

JULIEN KAMBOR, AGROSCOPE, WÄDENSWIL
DIANA LA FORGIA, **MATTHIEU WILHELM**, AGROSCOPE, CHANGINS

Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun Svizra
 Confederaziun svizra
 Département fédéral de l'économie,
 de la formation et de la recherche DFFR
 Agroscope

SOPRA : AVERTISSEMENT DES RAVAGEURS EN PÉRIODE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE



Larves de carpocapse. Photo : J. Kambor.

SOPRA est un outil permettant d'optimiser la surveillance et les mesures de lutte contre les ravageurs en arboriculture suisse. Afin d'améliorer les prévisions futures, un nouveau projet de développement SOPRA a démarré l'année dernière.

La température est déterminante pour les insectes, car elle influence leur développement, leur comportement ainsi que leur métabolisme. Les insectes ne peuvent que peu réguler leur température corporelle et leur développement est initié lorsque la température corporelle atteint un seuil spécifique à l'espèce. Leur développement s'accélère avec l'augmentation des températures, jusqu'à ce qu'il

soit arrêté en cas de températures trop élevées. SOPRA utilise la corrélation entre la vitesse de développement et les températures pour modéliser la phénologie des ravageurs. Pour chaque stade concerné du cycle biologique, le rythme de développement a été déterminé à l'aide d'expérimentations minutieuses en laboratoire. La prise en compte du microclimat permettant d'améliorer la précision, l'habitat des insectes est également intégré au modèle. L'un des paramètres simulés est la température superficielle des troncs de pommiers nécessaire au développement des larves de carpocapse ayant hiverné. De plus, étant donné que des ravageurs tels que la petite tordeuse des fruits creusent des galeries dans le bois pour passer l'hi-

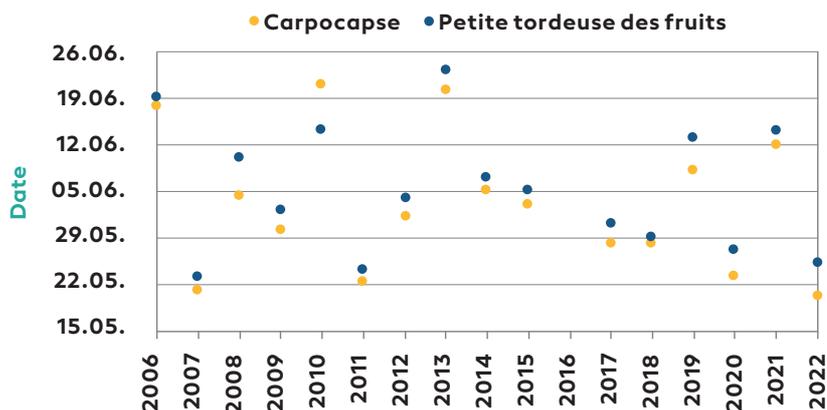


Fig. 1: Variabilité annuelle de l'éclosion des tordeuses. Le début de l'éclosion des larves du carpocapse et de la petite tordeuse des fruits à Wädenswil sont représentés, de 2006–2022, calculés à l'aide de SOPRA.

ver, la température intérieure du tronc est également intégrée au modèle (Samietz *et al.*, 2008). Ainsi la température de l'air, l'ensoleillement et la température du sol sont relevés afin de simuler la structure d'âge et l'apparition saisonnière des différents stades de ravageurs dans diverses cultures fruitières en Suisse.

UN PRÉCIEUX OUTIL

De nos jours, les outils d'aide à la décision et les modèles de prévision tels que SOPRA sont incontournables pour la lutte phytosanitaire. Une stratégie

optimale requiert une surveillance ciblée afin d'agir en conséquence en fonction du seuil de tolérance. Elle permet aussi de réduire les dégâts et pertes de récolte en appliquant les mesures de lutte au moment opportun. Le début de l'éclosion des tordeuses sur les pommiers varie fortement d'une année à l'autre (fig. 1). Au cours d'années chaudes telles que 2022, les premières larves de carpocapse peuvent déjà apparaître fin mai. Généralement la petite tordeuse des fruits suit quelques jours plus tard en conditions favorables. Les années plus froides, le vol de ces deux papillons est parfois re-

