



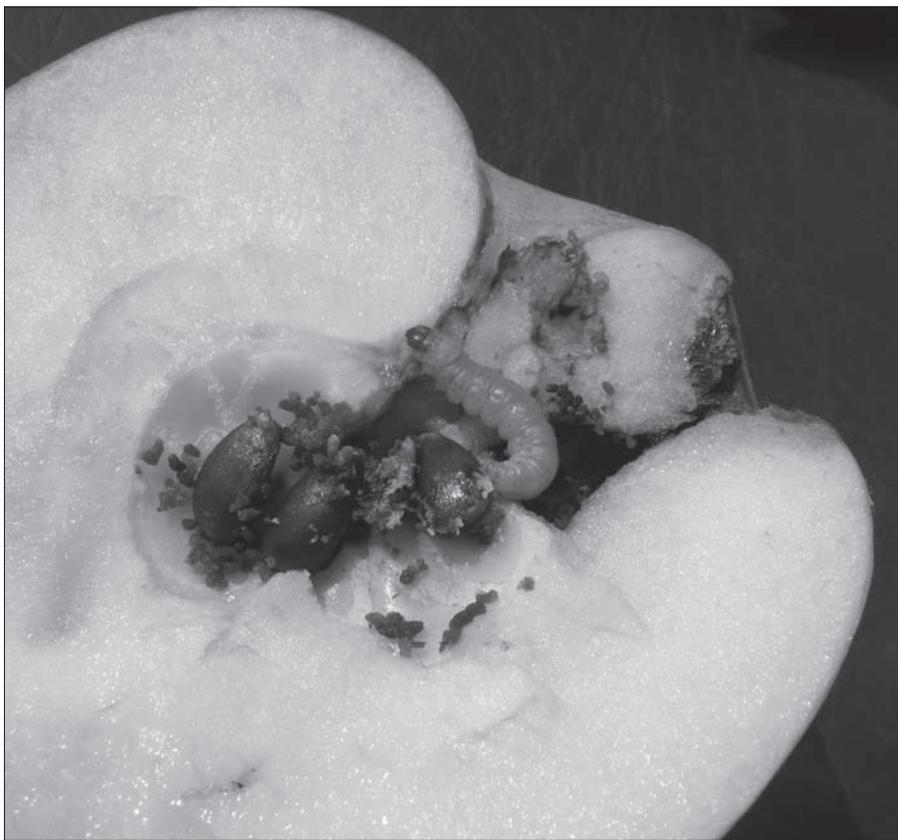
### RÉSUMÉ

Un modèle phénologique a été créé par l'Inra pour l'étude de la biologie du carpocapse des pommes et des poires. Il intègre les différences de comportement biologique des populations sensibles et résistantes aux produits phytosanitaires, acquises par ce ravageur. Pour le rendre utilisable dans les différentes régions de production, un groupe de travail national a été constitué pour comparer les informations issues du modèle aux données du terrain. Après trois années de validation, ce nouvel outil montre un intérêt pour le raisonnement de la protection des vergers. Une utilisation plus large peut donc être envisagée.

### STATUS REPORT ON VALIDATION OF THE CODLING MOTH MODEL

The French National Institute for Agricultural Research, Inra, has developed a phenological model to study the biology of the codling moth in apple and pear. The model incorporates the differences in biological behaviour between populations that are susceptible and populations that are resistant to phytosanitary compounds. For the model to be applicable to the various growing regions, a national work group was set up to compare data provided by the model with field data. After three years of validation, the new tool has shown value for use in the supervised control of orchards.

This may pave the way to broader application.



