrations, le récipient est rempli à environ 1/3 avec du liquide attractif puis fermé. Les pièges doivent être installés dans les endroits « sensibles ». Ce sont des zones à l'intérieur de la végétation, donc ombragées et plutôt avec un microclimat humide et chaud favorable au ravageur. La hauteur de fixation des pièges dépend de la culture et du mode de conduite et peut varier entre le niveau du sol et 2 m.

Si des pièges sont utilisés en hiver, il faut ajouter environ 5 % de sel au liquide de piégeage, pour éviter qu'il ne gèle s'il y a un risque de températures négatives.

Les pièges devraient être inspectés une fois par semaine en hiver à des températures inférieures à 5 °C tous les 14 jours et d'avril à octobre à des températures supérieures à 8 °C. Lorsque les premières températures dépassent 8 °C à la fin de l'hiver ou au printemps, il est recommandé de commencer le contrôle assez rapidement et plus fréquemment afin de documenter le début de l'activité.

Dans les cultures protégées par des filets, le contrôle avec des pièges à vinaigre est aussi nécessaire. Ces relevés doivent intervenir après la floraison lors de la fermeture des filets. Ils donnent une indication importante si sous le dispositif de filets une population de mouches asiatiques se développe à la suite de l'ouverture permanente du filet pour les interventions culturales et de récolte.

Lors du relevé des pièges, une distinction peut être faite entre les mouches mâles et femelles (Fig. 10). Les mâles se distinguent facilement des autres mouches par la tache foncée à l'extrémité arrière des ailes.

Chez les femelles, le grand ovipositeur courbé et muni de dents foncées en forme de scie peut être vu avec un microscope ou une loupe (grossissement d'au moins 10 fois) (Fig. 16).



Fig. 16: Mâle (gauche) et femelle (droite) de *Drosophila suzukii* (Photo: Alexander, DLR)

→ Examens des ovaires

L'examen des ovaires (Fig. 17) de femelles capturées au début du printemps (mars/avril) avec une loupe binoculaire est réalisé par les services du conseil et permet de déterminer à partir de quand il faut compter sur le début de la ponte sur les fruits déjà disponibles, tels que par ex. le lierre.

Le tableau 1 présente les données pour la région Nordbaden pour les années 2014 à 2018. Le DLR Rheinpfalz à Neustadt réalise également depuis des années de telles observations et communique les données aux services responsables du conseil ainsi qu'aux arboriculteurs et viticulteurs.



Fig. 17 : Ovaires de *drosophila suzukii* avec des oeufs immatures (gauche) et mûres (milieu) et oeuf mur individualisé (droite) (Photos : Just & Frank, JKI Dossenheim)

→ Contrôle de l'attaque

Des contrôles réguliers de l'infestation des fruits lors de la ponte ou du développement larvaire, en commençant par les variétés les plus précoces de l'installation, permettent d'estimer la pression actuelle de l'infestation et donc de planifier si des mesures phytosanitaires sont nécessaires. Selon la culture, le contrôle des œufs est approprié (par ex. myrtilles, cassis, sureau) ou bien celui des larves (p. ex. framboises et mûres).

Contrôle sur les pontes et les trous de perforation:

Une loupe au pouvoir grossissant 10 à 20 fois est nécessaire pour cela.

Les oeufs sont reconnaissables avec une résolution suffisante à leurs 2 tubes de respiration (voir Fig. 1 dans paragraphe. 2.5 ainsi que Fig. 17 photo de droite). Les services du conseil réalise au début du printemps le controle des pontes sur des fruits sauvages comme le lierre et le gui afin de déterminer la première activité de ponte après l'hiver (voir Tab. 1). Les contrôles devraient commencer au plus tard au moment de la coloration des fruits et devraient être effectués au moins une fois par semaine, plus particulièrement tous les 2 à 3 jours au fur et à mesure de l'avancée de la maturité des fruits. Sous des conditions favorables, la *drosophila suzukii* peut déposer un nombre considérable d'oeufs en l'espace de quelques heures et occasionner une attaque sensible.

Les contrôles peuvent être effectués directement par des producteurs formés ou par les conseillers. Le service du conseil utilise ces contrôles pour évaluer la situation régionale de l'infestation et les mesures éventuellement nécessaires.

Taille de l'échantillon : 50 baies (uniformément réparties sur l'installation). Les fruits ou les baies doivent être choisis au hasard et être intacts à l'extérieur.

La contrôle des pontes sur myrtilles et groseilles est particulièrement facile. Dans le cas des framboises et des mûres, les voies respiratoires peuvent facilement être confondues avec les pontes. Dans ce cas, le contrôle des larves écloses est recommandé.

Prestation pour les producteurs :

S'il y a suffisamment de ressources en personnel, les équipes du conseil peuvent réaliser sur site les contrôles de pontes sur les échantillons apportés par les producteurs.

Contrôle sur larves

Pour ce faire, 30 à 50 baies sont placées individuellement ou en petites quantités dans des tasses ou des béciers avec de l'eau salée (10 %) afin d'expulser et de compter les larves qui ont déjà éclos. Après 1 à 2 h, les larves qui surnagent dans l'eau peuvent être dénombrées.

Dans le cadre des contrôles d'infestations de la mouche asiatique, il faut tenir compte des différences éventuelles de sensibilité entre les variétés. Aucune différence claire dans la sensibilité des variétés de baies à la mouche asiatique n'est connue à l'heure actuelle.

La sensibilité des cultures de petits fruits à la mouche asiatique varie. Les framboises et les mûres sont très sensibles, les myrtilles et les cassis ont une sensibilité moyenne et les groseilles rouges ne sont généralement attaquées que lorsqu'elles sont trop mûres. Aucune infestation n'a été trouvée dans les groseilles à maquereau jusqu'à présent. Jusqu'à présent, les cultures de fraises de plein champ au début de l'été n'ont été concernées qu'à la fin de la récolte ou lorsque la récolte est incomplète et que le fruit est donc trop mûr. Les fraisiers remontants à la fin de l'été ou à l'automne présentent des taux d'infestation plus élevés. Dans les cultures de baies très sensibles de framboises et de mûres, l'infestation doit être vérifiée avant la maturité complète. Elles peuvent déjà être recouverts d'œufs avant le début de la

coloration typique des fruits de la variété. Les figures 18 à 23 montrent les stades fruitiers dans lesquels une infestation peut se produire. Si la pression d'infestation est élevée, les premiers stades doivent être inclus dans la surveillance de l'infestation.



