

# Mit dem Prognosemodell SWAT das Auftreten der Kohlflye vorhersagen

Die genaue Prognose über das Auftreten der Kohlflye ist Voraussetzung für eine wirkungsvolle Bekämpfung der ersten Generation im Frühjahr. Eine erfolgreiche Kontrolle der ersten Kohlflyen trägt wesentlich dazu bei, auch die Stärke der folgenden Generationen tief zu halten. Das Prognosemodell SWAT soll dem Pflanzenschutzwarndienst genaue Vorhersagen liefern und dadurch eine zielgerichtete Bekämpfung ermöglichen.

Thomas von Wyl, Robert Baur, Bereich Pflanzenschutz, Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, CH-8820 Wädenswil

## Einleitung

Die Bekämpfung der Kohlflye erfolgt in der Schweiz durch Behandlung der jungen Kultur mit Insektizidgranulaten (Bodenbehandlung gegen Larven als Band oder per Einzelpflanze), durch Spritzung gegen die adulten Fliegen oder durch die Verwendung von Kulturschutznetzen. Der Einsatz von Insektiziden sollte aus ökologischen Gründen auf das Minimum beschränkt werden. Das arbeitsintensive Auflegen von Netzen will der Produzent auf möglichst kurze Perioden beschränken, weil die Netze die Unkrautbekämpfung in der Kultur erschweren. Um einen gezielten Einsatz der Schutzmassnahmen zu erreichen, ist es von grosser Bedeutung, das Auftreten der ersten Generation vorherzusagen. Mit den derzeitigen Flugkontrollen mit Hilfe von Gelbschalen (Abb. 1) wird nur der Verlauf des aktuellen Fluges festgehalten. Die Warnmeldung an die Produzenten erfolgt in der jeweils folgenden Woche über die Pflanzenschutzmitteilungen für den Gemüsebau. Mit dieser Art der Überwachung können keine frühzeiti-



Abb. 1: Die Gelbschale enthält Wasser und ein Netzmittel. Der Inhalt wird wöchentlich geleert und die Anzahl gefangener Kohlflyen bestimmt. (Foto: FAW)

Fig. 1. Le coupe jaune contient de l'eau et un agent mouillant. Son contenu est vidé chaque semaine et le nombre de mouches attrapées est compté.

gen Prognosen über das Auftreten der ersten Fliegen und somit keine Empfehlungen für eine frühzeitige Bekämpfung gemacht werden. Um diese Lücke im Warndienst zu schliessen, hat die FAW in den Jahren 2001 und 2002 ein Prognosemodell getestet. Es wurden fünf Standorte (Rütihof bei Baden AG, Wädenswil ZH, Ammerswil AG und zwei in Kerzers FR) mit bekanntem Flugverlauf ausgewählt und dem witterungsgestützten Prognosemodell SWAT («Simulationsmodell für kleine Kohlflye, Möhrenflye und Zwiebelflye») gegenübergestellt.

## Das Prognosemodell SWAT

Das Prognosemodell SWAT wurde am Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Deutschland) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein Simulationsprogramm für die Kohlflye, Möhrenflye und die Zwiebelflye, also für drei wichtige Schädlinge im Gemüsebau. Es berechnet den Zeitraum des Auftretens der Gemüseflyen und gibt damit wertvolle Hinweise auf die Notwendigkeit und auf den Beginn von Bekämpfungsmassnahmen. Als minimale Rechengrundlage für die Simulation werden die Tagesmittel-

werte der Lufttemperatur benötigt. Zusätzlich können die Tagesmittelwerte der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe und die Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe in die Berechnungen einbezogen werden. Die Daten der Lufttemperatur in 2 m Höhe beschreiben den Flug und die Eiablage, diejenigen der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe die Entwicklung der Eier, Larven und Puppen. Der Wind kann den Flug der adul-