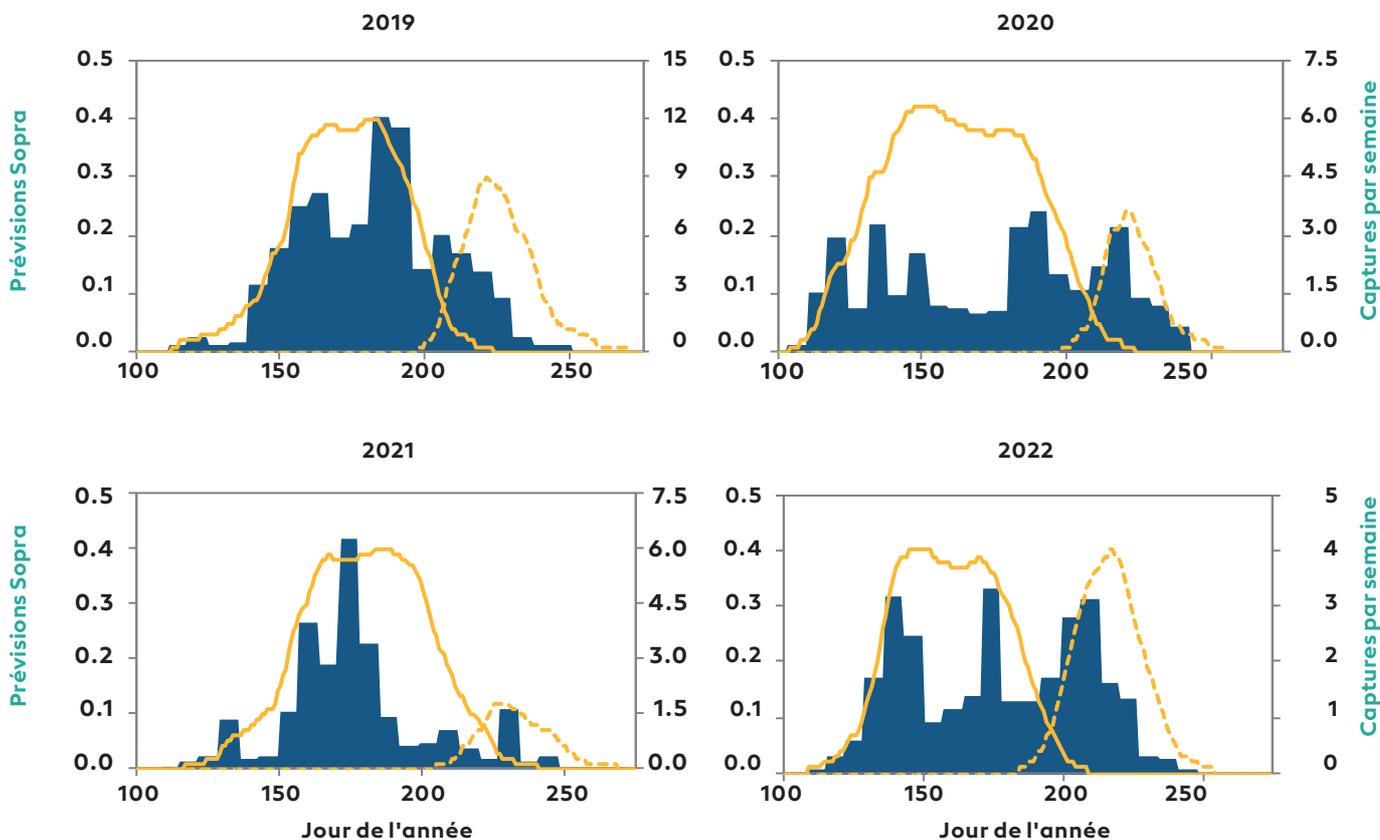


Fig. 2: graphique des prévisions du carpocapse (ligne jaune 1^{ère} génération, traitillés jaunes 2^{ème} génération), à Wädenswil de 2019 à 2022, en comparaison aux captures moyennes en Suisse allemande (colonnes bleues).