Fig. 18 et 19 : mûres (gauche) et framboise (droite) : BBCH 79 - taille de fruit principalement typique de la variété atteinte (Photos: Köppler, LTZ)



Fig. 20 et 21: mûres (gauche) et framboise (droite): BBCH 81 à 85 – début et coloration avancée du fruit (Photos: Köppler, LTZ)



Fig. 22 et 23 : mûres (gauche) et framboise (droite) : BBCH 87 à 89 – maturité gustative et pour cueillette (Photos: Köppler, LTZ)

4.2. Mesures de régulation de drosophila suzukii

4.2.1. Mesures indirectes

Les mesures indirectes sont celles qui créent des conditions défavorables pour les populations de drosophile et réduisent ainsi le risque d'infestation (par exemple, fertilisation et travail du sol, gestion des cultures, récolte et hygiène, nouvelle plantation avec des variétés moins sensibles) ou les empêchent de pénétrer ou de pondre des œufs (filets et piégeage de masse).

→ Techniques culturales

Les recommandations suivantes sur les techniques de culture sont basées sur les exigences écologiques de la mouche asiatique pour un développement optimal, de températures moyennes comprises entre 20 et 25 °C et d'humidités relatives supérieures à 70 %. Dans les cultures, des conditions défavorables au ravageur doivent être créées afin de maintenir la population aussi petite que possible et de réduire ainsi le risque d'infestation.

- Maintenir les arbustes ouverts par des mesures d'élagage appropriées et donc un meilleur ensoleillement et une meilleure ventilation de la végétation ainsi qu'un meilleur mouillage pendant les mesures de traitement.
- Réduction constante de la strate végétative au-dessus du sol grâce au mulchage permanent et au désherbage ; en outre, le mulchage des voies de passage et le maintien d'une végétation courte
- Eclaircissage constant des jeunes tiges dans les framboises et les mûres et enlèvement constant des nouvelles pousses dans les groseilles à grappes afin d'assurer une meilleure aération des peuplements
- Une fois la récolte terminée, les vieilles tiges porteuses de framboises et de mûres sont coupées immédiatement.

→ Récolte / Hygiène

L'objectif principal des instructions de récolte et d'hygiène est de réduire la population de mouches asiatique dans les installations en enlevant les fruits hôtes supports de nouvelles pontes ou pour empêcher l'éclosion d'autres mouches provenant de fruits déjà infestés. En particulier pour les framboises et les mûres qui mûrissent sur une période très étalée, la récolte et l'hygiène sont particulièrement importantes lors de chaque passage de récolte. Ces mesures sont essentielles pour une régulation préventive de la mouche dans les plantations de baies.

- Récolte précoce et rapide, respecter de courts périodes entre 2 récoltes selon la sensibilité de la culture, par ex. les framboises 1-2 jours, mûres 2-3 jours
- Si le risque d'infestation augmente en raison des conditions favorables de multiplication de la mouche asiatique, une récolte complète et rapide doit être

effectuée pour les cultures ou variétés dont la période de récolte est courte, faute de quoi une infestation grave peut se développer en 1-3 jours.

- Les plantes non récoltées et les plantes porteuses de fruits laissés en place sont des foyers de reproduction de la mouche et mettent en danger les cultures voisines en cours de maturation si les conditions de propagation et d'explosion de population sont réunies.
- Hygiène : écarter sans délai et régulièrement les fruits surmatures et abimés sur les plantes et au sol en particulier pour les framboises et les mûres et les détruire (ex. solarisation, fermentation dans cuve à moût.)
- Pas de dépôts ou composts à proximité de la culture

➔ Refroidissement et transformation

Un refroidissement rapide à des températures < 5 °C et un traitement rapide des marchandises récoltées empêche le développement de la mouche. D'autres conseils sont:

- Assurer la chaîne du froid jusqu'à la vente (consommateurs)
- Garantir la commercialisation la plus rapide possible

➔ Mesures de protection par pose de filets

Les filets à maille suffisamment petite représentent actuellement une des méthodes les plus efficaces de protéger les cultures contre l'infestation par la mouche asiatique, de réduire la pression d'infestation ou de retarder l'apparition de l'attaque.

Les filets ne peuvent à eux seuls assurer une protection complète, car les portes d'entrée ne peuvent être évitées par endommagement ou lors d'ouverture des filets pour les interventions culturales ou les mesures phytosanitaires. Les points suivants sont à prendre en compte lors de l'installation de filets pour se protéger de la mouche *drosophila suzukii* :

- protection maximale possible par des systèmes de filets enveloppant intégralement l'installation (en cas de protection seulement latérale ou de protection incomplète, l'infestation par la mouche asiatique ne peut être que retardée (Fig. 24) ; les sites exposés au vent ou à forte pente sont défavorables,
- Dans le cas de systèmes de protection existants, tels que les tunnels en plastiques ou les toitures en toiles, la suspension de filets est associée à des coûts d'investissement et de main-d'œuvre supportables (Figures 25 et 26),
- Lors de la planification de nouveaux systèmes de protection de la production, il faut clarifier les possibilités de pose de filets,
- Si une fourrière est nécessaire, celle-ci doit être aussi protégée par des filets, afin d'éviter de multiples ouvertures des portes,
- Évitez ou comblez les espaces aux transitions entre la toile et le filet ou aux bords et aux coins, car lors de fortes infestations, même de petites ouvertures peuvent servir de portes d'entrée pour la mouche (Figures. 27 et 28),
- Taille maximale de la maille 1 mm², par ex. 1 x 0,8 mm ou 0,8 x 0,8 mm,

- si possible, des filets avec des mailles suffisamment rigides, faute de quoi des ports d'entrée pour le ravageur peuvent être créés,
- Lors du calcul de la surface nette requise en filets, il faut tenir compte de la nécessité de réparations, de trous imprévus et de couverture au sol (Fig. 29 Exemple d'auto-construction),
- Les filets doivent se chevaucher à l'entrée ou être équipés, par exemple, de fermetures éclair,
- Risque de fissures dues à des contraintes mécaniques, par exemple la pression du vent, si le sol est fermé par le chargement du filet avec des pierres, des pieux et des sacs de sable, etc. et
- Fermeture au sol par un fil métallique passant sur le sol sur lequel le filet est fixé au moyen de plaques et de cordes d'expansion avec une saillie suffisante (Figures. 31 et 32).