## Erhebung von Wetterdaten

Die Unterschiede in der Topographie und Lage der einzelnen Anbauggebiete erschweren die Datenerhebung, und beeinflussen die Aussagekraft der errechneten Prognosen. Als Erstes musste somit abgeklärt werden, – ob die Messwerte der Wetterstationen der MeteoSchweiz (Standorte Wädenswil ZH, Buchs AG und Liebefeld BE) unseren Ansprüchen an die Genauigkeit der Kohlflyenprognose genügen oder – ob lokale Kleinwetterstationen (ähnlich wie jene, die im Obst- und Weinbau schon seit einiger Zeit verwendet werden) eingerichtet wer-

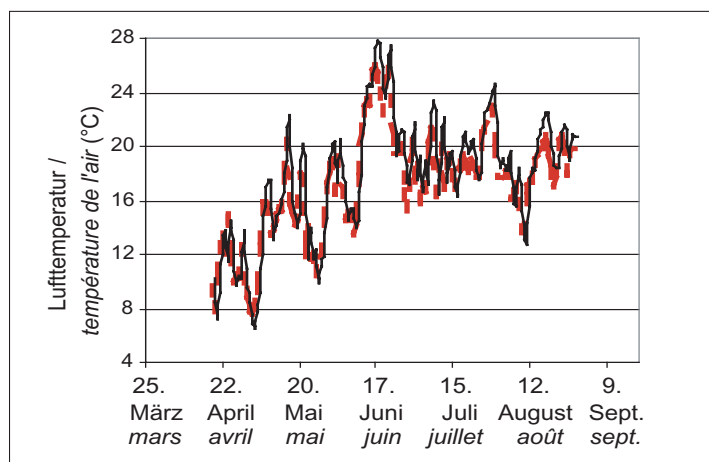


Abb. 3: Lufttemperaturen in Rütihof AG während des Jahres 2001, gemessen mit einer lokalen Messstation (Datenlogger) (rote, gestrichelte Linie) und erfasst durch die nächstgelegene MeteoSchweiz-Station Buchs AG (schwarze, durchgezogene Linie).

Fig. 3: Températures du sol à Rütihof AG pendant l'année 2001, mesurées à l'aide d'une station de mesure locale (enregistreur de données) (ligne rouge, hachurée) et enregistrées par la station Météo Suisse la plus proche, à Buchs AG (ligne noire, continue).

den müssen, was den Warndienst allerdings stark verteuern würde. Dazu wurden zwei Kleinwetterstationen des Typs OPUS der Firma G. Luft in Kerzers FR und Wädenswil ZH sowie zwei Datenlogger der Firma ELPROBUCHS AG mit Temperatursensoren für Luft- und Bodentemperatur (Abb. 2, s. S. 6) in Rütihof AG und Kerzers FR aufgestellt. Der Verlauf der Luft- und Bodentemperatur der obigen Stationen wurde mit den Werten der nächstliegenden Wetterstationen der MeteoSchweiz verglichen. Zudem wurde das Prognosemodell mit den drei Temperaturdatensätzen durchgerechnet und das Auftreten der ersten Generation sowie die Zeitspanne zwischen Ende erster und Anfang zweiter Generation festgehalten. Diese Zeitpunkte wurden dann mit den an den jeweiligen Standorten gemachten Erhebungen über das wirkliche Auftreten der Fliegen verglichen. Die Beschaffenheit des Bodens kann einen Einfluss auf die Bodentemperatur und damit auf die Entwicklung der Eier, Larven und Puppen haben. In Kerzers FR wurden die Temperaturen zum einen in einem dunklen, humusreichen Moorboden und zum anderen in einem sandig-tonigen, skelettreichen Boden mit zwei Datenloggern verfolgt und anschliessend miteinander verglichen.