Fig. 3 : Méthode de validation de l'éclosion des larves de l'hoplocampe des pommes. A gauche : œuf de l'hoplocampe dans le réceptacle floral. A droite : éclosion de la larve de l'hoplocampe. Photos : J. Kambor

tardé jusqu'à fin juin. Cet exemple permet de démontrer que les traitements doivent toujours être adaptés aux conditions du moment. Puisque le vol du papillon débute toujours plus tôt en raison du réchauffement climatique (Stöckli *et al.*, 2012), les valeurs expérimentales obtenues sur de nombreuses années ne suffisent plus. SOPRA est déjà à l'heure actuelle capable de prédire l'apparition précocée des tordeuses.

VÉRIFICATIONS RÉGULIÈRES

Les modèles SOPRA ont dès le départ été validés par des observations en plein champ et sont encore aujourd'hui régulièrement comparés avec la réalité du terrain. Chaque année, le nombre moyen de captures en Suisse allemande est comparé avec les pronostics pour Wädenswil, lieu assez représentatif de la région (Graf *et al.*, 2018). L'exemple du carpocapse montre que les prévisions sont encore valables 20 ans après (fig. 2). Les prévisions de début du vol de la première génération et de la menace d'une éventuelle deuxième génération sont particulièrement fiables. En revanche dans le canton du Valais, le vol du carpocapse apparaît systématiquement plus tard que les prévisions de SOPRA. Le Valais étant l'une des plus grandes régions arboricoles en Suisse, il est important d'analyser la situation plus en détail et de corriger le modèle SOPRA pour le carpocapse en Valais. La raison de cet écart est encore floue. L'une des hypothèses serait toutefois liée à des différences de génétique des populations ou à des facteurs géographiques. Agroscope analyse actuellement ces hypothèses afin de mieux comprendre le problème et le résoudre.

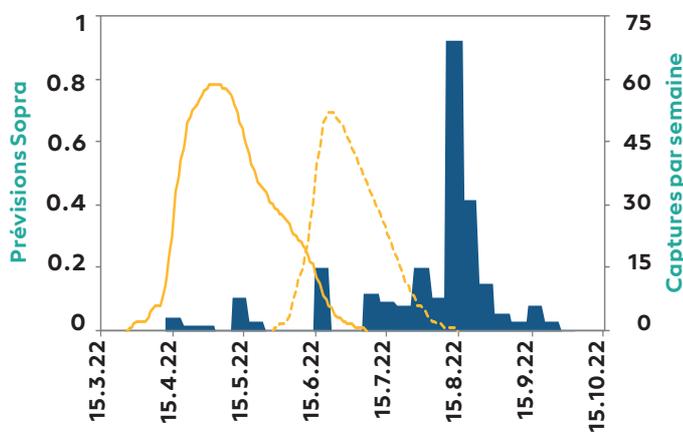


Fig. 4 : Validation graphique des prévisions du carpocapse des prunes (ligne jaune 1^{ère} génération, traitillés jaunes 2^{ème} génération), à Sion en 2022, en comparaison aux captures moyennes d'un verger de pruniers en Valais (colonnes bleues).

LIMITES AU MODÈLE D'AVERTISSEMENT

Les stades larvaires sont aussi validés ponctuellement par des contrôles visuels sur le terrain. Par exemple en 2022 l'éclosion des larves de l'hoplocampe des pommes a été suivie. Ainsi dans une parcelle fortement atteinte du canton de Zürich, des fleurs avec des œufs ont été récoltées puis dis-

séquées (fig. 3). Les prévisions de l'éclosion des larves étaient en retard de 8 à 10 jours. Tandis que les prévisions étaient encore très fiables au début des années 90 (Graf *et al.*, 1996), les prévisions du vol de l'hoplocampe des pommes sont désormais généralement plus tardives. L'une des raisons serait que SOPRA ne parvient pas à modéliser correctement l'influence des hivers doux de ces dernières années sur le vol de l'hoplocampe des pommes. Une correction mathématique est envisagée et ce sera abordé dans le cadre d'un projet futur. Les autres modèles SOPRA correspondent plutôt bien aux observations du terrain. Des divergences peuvent toutefois apparaître lorsque le microclimat d'un emplacement diffère fortement de la station météorologique la plus proche. SOPRA ne devrait donc pas être la seule base de décision.