Fig. 24 : une protection latérale avec des filets n'assure qu'une protection insuffisante contre *D. suzukii* (Photo: Augel, LTZ)



Fig. 25 et 26 : tunnel de toile recouvert de filets; installation de cerisiers avec filets latéraux et au dessus (Photos: Augel, LTZ)



Fig. 27 et 28 : trous en le filet et le plafond en toile doivent être fermés ; les trous peuvent servir de portes d'entrée aux mouches (Photos : Augel, LTZ)



Fig. 29 : autoprotection avec filets sur installation de myrtilles (Photo: Augel, LTZ)



Fig. 30: installation de myrtilles protégée (Photo: Urs Weingartner, Ebenrain-Zentrum)



Fig. 31 : chargement trop léger du filet et recouvrement insuffisant
 Fig. 32 : chargement suffisant, toutefois avec danger de déchirures du filet (Photos: Augel, LTZ)

Même dans les sites entièrement protégés par des filets, une surveillance continue de la culture est nécessaire, dans un premier temps à l'aide de pièges, et dès que la culture arrive à maturité par des examens des fruits (voir section 4.1.).

Dans les filets, les populations de mouches peuvent s'accumuler et nécessiter des interventions, telles que le piégeage en masse. Selon l'évolution de l'infestation, des mesures directes uniques ou répétées (voir section 4.2.2.) peuvent être nécessaires au début de l'infestation ainsi qu'au cours de la maturation ultérieure des fruits (selon la culture et variétés présentes).

Des expériences et des connaissances supplémentaires sur la protection par les filets ont été acquises dans le cadre du projet de démonstration "protection des vergers à l'aide de filets contre *Drosophila suzukii*". Le Ministère fédéral de l'alimentation et de l'agriculture (BMEL) finance ce projet. L'objectif du projet est de diffuser davantage dans la pratique la protection des vergers par des filets comme mesure de contrôle non chimique. Les entreprises participantes transmettent

directement les informations recueillies dans le cadre du projet, par exemple sur les causes biotiques et abiotiques des dommages ou les aspects économiques, aux entreprises intéressées. Le porteur de projet est l'office fédéral pour l'agriculture et l'alimentation (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)).

La mise en place de filets dans les parcelles de production de baies nécessite souvent l'utilisation ciblée de pollinisateurs. Lorsque l'on utilise des colonies de bourdons, il convient de noter que les bourdons fécondent les fleurs le plus efficacement entre 17 °C et 28 °C de température ambiante. Une surchauffe ou un ensoleillement direct sont vraiment à éviter car les insectes restent autrement dans la boîte pour refroidir leur couvain, ou bien le couvain voire les bourdons peuvent être directement menacés. En conséquence, les populations doivent être placées à l'ombre et près du sol. Afin d'éviter la pénétration de l'humidité, ils ne doivent pas être placés directement sur le sol mais, par exemple, sur une boîte renversée. Une surface plane doit également être assurée. Si l'on s'attend à des températures élevées sur une longue période de temps, il est conseillé de placer les ruches à bourdons légèrement enfoncées dans le sol, car il y fait encore plus frais. Cela signifie que dans une fosse on place une caisse renversée et que l'on place par-dessus la boîte à bourdons. Naturellement il faut vérifier que l'envol ou le retour des insectes n'est pas entravé. L'efficacité de fécondation diminue fortement après 6 semaines et il convient au plus tard après cette période de renouveler la population de bourdons. Le nombre de populations par surface sont à demander aux vendeurs distributeurs et conseillers spécialisés.

Il se peut de plus que par la combinaison de l'usage de filets et toile le rapport entre ravageurs et auxiliaires soit modifié et que cela rende nécessaire une nouvelle stratégie de protection des plantes.

➔ Captures en masse

Le piégeage en masse avec une étroite bordure de pièges à appâts autour des plantations de baies (distance de 2 m) n'est pas une méthode sûre pour éviter l'infestation par la mouche *Drosophila suzukii* avec les pièges actuellement disponibles et peut dans un cas favorable retarder l'infestation de quelques jours ou l'affaiblir légèrement. Dès que les mouches peuvent être trouvées dans la culture, il est conseillé d'accrocher d'autres pièges sur l'ensemble de l'installation avec une maille de cinq mètres.

Une application n'est donc conseillée qu'en cas de faible pression d'infestation lors de la coloration des fruits. Le temps nécessaire (p. ex. changement de piège toutes les 3 semaines) et les coûts sont relativement élevés. Dans le cas de cultures à prix élevé ou dans les régions où les attentes de prix sont élevées, il faut sopeser l'intérêt entre les coûts et les avantages.

➔ Nouvelles plantations

- Lors de la plantation de nouveaux vergers à baies, il convient de tenir compte des éléments suivants en vue d'un danger potentiel dû à la mouche asiatique.

Prise en compte des différences possibles entre cultures et de variété en ce qui concerne leur sensibilité et la période de récolte. Les prunes ont des variétés à sensibilité différente, tandis que les variétés de cerises et de baies sont toutes aussi attractives.

- Lors de la plantation de nouvelles haies dans les zones communales et dans les régions fruitières du Rhin supérieur, il faut tenir compte de la sensibilité des espèces sauvages. Si possible, planter des arbustes sauvages à faible potentiel de risque.

4.2.2. Mesures directes

Les mesures directes sont des mesures prises sur les cultures et les fruits pour empêcher la mouche asiatique de pondre des œufs.

→ Interventions de protection minérale (physique)

L'application de kaolin ou chaux éteinte est différemment réglementée selon les pays partenaires au sein d'InvaProtect. Il faut vérifier l'autorisation du produit dans le pays avant toute intervention.

Le kaolin et la chaux éteinte montrent un pur effet répulsif, c a d qu'ils empêchent les pontes sur les fruits hôtes. Les œufs déposés ou les larves écloses ne sont pas tuées. Le traitement avec ces produits doit donc être programmé de telle sorte que toute augmentation de ponte liée aux conditions météorologiques soit limitée par une intervention réalisée au bon moment ou que les applications soient placées en intermédiaire et complément des insecticides. L'application de la chaux ou du kaolin doit donc être effectuée avant la cueillette, au changement de couleur, à la première infestation ou en présence de faible pression d'infestation. Ils ne produisent pas de résidus conséquents et l'utilisation de pesticides chimiques peut donc être réduite.