**Ergebnisse**

Der Vergleich zwischen den unterschiedlichen Erhebungsmethoden

MeteoSchweiz (MS), OPUS und Datenlogger zeigt, dass die Lufttemperaturen jeweils gut übereinstimmen (Abb. 3). Abweichungen bei hohen Temperaturen für den Datenlogger sind die Folge eines unzureichenden Strahlungsschutzes. Der Vergleich der Bodentemperatur macht deutlich, wie wichtig die Beschaffenheit und die Bedeckung des Bodens sind (Abb. 4). Ein dunkler, humusreicher Moorboden erwärmt sich schneller und besonders bei starker Einstrahlung stärker als ein heller, skelettreicher. Eine Vegetationsschicht hat eine isolierende Wirkung, so dass der Boden geringeren Temperaturschwankungen im Verlaufe der Jahreszeiten ausgesetzt ist (Werte MS Liebefeld). In einer einzelnen Anbau-region können die durch Bodeneigenschaften und Vegetation verursachten Unterschiede in der Bodentemperatur auf verschiedenen Parzellen zu einem früheren oder späteren Flugbeginn führen (Abb. 4). Der Vergleich der mit Hilfe des Modells SWAT prognostizierten Daten mit den tatsächlichen Flugdaten der Kohlflye zeigt, dass das Auftreten der ersten Kohlflyen für die einzelnen Standorte mit einer Genauigkeit von 3 bis 4 Tagen vorhergesagt werden kann (Tabelle). Der errechnete Flug beginnt in der Regel früher als der effektive, so dass eine rechtzeitige Bekämpfung möglich ist. Die Prognosen über das Flugende sind schwieriger vorherzusagen. Zusätzliche Witte-

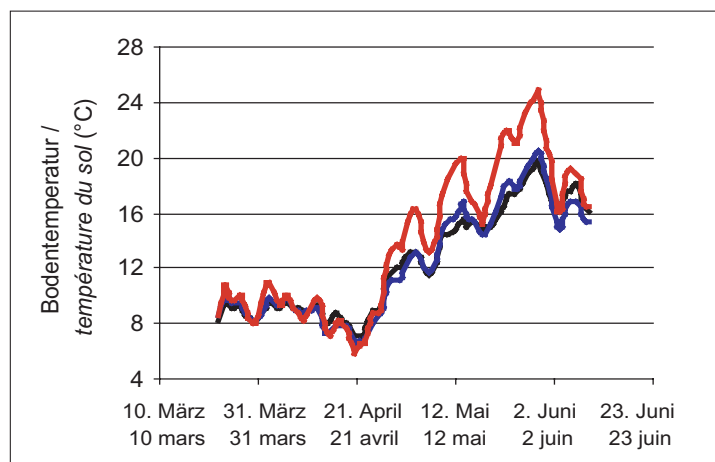


Abb. 4: Temperaturen verschiedener Böden in 5–10 cm Tiefe. MeteoSchweiz (schwarze Linie) misst in bewachsenem Boden, die beiden lokalen Messstationen in Kerzers erfassten die Temperatur in einem offenen Moorboden (rote Linie) und in einem offenen, hellen Boden (blaue Linie).

Fig. 4: Températures de différents sols à une profondeur de 5 à 10 cm. Météo Suisse (ligne noire) effectuée ses mesures dans un sol avec couverture végétale, les deux stations de mesure locales à Chiètres ont relevé la température dans un sol tourbeux ouvert (ligne rouge) et dans un sol clair ouvert (ligne bleue).

**Tabelle: Prognose des Kohlflyenflugs mit dem Modell SWAT im Vergleich zum tatsächlichen Auftreten des Schädlings (Gelbschale) in den Jahren 2001 und 2002 an fünf Standorten. Die Prognosen basierten auf Wetterdaten, die auf drei verschiedene Arten erhoben wurden: 1) MeteoSchweiz (MS), 2) OPUS und 3) Datenlogger.**