Le carpocapse demeure le principal ravageur des pommes et des poires

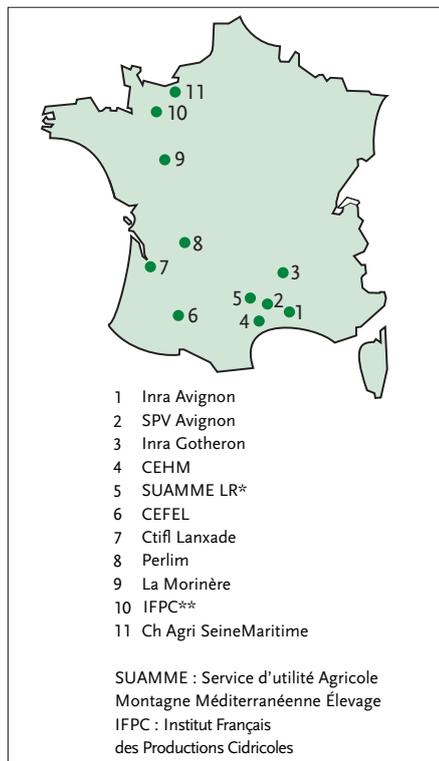
# Le point sur la validation du modèle carpocapse

Dans toutes les zones de production de pommes, le carpocapse des pommes et des poires, *Cydia pomonella* L., reste le ravageur principal. Le développement des dégâts provoqués par ce lépidoptère a motivé des stratégies de protection drastiques qui ont assez rapidement conduit le carpocapse à devenir résistant à différentes familles de produits phytosanitaires. C'est en étudiant ces phénomènes que l'équipe

PSH de l'Inra d'Avignon a mis en évidence le retard pris par les populations résistantes de carpocapses dans l'évolution de leur cycle annuel. En gagnant sur le terrain de la résistance, le carpocapse est contraint d'allonger son cycle biologique. Ce phénomène a fait l'objet du développement d'un modèle mathématique permettant, à une date donnée, de situer le stade atteint par le carpocapse, sensible ou résistant, dans le déroulement de son cycle annuel.

(\*) Centre expérimental horticole de Marsillargues

FIGURE 1 : Implantation des sites du réseau de validation



## Modèle vers la production

Après avoir rempli son rôle en contribuant à l'étude des caractéristiques des souches de carpocapses, le modèle de l'Inra trouve aujourd'hui un second souffle grâce à son transfert vers la production. En effet, si de nombreux modèles existent aujourd'hui sur ce ravageur (modèle SPV, modèles de Suisse, Allemagne, Californie), celui-ci est le seul à prendre en compte les différences de comportement liés à la résistance. En étant plus précis sur les étapes du cycle, ce modèle devrait optimiser la protection des vergers en ciblant les périodes d'intervention phytosanitaires avec plus de précision, voire en diminuant leur nombre.

## Validation sur 3 ans

Un groupe de travail coordonné par le Ctifl a donc été créé, associant l'Inra, la PV et plusieurs structures d'expérimentation réparties sur le territoire national (FIGURE 1). L'objectif était, suivant un protocole commun sur trois ans (2006-2008), de valider les informations données par le modèle en les comparant à des observations sur des vergers de différentes zones géographiques. Trois séries d'observations sont prévues par le protocole pour tester le modèle :

- le piégeage des papillons à l'aide des pièges

FIGURE 2 : Exemple de données du modèle pour un site au 10 août 2008

	Génération 1 (%)	Génération 2 (%)	Génération 3 (%)
<b>Sensible au 10/08/2008</b>			
Adultes	100	97	2
Pontes	100	95	1
Éclosion	100	84	0
Diapausants	0	26	0
<b>Résistant au 10/08/2008</b>			
Adultes	100	89	0
Pontes	100	80	0
Éclosion	100	60	0
Diapausants	0	52	0

sexuels, correspondant aux informations du vol données par le modèle pour chaque génération ;

- l'évolution des piqûres des larves sur fruits, correspondant aux éclosions données par le modèle pour chaque génération ;
- l'émergence des larves capturées dans les bandes pièges disposées autour des troncs, correspondant à l'entrée en diapause en fin de saison.

Le modèle est interrogé régulièrement par chacun des sites pour comparer les observations aux données théoriques.

Sur cet exemple (FIGURE 2) en fin de G2, on note le retard de développement des populations résistantes par rapport aux sensibles. On note également l'entrée en diapause plus précoce des résistants, ce qui a pour conséquence une plus faible propension à produire une G3 pour ces individus.

## Bilan du modèle

L'analyse des résultats obtenus à travers le réseau de validation a permis de faire le point sur les qualités et les défauts de ce modèle.