Le risque de formation éventuelle d'une résistance est également plus faible. L'utilisation d'agents minéraux doit être évaluée en fonction de leur mode d'action en tant que complément approprié dans le cadre d'une stratégie globale.

Kaolin

La plupart des essais ont été réalisés avec le produit commercial Surround WP® qui est autorisé en Suisse dans la catégorie des produits phytosanitaires. Il contient du kaolin, une très fine farine d'argile à 95 % sous une forme pure. L'application sur les fruits a montré en viticulture et sur cerises de distillation une bonne efficacité, permettant en partie de renoncer aux produits de protection de synthèse chimique.

L'autorisation du Surround® en Suisse avec les usages autorisés sont présentés sous :

<https://agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenschutz/drosophila-suzukii.html/>

Il n'y a pas d'autorisation du Surround® en Allemagne dans la liste des produits de phytoprotection. En France, Surround® et Sokalciarbo® (aussi avec matière = caolin) sont autorisés, mais sans indication pour la lutte contre *D. suzukii*.

L'effet répulsif et non destructeur du kaolin est dû aux particules microscopiques qui adhèrent aux insectes. Cela perturbe leur alimentation, leur accouplement et leur ponte et ils sont moins stables sur les plantes.

Recommandations pour d'application

L'effet du kaolin est en corrélation avec la couverture par pulvérisation, c'est-à-dire qu'un recouvrement complet est crucial pour empêcher la ponte. Comme la couverture constitue des taches blanches sur le fruit, le kaolin est bien adapté à la viticulture et aux cerises de distillation, mais pas aux fruits de table.

Les résidus sont inoffensifs pour la santé et n'ont aucun effet négatif sur la qualité du vin. Le dosage pour les fruits à noyau en Suisse est homologué à 32 kg/ha. Un ruissellement de la bouillie doit être évité, sinon la couche pulvérisée risque d'être moins uniforme.

Lors d'expérimentations, un effet secondaire sur les acariens prédateurs a pu être déterminé, c'est-à-dire que la population a chuté après une utilisation répétée de kaolin, mais s'est rétablie rapidement après. Comparé au spinosad, l'effet secondaire sur les insectes utiles peut être considéré comme mineur. Toutefois, d'autres essais sont nécessaires.

Une fiche technique sur le Kaolin en viticulture est disponible sous <https://shop.fibl.org/chde/1073-kaolin.html>

Chaux éteinte

Des expériences pratiques et des essais en Suisse ont été réalisés avec de la chaux éteinte (hydroxyde de calcium). Le produit Nekargard 2® est homologué en Suisse en tant que produit de protection des cultures avec une autorisation spéciale.

En Allemagne, les expériences concernent l'oxyde de calcium, qui est disponible sous le nom commercial Fruchtkalk® ou également sous le nom de Ds Kalk® et est répertorié comme engrais. En France, la chaux n'a jusqu'à présent été utilisée sur les baies qu'à titre expérimental.

Après la pulvérisation de chaux éteinte et avec une couverture optimale, le pH élevé de plus de 12 a un effet négatif sur la croissance des levures. Les levures sont présentes naturellement sur la plante et sont d'importants nutriments pour la mouche asiatique. Afin de garantir un pH supérieur à 12, il faut le déterminer avant l'application au moyen de bandelettes de mesure du pH dans la bouillie. D'autres effets de la chaux éteinte réduiraient l'attrait pour les mouches, comme par exemple la neutralisation des acides de fruits qui s'échappent, sont concevables mais ne sont pas scientifiquement prouvés.

Recommandations pour application

Pour la chaux éteinte, une couverture optimale et des applications répétées sont également des conditions préalables pour une bonne efficacité. Les taches de

pulvérisation peuvent difficilement être évitées. Un test de pulvérisation et si besoin l'optimisation de la technique d'application (par ex. remplacement des buses) sont nécessaires pour réduire la formation de dépôts. Sur ce point, d'autres essais restent nécessaires. Les essais de l'Agroscope en Suisse ont montré qu'il ne fallait pas utiliser de buses d'injection et que le temps de pulvérisation joue également un rôle important. La pulvérisation en soirée et tôt le matin a permis de réduire le nombre de taches. La quantité maximale d'eau doit être adaptée pour une couverture complète. Avec une dose minimale de 1,5 à 2 kg pour 500 à 1000 l d'eau, un effet positif sur les baies peut être constaté, à condition que le pH de la bouillie ne soit pas inférieur à 12. Il n'est pas nécessaire de décanter la chaux dans la bouillie avant la pulvérisation, mais un agitateur dans le pulvérisateur est absolument nécessaire. Le calcium est partiellement absorbé par la peau du fruit, il s'ensuit que l'évaluation d'un test de pulvérisation sur les taches de pulvérisation n'est possible qu'après 1-2 jours.

En Suisse, des tests de lavage à l'eau acidifiée dans de grandes installations techniques ont montré qu'après application de chaux éteinte sur cerises de table on arrive tout de même à une qualité visuelle acceptable.

Une pulvérisation renouvelée tous les 2-3 jours est optimale (au moins 1x/semaine) afin d'obtenir une efficacité contre la mouche asiatique. Après de fortes pluies, la couverture doit être renouvelée.

Lors d'essais, divers additifs n'ont pas permis d'augmenter significativement l'effet de la chaux éteinte.

Chez les acariens prédateurs, seul un très faible effet secondaire a été prouvé. D'autres tests restent nécessaires.

➔ Mesures chimiques

Le recours à des interventions chimiques doit être réduite au strict nécessaire et nécessite donc une prévision fiable et un service d'avertissements fiable.

Afin d'évaluer la nécessité de mesures chimiques, il est nécessaire d'une part de disposer d'un monitoring conséquent des pièges et des infestations par les services régionaux de la protection des végétaux ou les organismes officiels du conseil des pays partenaires. D'autre part, il est nécessaire que les producteurs de fruits contrôlent régulièrement l'infestation de leurs vergers. La seule surveillance des pièges pour évaluer l'activité des mouches asiatiques n'est pas suffisante, car il n'y a pas de corrélation entre le nombre de mouches capturées et l'infestation des fruits. En conséquence, il convient d'effectuer les suivis d'infestation réguliers décrits au point 4.1, sur la ponte des œufs sur les fruits à partir de leur coloration ainsi que d'observer l'évolution des conditions météorologiques et de prendre en compte les prévisions météorologiques.