Art der Erhebung	Flug der Kohlflye, 1. Generation		Ort	Wetterdaten erhoben von:
	Anfang	Ende		
Gelbschale Prognose-Modell	4.4.01	7.6.01	Rütihof	MS Buchs
	3.4.01	6.6.01		
Gelbschale Prognose-Modell	4.4.02	1.6.02	Rütihof	Datenlogger MS Buchs
	2.4.02	4.6.02		
	1.4.02	3.6.02		
Gelbschale Prognose-Modell	31.3.01	30.5.01	Wädenswil	MS Wädenswil
	30.3.01	4.6.01		
Gelbschale Prognose-Modell	9.4.02	18.5.02	Ammerswil	MS Buchs
	6.4.02	3.6.02		
Gelbschale Prognose-Modell	10.4.02	31.5.02	Kerzers Parzelle Johner	OPUS MS Liebefeld
	4.4.02	4.6.02		
	12.4.02	7.6.02		
Gelbschale Prognose-Modell	5.4.02	1.6.02	Kerzers Parzelle Tschachtli	OPUS MS Liebefeld
	4.4.02	4.6.02		
	4.4.02	4.6.02		

rungsfaktoren, wie Wind oder Regen, können den Flug beeinflussen und sein Ende einige Tage hinauszögern. Die Zeitspanne des ersten Fluges kann jedoch recht gut eingegrenzt werden. Vom Ende des ersten bis zum Beginn des zweiten Fluges vergehen in der Regel weitere 10 bis 14 Tage.

**Schlussfolgerungen**

Das Prognosemodell SWAT konnte das Auftreten der ersten Generation der Kohlflye mit einer Genauigkeit von 3 bis 4 Tagen vorhersagen und ermöglichte eine Abschätzung der Dauer des ersten Fluges. Der Schlupftermin der ersten Fliegen im Frühjahr hängt u.a. von der Beschaffenheit und der Bedeckung des Bodens ab. Bei dunklen Böden können die ersten Fliegen 2 bis 3 Tage früher erscheinen. Dies hat jedoch keinen wesentlichen Einfluss auf die Prognosen in den Warndienstmeldungen, da diese üblicherweise wöchentlich erscheinen und die Aussagen nur auf eine Woche genau sind. Die Ergebnisse der Temperaturvergleiche zwischen den Wetterstationen der MeteoSchweiz und der lokalen Kleinwetterstationen OPUS und Datenlogger stimmen tendenziell überein. Die Klimadaten der MeteoSchweiz können somit in vielen Gemüsebauregionen verwendet werden, um lokale Prognosen mit hinreichender Genau-

igkeit zu erstellen. In solchen Fällen verringert sich der zeitliche und finanzielle Aufwand, da auf die Kleinwetterstationen verzichtet werden kann. Die Frage, welche MeteoSchweiz-Station für eine bestimmte Region verwendet werden soll und wie genau die resultierenden Prognosen sind, muss aber individuell abgeklärt werden.

Das witterungsgestützte Prognosemodell hat sich bewährt, so dass es ab nächstem Jahr an der FAW für den Warndienst eingesetzt wird. Auf die Kontrolle mit den Gelbschalen wird jedoch zunächst noch nicht verzichtet. Diese Erhebungen geben Auskunft über den tatsächlichen Flug der Kohlflye und erlauben so, die Qualität der Prognosen zu überprüfen.

Interessenten, die das Prognosemodell SWAT selber anwenden oder ausprobieren möchten, können es kostenlos von der Internetseite [www.bba.de/inst/gswat/index.html](http://www.bba.de/inst/gswat/index.html) herunterladen.

**Dank**

An dieser Stelle möchten wir den beteiligten Zentralstellen der Kantone Aargau und Bern für die Betreuung der Gelbschalen danken. Ohne die Mitarbeit der Produzenten wäre die Überwachung der Gemüsefliegen nicht möglich. Wir bedanken uns bei den Betrieben von T. Obrist in Rütihof AG, U. Johner und G. Tschachtli in Kerzers FR. MeteoSchweiz danken wir für die Bereitstellung der Klimadaten. ■

# Prédire l'apparition de la mouche du chou grâce au modèle SWAT

(Trad.) Une prévision exacte de l'apparition de la mouche du chou est nécessaire pour lutter efficacement contre la première génération au printemps. Un contrôle efficace des premières mouches du chou contribue sensiblement à maîtriser la vigueur des générations suivantes. Le modèle de prévisions SWAT devrait fournir au service d'avertissement phytosanitaire des prévisions exactes afin d'optimiser la lutte contre la mouche du chou.