PRÉVISIONS EN MUTATION

Au nord des Alpes, le carpocapse apparaît avec une voire deux générations, au Sud de la Suisse toujours avec deux générations. A l'avenir, il faudra compter avec une génération supplémentaire au vu du début des vols de plus en plus précoces et de l'augmentation des températures en été (Stöckli *et al.*, 2012). Lors des années chaudes en Suisse allemande, trois générations de carpocapse pourraient provoquer des dégâts. Il en est de même pour le carpocapse des prunes et le capua qui présentent déjà trois à quatre générations au Sud de l'Europe. En observant la courbe du vol du carpocapse des prunes dans le canton du Valais en 2022, il semblerait que le réchauffement climatique a déjà actuellement une réelle influence sur la phénologie des ravageurs (fig. 4). En plus des prévisions avec un pic de deuxième génération fin juin, un autre vol bien plus intense a suivi mi-août. Des dégâts considérables sont apparus dans un verger de pruniers à cette période. La supposition est qu'une troisième génération du carpocapse des prunes aurait pour la première fois causé des dommages dans le canton du Valais en 2022. Au Nord des Alpes, des captures tardives ont été enregistrées, toutefois pas d'une aussi grande ampleur qu'en Valais.

Les principes biologiques du modèle prévisionnel sont conceptualisés depuis les années 1990 par Agroscope. La première version de SOPRA est sortie en ligne en 2003 et comportait des modèles pour le puceron cendré du pommier, l'hoplocampe des pommes, et la petite tordeuse des fruits. D'autres modèles ont été développés au cours des années et la version actuelle a été mise à disposition des arboriculteurs en 2014. Afin d'assurer l'avenir de SOPRA, les modèles doivent être adaptés aux changements biologiques et technologiques. La migration de SOPRA dans un langage de programmation devrait permettre l'intégration de nouveaux modèles, ce qui est techniquement difficile actuellement. De plus, les modèles devraient être adaptés d'un point de vue mathématique pour prédire entre autres les

générations futures de tordeuses. D'autres essais seront effectués afin d'étudier les différences entre les populations de ravageurs de différentes zones géographiques. SOPRA devrait être intégré à la future plateforme Agrometeo+ (Schöneberg *et al.*, 2023) afin que ce précieux outil demeure à disposition de la pratique arboricole dans le futur.

Remerciements

Un grand merci à toutes les exploitations ayant régulièrement relevé les données relatives au vol des ravageurs ainsi qu'aux stations cantonales d'arboriculture pour la bonne collaboration lors de la surveillance des ravageurs en arboriculture.

Bibliographie

- Graf, B., Höhn, H. und Höpli, H.U., 1996: Apfelsägewise: Korrekte Überwachung verhindert Fehlentscheide. Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau 132 (7), 177-179.
- Graf, B., Höhn, H., Höpli, H.U. und Kuske, S., 2018: Predicting the phenology of codling moth, *Cydia pomonella*, for sustainable pest management in Swiss apple orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 166, 618-627.
- Samietz, J., Graf, B., Höhn, H., Schaub, L. und Höpli, H.U., 2008: Schädlingsprognose für den Obstbau. *Agrarforschung* 15 (5), 208-2013.
- Schöneberg, A., Mackie-Haas, K. et Dubuis, P.-H., 2023: Agrometeo - Une Histoire à Succès depuis 20 Ans. *Vigne & Vergers* 55 (5), 11-13.
- Stöckli, S., Samietz, J., Hirschi, M., Spirig, C., Rotach, M., und Calanca, P., 2012: Einfluss der Klimaänderung auf den Apfelwickler. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 148 (19), 7-10.