Dans le cas des cultures de baies telles que les framboises et les mûres, caractérisées par de longues périodes de floraison, de maturation et de récolte, des suivis réguliers doivent être effectués jusqu'à la fin de la récolte afin de limiter l'utilisation des produits phytosanitaires aux dates nécessaires (voir Fig. 33).

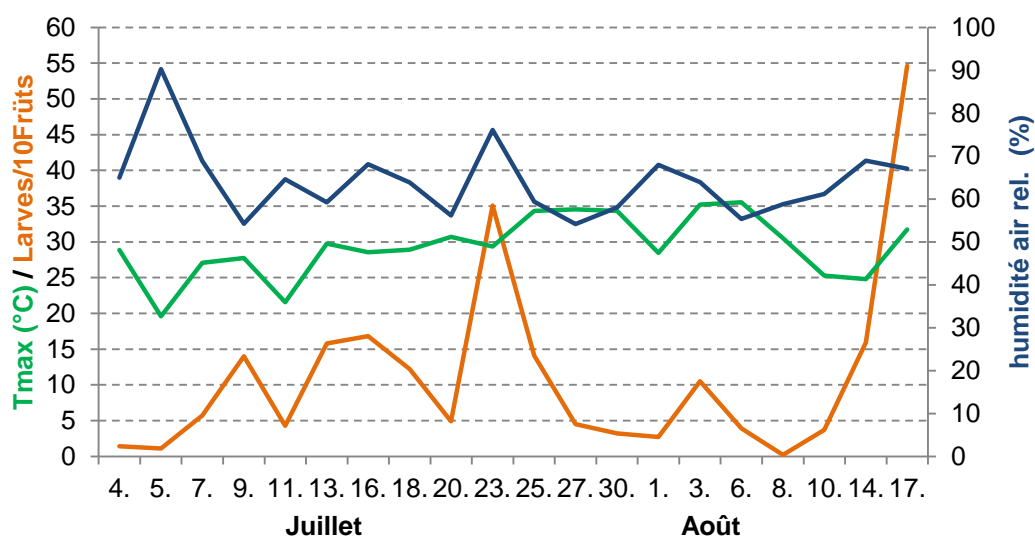


Fig. 33 : suivi de l'infestation sur mûres 2018 (courbe rouge) en relation avec la température de l'air (courbe verte Tmax) et l'humidité relative de l'air (courbe bleu) : progression de l'infestation (légèrement décalée dans le temps), si Tmax < 25 °C et humidité rel. air ≥ 70 % (LTZ Augustenberg)

La lutte chimique préventive contre la mouche asiatique n'est pas efficace et n'est donc pas recommandée. Des mesures chimiques doivent être prises au début de l'infestation, c'est-à-dire au début de la ponte, afin d'éviter la progression de la population. Si une augmentation de l'infestation peut être évitée dès le début, les mesures phytosanitaires peuvent être limitées par la suite.

Comme le ravageur est très fortement dépendant des conditions météorologiques, ce qui se répercute rapidement dans l'infestation, il faut en tenir compte lors de la décision d'appliquer un traitement phytosanitaire chimique. Même lorsque les fruits hôtes sont à la maturité optimale, des températures excessivement élevées et la sécheresse peuvent prévenir l'infestation.

Comme mentionné au point 2.1, le ravageur préfère des températures moyennes comprises entre 20 et 25 °C et une humidité relative supérieure à 70 %, les deux conditions interagissant pour une activité et une reproduction accrues. Avec des conditions météorologiques favorables, la mouche peut montrer une très forte stimulation de la reproduction en l'espace de 1 à 2 jours et provoquer ainsi une infestation massive à court terme.

Les traitements insecticides ne sont nécessaires que si les premiers œufs sont trouvés lors de notations d'infestation successives et rapprochées et si les conditions météorologiques satisfont aux exigences de la mouche asiatique.

L'intensité de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques chimiques dans une stratégie globale contre la mouche dépend des facteurs suivants :

- conditions climatiques optimales pour la reproduction de la mouche,
- sensibilité de la culture et de la variété,
- stade de maturité du fruit hôte,
- durée de la période de récolte,
- mode d'action et efficacité potentielle des insecticides disponibles, et

- signes possibles de résistance.

Le choix des insecticides dépend de la situation en matière d'homologation et de la disponibilité des produits dans les pays riverains du Rhin supérieur. Les informations par pays et par région ainsi que les communiqués des services de la protection des cultures fournissent des informations sur les pesticides disponibles chaque année.

Il n'y a que quelques autorisations régulières. Dans certains cas, l'utilisation d'insecticides efficaces n'est possible que par le biais d'une dérogation renouvelée annuellement pour autorisation d'urgence conformément à l'article 53 du décret européen 1109/2009 (voir Tab. 2).

Tab. 2: aperçu des autorisations pour les petits fruits à baies (inc. Possibles dérogations d'urgence selon Art. 53 EU-VO 1107/2009 ou autorisations spéciales délivrées par la Suisse) des insecticides contre la mouche *D. suzukii*

Matière active	Nom du produit	Autorisations/dérogations suivant Art. 53 EU-VO 1107/2009 (D/F) ou autorisations spéciales (CH)*/**
Spinosad	SpinTor, Audienz, Success	D, CH, F
Spinetoram	Delegate	F
Cyantraniliprole	Exirel	D, F
Lambda-Cyhalothrin	Karate Zeon	D
Acetamiprid	Mospilan	D
Thiacloprid	Alanto, Calypso, Tiaprid	CH

* Les dérogations d'urgence selon l'art. 53 du règlement 1107/2009 de l'UE ou les autorisations spéciales sont valables pour une saison et pour 120 jours seulement ; Elles doivent être demandées annuellement aux autorités nationales.

**il faut distinguer les différentes espèces de fruits pour les autorisations

Mode d'action des insecticides

L'évaluation du mode d'action des substances actives sur la mouche *drosophila suzukii* est basée sur les résultats des essais en laboratoire, semi au champ et au champ, réalisés dans le Rhin supérieur par différents partenaires du projet InvaProtect. A l'avenir, les nouveaux résultats d'essais devront être introduits dans les différentes régions et les différentes productions.