Thomas von Wyl, Robert Baur, secteur protection des végétaux, Station fédérale de recherches en arboriculture, viticulture et horticulture, CH-8820 Wädenswil

## Introduction

En Suisse, la lutte contre la mouche du chou passe par le traitement des jeunes cultures avec des insecticides granulés (traitement du sol contre les larves en bande ou plante par plante), par la pulvérisation des mouches adultes, ou avec des filets de protection des cultures. Pour des raisons écologiques, il convient d'utiliser un minimum d'insecticides. Le producteur s'efforce de limiter la pose des filets qui prend beaucoup de temps à des périodes les plus brèves possibles, parce que ces filets compliquent la lutte contre les adventices dans les cultures. Pour obtenir des mesures phytosanitaires efficaces et ciblées, il est donc important de prévoir l'apparition de la première génération. Les contrôles aériens effectués avec des coupes jaunes (Fig. 1, v. p. 4) permettent de surveiller uniquement le déroulement du vol en cours. Les producteurs sont avertis la semaine suivante, par le biais de communiqués phytosanitaires pour le maraîchage. Ce genre de contrôle ne permet pas de dépister à l'avance la présence des premières



Fig. 2. L'enregistreur de données de type HotDog (ELPRO-BUCHS AG) avec capteur de température interne pour la température de l'air et un palpeur pour mesurer la température du sol. Le chapeau blanc sert de protection contre le rayonnement direct et le tuyau gris protège le câble du capteur de température du sol contre les souris. (Photo: FAW)

Abb. 2: Datenlogger des Typs HotDog (ELPRO-BUCHS AG) mit interner Temperatursonde für Lufttemperatur und Messfühler für Bodentemperatur. Der weisse Hut dient als Schutz vor direkter Einstrahlung, das graue Rohr schützt das Kabel des Bodentemperaturfühlers vor Mäusefrass.

mouches, ni, par conséquent, de donner de premières recommandations pour une lutte précoce. Afin de combler cette lacune au service d'avertissement, la FAW a testé en 2001 et 2002 un modèle de prévisions. Cinq emplacements ont été choisis (Rüthof près de Baden AG, Wädenswil ZH, Ammerswil AG et deux à Chiètres FR) avec un vol connu, et comparé avec le modèle de prévision SWAT fondé sur la météo («modèle de simulation pour la petite mouche du chou, la mouche de la carotte et la mouche de l'oignon»).

## Modèle de prévisions SWAT

Le modèle de prévisions SWAT a été développé à l'Institut pour la protection phytosanitaire dans l'horticulture auprès de la Station fédérale biologique pour l'agriculture et la sylviculture (Allemagne). Il s'agit d'un programme de simulation pour la mouche du chou, la mouche de la carotte et la mouche de l'oignon, les

trois principaux ennemis des cultures maraîchères. Ce programme consiste à calculer la période d'apparition des mouches des légumes et il fournit des renseignements importants sur la nécessité et le début des mesures de lutte. Pour obtenir une base de calcul minimum pour la simulation, il est nécessaire de connaître la température de l'air diurne moyenne. On peut également intégrer dans les calculs les températures diurnes moyennes du sol à une profondeur de 5 cm, et la vitesse du vent à 2 m du sol. Les données concernant la vitesse du vent à 2 m du sol renseignent sur le vol des mouches et le dépôt des œufs, et celles concernant la température du sol à 5 cm de profondeur sur le développement des œufs et des nymphes. Le vent peut aussi influencer le vol des mouches adultes, qui ne volent pas lorsque le vent est trop fort. Les données climatiques actuelles sont nécessaires pour calculer la dynamique de population des organismes nuisibles

jusqu'au jour du relevé. Pour établir des prévisions de vol au-delà du jour actuel, on a besoin de connaître soit les données climatiques correspondantes tirées des prévisions météorologiques, soit des valeurs empiriques, c'est-à-dire des données météorologiques des années précédentes.