Sur la figure 3 illustrant l'un des sites, on observe le décalage entre le cycle des populations sensibles et résistantes tel qu'il est calculé par le modèle. Ce décalage, accumulé depuis le début de saison, est plus important en G2.

Les observations de piégeage en verger, comparées aux prévisions du modèle apparaissent

plus précoces de quelques jours sur la G1. Sur la G2, les observations en verger semblent bien correspondre avec la courbe théorique d'une population sensible, mais apparaissent décalées de la courbe correspondant à une population résistante. Le caractère sensible ou résistante de la population présente ici est déterminé a posteriori par une analyse faite en labo sur des larves diapausantes. Dans les trois-quarts des vergers testés, il s'agit de carpocapses résistants. On peut aussi se trouver face à des populations mélangées.

D'une façon générale, sur l'ensemble des observations de 2007, confirmées en 2008, le modèle présente régulièrement un retard par rapport aux observations sur les pièges réalisés en verger :

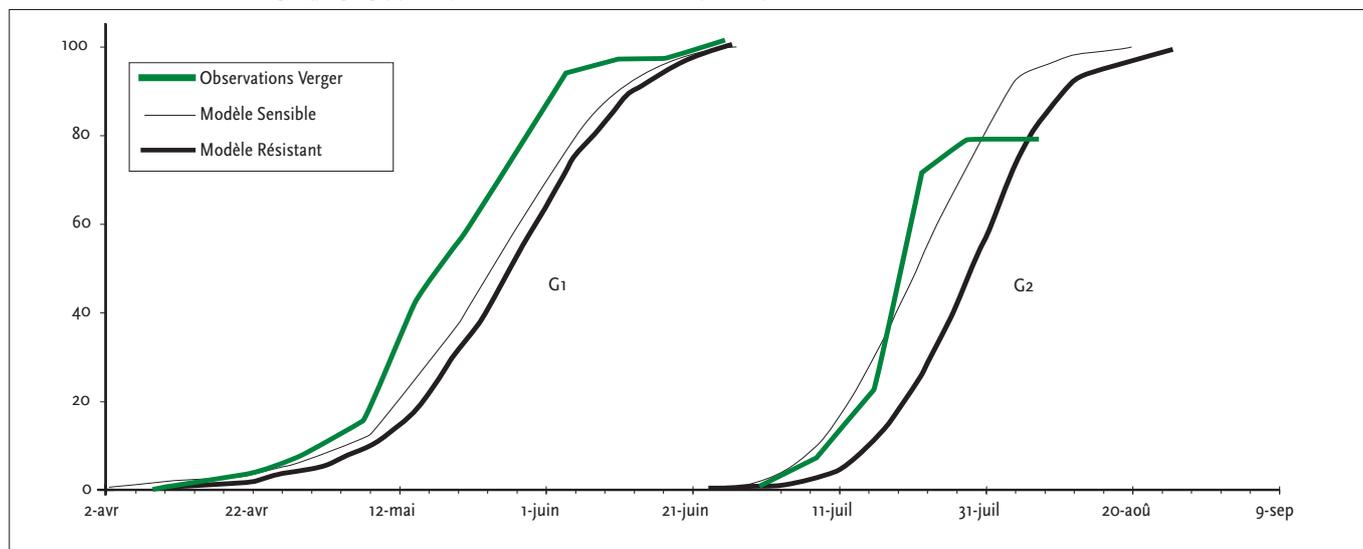
- En G1, retard moyen de 10 jours (variant de 1 à 23 jours) ;
- En G2, ce retard est moins important : en moyenne de 3 jours.

Pour les piqûres sur fruits, un écart moyen de 10 jours est relevé entre les observations en vergers et les données du modèle. Cet écart est équivalent sur les deux générations ; il montre des différences significatives d'un site à l'autre, ou d'une parcelle à l'autre. Enfin, pour les entrées en diapause, le décalage moyen avec le modèle est d'environ 5 jours.