λ-Cyhalothrin (ex. Karate Zeon)

Les pyréthrinoïdes, dont fait partie la substance active λ-Cyhalothrine, agissent exclusivement sur les mouches adultes. Il n'a pas d'effet sur l'œuf ou la larve. La durée de l'action dépend fortement des températures dominantes (plus elles sont chaudes, plus elle est courte).

Le moment le plus favorable pour l'utilisation dans les fruits à baies est lorsque l'infestation commence après la cueillette complète et la cueillette hygiénique, c'est-à-dire lorsque tous les fruits infestés et non commercialisables ont été enlevés des plantes. La stabilité UV des préparations est limitée. Les traitements avec une forte exposition au soleil sont moins efficaces et doivent donc être effectués le soir.

Spinosad (ex. SpinTor, Audienz)/Spinetoram (ex. Delegate)

Le spinosad a un bon effet adulticide, de sorte que la ponte est considérablement réduite. Il a également un effet sur l'éclosion des larves et réduit ainsi le taux de reproduction. Le Spinosad peut donc être utilisé de manière assez flexible.

Cyantraniliprole (ex. Exirel)

Le cyantraniliprole a également un bon effet sur les mouches adultes. Certaines expériences du DLR Rheinland ont montré que les mouches femelles qui sont entrées en contact avec le produit Exirel ont un taux de ponte plus faible. Le taux d'éclosion des œufs pondus n'est toutefois pas réduit. Les produits contenant la matière active cyantraniliprole doivent donc être appliqués spécifiquement sur les adultes au début de la ponte.

Acetamiprid (ex. Mospilan, Gazelle, Suprone)/Thiacloprid (ex. Alanto, Calypso, Tiaprid)

L'acétamipride et le thiaclopride (deux néonicotinoïdes) ont un effet faible à moyen sur les mouches adultes. Lors d'une expérience avec l'acétamipride sur des œufs déjà pondus, le produit du DLR Rheinland à Neustadt a montré une réduction significative de l'éclosion larvaire par rapport au contrôle. Lors d'essais sur le terrain menés par les services agricoles du Landratsamt de Karlsruhe/Allemagne, de bons effets secondaires ont été observés avec la même matière active dans les cerises et les baies de sureau. Ces substances actives devaient être intégrées dans le cadre d'une stratégie principalement pour les fruits à noyau comme élément constitutif supplémentaire dans une séquence de traitements.

Eviter les résistances

Pour éviter d'éventuelles résistances, les insecticides appartenant à différents groupes de substances actives doivent être utilisés en alternance lorsqu'ils sont disponibles. L'apparition de résistances provoque des réductions d'efficacité et conduit inévitablement à des applications multiples qu'il faut éviter.

En Allemagne, il est possible de mélanger les insecticides autorisés dans les cultures en très petites quantités avec l'additif 'combi-protec' comme stimulant alimentaire pour la mouche asiatique. Dans quelle mesure l'utilisation à plusieurs reprises de petites quantités d'un insecticide en combinaison avec "combi-protec" peut entraîner une résistance n'a pas encore été clarifiée. L'effet stimulant alimentaire et donc l'absorption accrue de matière active par "combi-protec" laisse penser qu'il n'y a pas d'effet favorisant la résistance.

Protection des abeilles

Les produits comportant des substances actives des groupes spinosyne ou cyantraniliprol sont classés comme dangereux pour les abeilles. Lors de l'utilisation de ces produits, les réglementations applicables pour les produits phytosanitaires

dangereux pour les abeilles dans les pays riverains du Rhin supérieur, doivent être respectées.

5. Concept global de régulation d'attaque

Étant donné que les mesures phytosanitaires chimiques en viticulture sont souvent inutiles et, si nécessaire, le plus souvent insuffisamment efficaces, elles ne peuvent être considérées que comme un "dernier recours" dans un concept global de lutte et de régulation en viticulture. En particulier, les possibilités de lutte indirecte décrites dans le présent plan d'actions doivent être prises en compte pour une lutte efficace contre la drosophile asiatique.

Dans quelle mesure le plan d'action présenté (Fig. 11) doit être mis en œuvre dépend essentiellement de l'évaluation des risques, laquelle repose sur des contrôles réguliers de l'infestation en rapport avec les conditions météorologiques. Le système d'aide à la décision actuellement mis au point par l'Office central des Länder pour l'aide à la décision et les programmes de protection des plantes informatisés (ZEPP) devrait faciliter à l'avenir l'évaluation des risques sur la base d'un indice de risque pour les cultures du Rhin supérieur.

La priorité doit être accordée à la situation régionale ou individuelle des exploitations agricoles dans le choix et la portée des mesures. Le soutien d'un service de conseil régional est nécessaire dans le cas de ce ravageur difficile à réguler, afin de parvenir à une stratégie de lutte aussi durable que possible.