## Relevé de données météorologiques

Les différences dans la topographie et dans la situation des différentes zones de cultures compliquent le relevé des données, et elles influencent la fiabilité des prévisions établies. Il s'agit tout d'abord de déterminer:

- si les valeurs de mesure des stations météorologiques de Météo Suisse (à Wädenswil ZH, Buchs AG et Liebfeld BE) satisfont à nos exigences concernant l'exactitude des prévisions concernant la mouche du chou ou
- s'il est nécessaire d'installer des petites stations (de surveillance) météorologiques (par analogie avec celles déjà utilisées depuis quelque temps dans l'arboriculture et la viticulture), ce qui renchérirait considérablement le service d'avertissement.

Dans ce but, on a installé deux petites stations météorologiques de type OPUS de la maison G. Lufft à Chiètres FR et Wädenswil ZH, ainsi que deux enregistreurs de données de la maison ELPRO-BUCHS AG avec capteurs de température pour la température de l'air et du sol (Fig. 2) à Rüthof SA et Chiètres FR. L'évolution de la température de l'air et du sol des stations ci-dessus a été comparée avec les valeurs des stations météorologiques de Météo Suisse les plus proches. En outre, le modèle de prévisions a été calculé avec les trois séries de température et avec l'apparition de la première génération ainsi qu'avec l'intervalle entre la fin de la première génération et le début de la deuxième. Ces moments ont ensuite été comparés avec les relevés pris sur les différentes

stations s'agissant de l'apparition effective des mouches.

La nature du sol peut aussi influencer la température du sol et donc le développement des œufs, des larves et des nymphes. A Chiètres FR, on a relevé les températures dans un sol tourbeux sombre et riche en humus d'une part et dans un sol sablo-argileux, riche en squelette, d'autre part, à l'aide de deux enregistreurs de données, puis on a comparé les deux relevés.

### Résultats

La comparaison entre les différentes méthodes de relevé: Météo Suisse (MS), OPUS et enregistreur de données montre que les températures de l'air sont bien homogènes (Fig. 3, v. p. 4). Les écarts avec des températures élevées pour l'enregistreur de données sont dus à une protection insuffisante contre le rayonnement solaire. La comparaison des températures du sol met en évidence l'importance de la nature et de la couverture du sol (Fig. 4, v. p. 5). Un sol tourbeux sombre et riche en humus se réchauffe plus rapidement et, avec une irradiation solaire intense, plus fortement qu'un sol clair et riche en squelette. Une couche de végétation a un effet isolant, et le sol est donc exposé à des fluctuations de température saisonnières moindres (valeurs SM Liebefeld). Dans une même région de cultures, les différences dans la température du sol liées aux propriétés du sol et à la végétation sur différentes parcelles déterminent le début du vol qui peut être précoce ou tardif (Fig. 4, v. p. 5).

La comparaison des prévisions SWAT avec les données de vol effectives de la mouche du chou montre que l'apparition des premières mouches du chou est prévisible dans les différents emplacements avec une précision de 3 à 4 jours (tableau). Le vol calculé commence généralement plus tôt que le vol effectif, ce qui permet de lutter en temps voulu. Il est par contre plus difficile de prévoir quand le vol prendra fin. Certains facteurs météorologiques tels que le vent ou la pluie peuvent influencer le vol et décaler son terme de quelques jours. La durée du premier vol peut toutefois être assez bien délimitée. Entre la fin du premier vol et le début du deuxième vol, on compte généralement entre 10 et 14 jours.