Ces résultats peuvent apparaître modestes, pourtant, comparés à d'autres modèles cités plus haut, le modèle Inra ressort comme le



FIGURE 3 : Observations en verger (piégeage) / Comparaison Données du modèle (adultes)



plus pertinent vis-à-vis des éclosions sur la G1. Il est aussi le seul qui prenne en compte le décalage lié au caractère sensible ou résistant des populations de carpocapses. Il faut souligner que c'est bien la détermination des dates d'éclosion des œufs qui apparaît comme l'une des données les plus importantes pour le raisonnement de la protection des vergers.

### Des causes d'imprécision diverses

Les causes pouvant expliquer les décalages entre la théorie et la pratique sont nombreuses. Contrairement aux apparences, ce n'est pas la simplicité des informations intégrées quotidiennement qui font douter de la précision du modèle. Les seules températures maxi et mini permettent en effet de reproduire les conditions de la journée avec une assez bonne approximation.

En revanche, deux paramètres suscitent davantage l'attention.

D'abord les conditions climatiques autres que les températures : le vent, l'hygrométrie et les précipitations peuvent influencer le déroulement du cycle. Les pontes ne peuvent se faire sur feuillage mouillé. D'autre part, le vol crépusculaire amenant aux accouplements peut être très perturbé par le vent ou par la pluie. Ces perturbations s'observent plus fréquemment sur la G1, au printemps, que sur la G2 où les conditions climatiques sont globalement plus favorables. Peut-être y a-t-il ici un élément d'explication au décalage avec le modèle.

L'autre point concerne le piégeage et la difficulté, souvent soulignée, d'une médiocre représentation que cet outil donne de la réalité

des émergences en début de G1. Même avec les capsules Combo, plus performantes en vergers confusés, les pièges sexuels fonctionnent avec la même phéromone que la confusion ce qui perturbe leur fonctionnement. En outre, c'est l'outil qui sert aussi à déterminer le Biofix. Malheureusement, nous n'avons actuellement pas d'autre moyen pour observer le début des vols en verger. La mise en place de cages d'émergence dans les vergers, occupées par des larves capturées lors de la saison précédente, ne semble pas être un moyen plus simple pour restituer la réalité biologique. Dans ces conditions, les papillons montrent en effet un retard d'envol de plusieurs jours.

D'autres paramètres pourraient aussi expliquer ces décalages, notamment l'influence des conditions hivernales sur la conservation des larves pendant leur diapause, la proximité de foyers d'infestation liés à un environnement difficile ou l'emplacement précis de capteurs de température qui seraient à positionner dans le verger.

### Stratégie au verger

Le carpocapse est un bon exemple de la complexité de la réflexion que doit mener le producteur et son service technique pour conduire son verger en protection raisonnée. Pour ce ravageur, l'association de plusieurs techniques de protection est devenue nécessaire. Dans cette problématique, ce modèle apporte des informations d'autant plus utiles qu'elles intègrent des données locales. Les imprécisions évoquées montrent que ce modèle, comme tous les modèles, ne permet pas à lui seul d'assurer le suc-

cès de la protection. Associé aux contrôles visuels en verger, aux différentes informations phytosanitaires et à la connaissance de l'exploitation, il contribue à enrichir la réflexion qui détermine une stratégie au verger. C'est ainsi que l'ensemble des utilisateurs du groupe de validation considère qu'il faut développer un accès plus large à ce nouvel outil.

### Inoki et la base Celsius

Pour fonctionner, le modèle phénologique de l'Inra s'adosse à la plateforme web de modélisation Inoki (seize modèles actuellement) qui mutualise les ressources, notamment les accès aux données climatiques de la base de données météorologiques Celsius. Cette base dispose actuellement de cent stations sur toute la France. Chaque site de validation est rattaché à une station météorologique située à proximité immédiate des vergers observés. Le modèle simule les cycles de développement du carpocapse à partir du moment où les conditions climatiques sont favorables. Seules les températures maxi et mini journalières à partir du 1<sup>er</sup> janvier de l'année considérée sont nécessaires. Le point de départ du premier cycle du carpocapse doit également être enregistré : c'est la date du Biofix. Elle est établie localement, lorsque la moitié des pièges d'un réseau de piégeage capture le premier papillon. Cette démarche est rendue difficile par l'augmentation des surfaces conduites en confusion sexuelle qui perturbe les informations de piégeage. D'autres méthodes sont à l'étude. ■