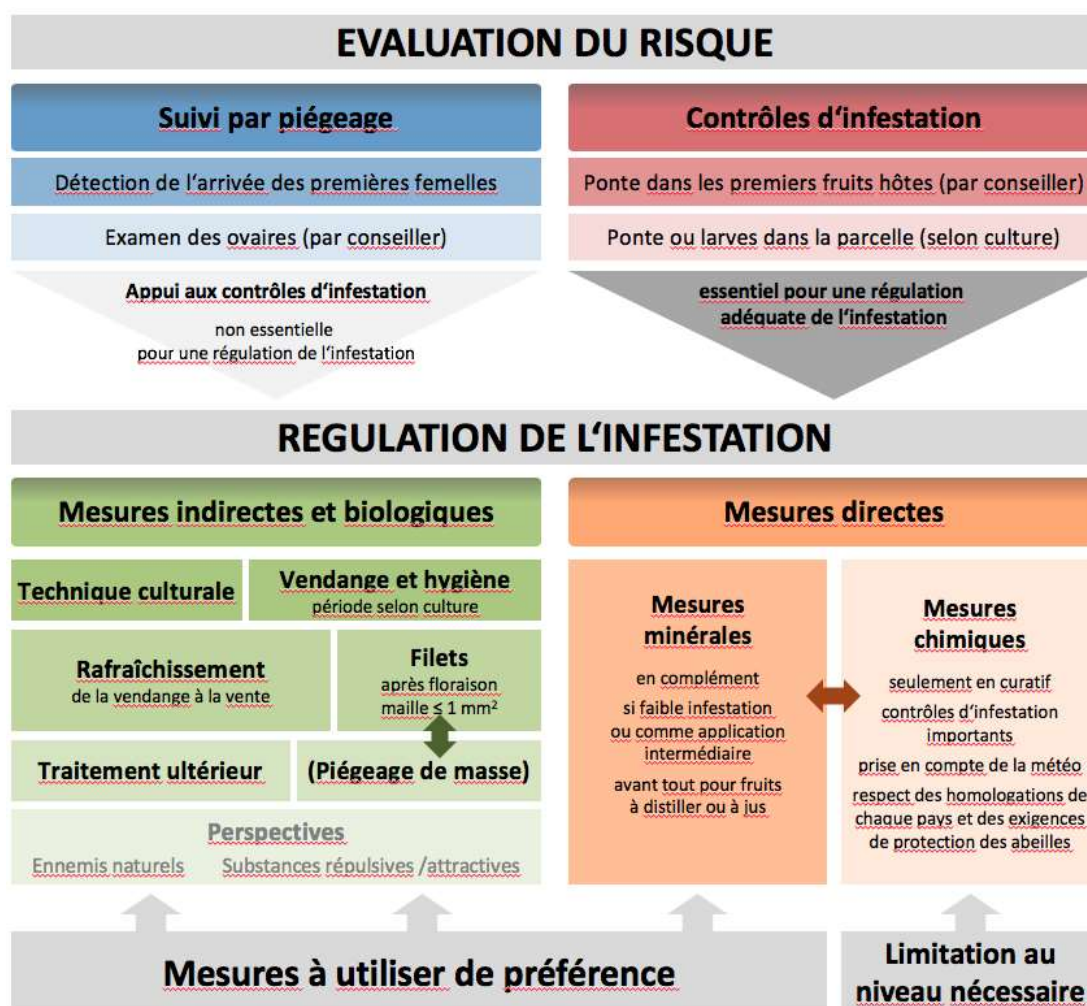


Fig. 34 : Aperçu du plan d'actions pour l'estimation du risque et la régulation des infestations de *Drosophila suzukii*

6. Perspectives

6.1. Ennemis naturels

Divers centres de recherche et d'expérimentation, tels que les instituts Julius Kühn (JKI) de Darmstadt et Dossenheim (Allemagne), l'Institut Sophia Agrobiotech (INRA, Sophia Antipolis, France), l'Agroscope (Zurich, Suisse), l'Université d'Innsbruck (Autriche), le Centre de recherche San Michele all'Adige (Trentin, Italie) et le Centre expérimental de Laimburg (Tyrol du Sud, Italie) effectuent actuellement des travaux et des expérimentations pour introduire des antagonistes naturels de la *D. suzukii*.

Les parasitoïdes des pupes offrent les meilleures chances de succès. Les premiers essais ont été faits en France et en Suisse. Le Centre expérimental de Laimburg mène actuellement des travaux sur la dissémination de *Trichopria drosophilae*. Sur des fraises en pot, des taux de parasitisme de 33 à 66 % ont été relevés.

L'objectif visé par ces expériences sera de disséminer des parasitoïdes sur le terrain en avril-mai contre les premières générations de *drosophila suzukii*, afin de réduire le développement des populations. Cependant, la recherche n'en est encore qu'à ses balbutiements. Il serait intéressant d'installer des parasitoïdes dans les zones de bordures (structures de haies, habitats sauvages ou en friche), qui servent de refuges à *drosophila. suzukii*.

Des expériences avec la microsporidie *Tubulosema spp.* sont également en cours au JKI de Damstadt. Les premiers résultats d'infection artificielle des larves au laboratoire sont prometteurs, le taux d'éclosion et de survie de *D. suzukii* pourrait être réduit jusqu'à 68%. En outre, le potentiel de régulation des hyménoptères ichneumonides parasitoïdes et des prédateurs y fait l'objet de recherches intensives. Actuellement, un essai est en cours pour lâcher des *T. drosophilae* indigènes dans des framboises d'automne couvertes de filets en coopération avec le JKI de Dossenheim.

Dans le cadre d'une stratégie globale de lutte durable contre la drosophile asiatique, la conservation des populations d'auxiliaires naturels (prédateurs, parasitoïdes) sur le terrain doit également être prise en compte, notamment lorsque des mesures de lutte directe sont engagées.

La recherche sur l'identification et l'utilisation d'ennemis naturels de *D. suzukii* doit être poursuivie. Une utilisation pratique n'est toutefois pas encore possible.

6.2. Matières répulsives

La lutte préventive contre la drosophile asiatique par des substances répulsives, ou son attraction par des substances attractives dans des appâts contenant un insecticide, sont d'autres approches pour prévenir l'infestation des fruits. Toutefois ces approches nécessitent encore beaucoup de recherche.

Dans le cadre du projet InvaProtect, l'efficacité d'huiles essentielles et d'extraits de plantes a été testée. Dans des expériences au laboratoire, 30 substances différentes ont été étudiées pour leurs effets sous forme de toxicité de contact, de stimulation ou réduction de l'alimentation et d'inhibition de la ponte. Il a été possible d'identifier plusieurs substances dont l'efficacité en laboratoire a été prouvée. Cependant, l'effet positif n'a pas pu être observé dans les essais au champ et en conditions semi-contrôlées. D'autres tests sont nécessaires.

6.3. Autres besoins de recherche

Outre les ennemis naturels de la mouche asiatique et la recherche d'éventuelles substances attractives ou répulsives, par exemple pour une stratégie attract & kill ou

une stratégie de push & pull, il est nécessaire d'étudier plus en détail le cycle biologique du ravageur.

Il s'agit notamment de son occurrence annuelle, qui varie en fonction des conditions météorologiques pendant l'hivernage, et de sa reproduction pendant la période de végétation, dont dépend finalement l'intensité des dégâts. Les connaissances constituent également la base de la poursuite du développement et de la validation du modèle de prévision pour l'évaluation des risques pour les cultures fruitières et viticoles concernées.