### Conclusions

Le modèle de prévisions SWAT a permis de prévoir l'apparition de la première génération de mouche du chou avec une précision de 3 à 4 jours et d'évaluer la durée du premier vol.

Le moment de l'éclosion des premières mouches au printemps dépend entre autres de la nature et de la couverture du sol. Avec un sol sombre, les premières mouches peuvent apparaître 2 ou 3 jours plus tôt. Mais cela n'influence guère les prévisions des services d'avertissement parce que celles-ci sont généralement hebdomadaires et les prévisions ne sont valables qu'une semaine à l'avance.

Les résultats de la comparaison des températures entre les stations météorologiques de Météo Suisse et les petites stations locales OPUS et les enregistreurs de données concordent généralement. Les données climatiques de Météo Suisse sont ainsi utilisables dans de nombreuses régions horticoles, pour établir des prévisions locales suffisamment exactes. Le temps nécessaire pour effectuer les relevés et les dépenses sont ainsi réduites, car on peut renoncer aux petites stations météorologiques. La question du choix de la station Météo Suisse à utiliser pour une région déterminée et du degré de précision des prévisions établies doit être réglée au niveau individuel.

Le modèle de prévision basé sur la météo a fait ses preuves et il sera utilisé dès l'année prochaine à la FAW pour le service d'alarme. Le système de contrôle avec les coupes jaunes n'a pas encore été abandonné, car il fournit des renseignements sur le vol effectif de la mouche du chou et permet ainsi de vérifier la qualité des prévisions.

Les intéressés qui appliquent eux-mêmes ou aimeraient essayer le modèle SWAT peuvent le télécharger gratuitement sur le site Internet [www.bba.de/inst/g/swat/index.html](http://www.bba.de/inst/g/swat/index.html).

### Remerciements

Nous aimerions remercier ici les services centraux concernés des cantons d'Argovie et de Berne qui se sont occupés des pièges jaunes. Sans la collaboration des producteurs, il aurait été impossible de surveiller les mouches des légumes. Nous remercions les exploitations de MM. T. Obrist à Rütihof AG, U. Johner et G. Tschachtli à Chiètres FR. Nous remercions également Météo Suisse de nous avoir fourni les données climatiques. ■

Tableau: Prévisions du vol de la mouche du chou avec le modèle SWAT comparées avec l'apparition réelle de l'organisme nuisible (coupe jaune) en 2001 et 2002, en cinq endroits différents. Les prévisions étaient basées sur des données météorologiques relevées de trois manières différentes: 1) Météo Suisse (MS), 2) OPUS et 3) enregistreur de données.

Mode de recensement	Vol de la mouche du chou, 1 <sup>re</sup> génération		Lieu	Données météorologiques recensées par:
	début	fin		
Coupe jaune	4.4.01	7.6.01	Rütihof	MS Buchs
Modèle de prévision	3.4.01	6.6.01		
Coupe jaune	4.4.02	1.6.02	Rütihof	Datenlogger MS Buchs
Modèle de prévision	2.4.02	4.6.02		
Modèle de prévision	1.4.02	3.6.02		
Coupe jaune	31.3.01	30.5.01	Wädenswil	MS Wädenswil
Modèle de prévision	30.3.01	4.6.01		
Coupe jaune	9.4.02	18.5.02	Ammerswil	MS Buchs
Modèle de prévision	6.4.02	3.6.02		
Coupe jaune	10.4.02	31.5.02	Chiètres Parcelle Johner	OPUS MS Liebefeld
Modèle de prévision	4.4.02	4.6.02		
Modèle de prévision	12.4.02	7.6.02		
Coupe jaune	5.4.02	1.6.02	Chiètres Parcelle Tschachtli	OPUS MS Liebefeld
Modèle de prévision	4.4.02	4.6.02		
Modèle de prévision	4.4.02	4.6.02		