InvaProtect a intensifié la coopération des 3 pays partenaires et favorisé les échanges professionnels. Au cours du projet, d'importantes connaissances ont été acquises. En outre, les expériences et les résultats futurs doivent continuer d'être échangés afin de pouvoir fournir les meilleures solutions possibles pour la régulation de la mouche *drosophila suzukii*. Ces solutions tiennent particulièrement compte de la protection de la biodiversité et de la préservation du paysage culturel du Rhin supérieur.

7. Informations complémentaires

- <https://drosophila.julius-kuehn.de/>
- <https://www.julius-kuehn.de/ow/ab/krankheiten-und-schaedlinge/invasive-schaderreger-im-obst-und-weinbau/>
- <http://www.ltz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Ueber+uns/invaprotect>
- http://www.dlr-rnh.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=27SN9US9TD&p1=82497N9GKM&p3=9203R4M5VS&p4=U45E4H4MA1
- <https://www.fibl.org/de/schweiz/>
- <http://www.inra.fr/>
- http://www.fredon-corse.com/ravageurs/Drosophila_suzukii.htm
- www.ctifl.fr/Pages/Agenda/DetailsEvenement.aspx?id=477

8. Sources bibliographiques :

- Asplen, M., Anfora, G., Biondi, A., Choi, D-S., Chu, D., Daane, K.M., Gibert, P., Gutierrez, A.P., Hoelmer, K.A., Hutchison, W.D., Isaacs, R., Jiang, Z-L., Kárpáti, Z., Kimura, M T., Pascual, M., Philips, C.R., Plantamp, C., Ponti, L., Véték, G., Vogt, H., Walton, V.M., Desneux, N. 2015: Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*D. suzukii*): a global perspective and future priorities. *J Pest Sci* 88: 469–494.
- Boehnke, B., Köppler, K., Augel, C., Wichura, A., Lindstaedt, J., Wiebusch, J.H., Engel, A., Benz, S. & H. Vogt 2018: Demonstration project "Exclusion netting for managing Spotted Wing *Drosophila* in fruit crops" – Results 2017. Proceedings of the 18th International Conference on Organic Fruit-Growing, Ecofruit, 19-21 February 2018, Univ. Hohenheim, 268-271.

- Briem F., Eben A., Gross J., Vogt H. 2016: An invader supported by a parasite: Mistletoe berries as a host for food and reproduction of Spotted Wing *Drosophila* in early spring. DOI: [10.1007/s10340-016-0739-6](https://doi.org/10.1007/s10340-016-0739-6). J Pest Sci (2016) 89: 749–759.
- Briem, F., Köppler, K., Breuer, M., Vogt, H. 2015: Phenology and occurrence of Spotted Wing *Drosophila* in Germany and case studies for its control in berry crops. IOBC-WPRS Bulletin 109, 233-237.
- Eben, A., Alexander, S., Harzer, U., Vogt, H. *Drosophila suzukii* migration into orchards: observations and field studies. Proceedings of the 18th International Conference on Organic Fruit-Growing, Ecofruit, 19-21 February 2018, Univ. Hohenheim, 200-203.
- Eben, A., Reifenrath, M., Briem, F., Pink, S. and Vogt, H. 2017: Response of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to extreme heat and dryness. Agricultural and Forest Entomology, DOI: [10.1111/afe.12235](https://doi.org/10.1111/afe.12235)
- Herz, A. and Vogt, H. 2018: Sino-German Symposium on Integrated Management of *Drosophila suzukii*, Julius Kühn-Institut, Darmstadt/Dossenheim 26.06.–01.07. 2017. Journal für Kulturpflanzen, 70 (2), 59-68.
- Kanzawa, T. (1939) Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu, Yamanashi Agricult. Exp. Station, Japan. 49pp. (translation courtesy of Biosecurity Australia).
- Rossi Stacconi, M.V., N. Amiresmaeili, A. Biondi, C. Carli, S. Caruso, M.L. Dindo, S. Francati, A. Gottardello, A. Grassi, D. Lupi, E. Marchetti, F. Mazzetto, N. Mori, T. Pantezzi, L. Tavella, G. Tropea Garzia, L. Tonina, G. Vaccari, G. Anfora, and C. Ioriatti (2018) Host location and dispersal ability of the cosmopolitan parasitoid *Trichopria drosophilae* released to control the invasive spotted wing *Drosophila*. *Biological Control* 117, 188-196.
- Shearer, P.W.; West, J.D.; Walton, V.M.; Brown, P.H.; Svetec, N.; Chiu, J.C. Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. *BMC Ecol.* 2016, 16, 11.
- Tochen, S.; Woltz, J.M.; Dalton, D.T.; Lee, J.C.; Wiman, N.G.; Walton, V.M. Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. *J. Appl. Entomol.* 2016, 140, 47-57.
- Tochen, S.; Dalton, D.T.; Wiman, N.; Hamm, C.; Shearer, P.W.; Walton, V.M. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environ. Entomol.* 2014, 43, 501-510.
- Vogt, H., Briem F. 2015: Kirschessigfliege – aktueller Überblick. 8. Bundesbeerenobstseminar, Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau (SLVA) Weinsberg, Tagungsband, 58-61.
- Vogt, H., Boehnke, B., Saltzmann, J., Eberhardt, G., Wichura, A., Wiebusch, J.-H., Lindstaedt, J., Engel, A., Köppler, K., Augel, C. (2018): Demonstrationsvorhaben „Einnetzen von Obstkulturen zum Schutz gegen die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*)“ : Förderkennzeichen: 2815MD010 ; Ergebnisse des ersten Projektjahres 2017. <https://doi.org/10.5073/20180704-123945>
- Vogt, H., C. Hoffmann, C. & Baufeld, P. (2012) Ein neuer Schädling, die Kirschessigfliege, *Drosophila suzukii* (Matsumura), bedroht Obst- und Weinkulturen. *Entomologische Nachrichten und Berichte*, 56, 191-196.
- Demonstrationsvorhaben "Einnetzen von Obstkulturen zum Schutz gegen die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*)". <http://drosos-demo-netz.julius-kuehn.de/>.

9. Financement

InvaProtect mobilise au total 4,2 Millions Euro. Plus de la moitié des coûts est financée par les partenaires. Le projet est soutenu par le Fonds Européen pour le Développement Régional (FEDER) avec près de 2 Millions d'euro via le programme INTERREG V Rhin supérieur, ainsi que par les Cantons de Bâle-Campagne, Argovie et Soleure à hauteur de 97 000 CHF.