

**Constituer un réseau de surveillance pour lutter contre la Mouche de la Carotte,
notamment en Maraîchage Biologique**

Piégeage et Modélisation pour optimiser la lutte contre ce ravageur

**Chambre d'Agriculture de la Haute Garonne
Partenariat Fredec Midi-Pyrénées**

2009-2011

1^{ère} année 2009

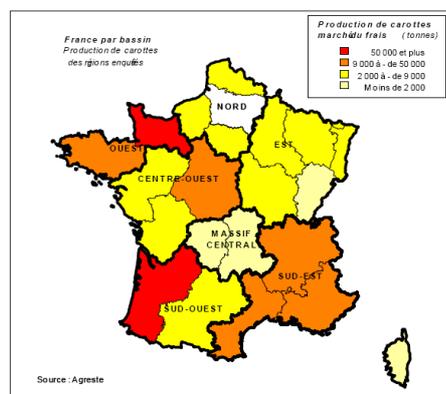
Cadre général

Importance de la carotte en France (Source Agreste)

La France est le deuxième pays producteur de carotte de l'Union Européenne derrière la Pologne. Elle a produit 300 000 tonnes sur 8 500 hectares (carottes en frais), entre mai 2008 et avril 2009.

En France, principalement 3 bassins sont producteurs de carotte :

- le sud-ouest avec Aquitaine et Midi-Pyrénées qui représentent 4 231 hectares avec 142 562 tonnes de production pour 2007, la région Aquitaine représentant 42,2% de la production nationale
- l'ouest avec les régions Basse-Normandie et Bretagne qui représentent 28,4% de la production nationale, sur 1 979 hectares pour une production de 75 605 tonnes
- le sud-est (la région PACA) représente 7,3% de la production avec 1 162 hectares pour une production de 37 120 tonnes.



La carotte est un légume de base de l'alimentation, de ce fait, elle est produite de façon à alimenter le marché le plus longtemps possible.

Même si le tonnage produit en Midi-Pyrénées est bien plus faible que celui produit en Aquitaine, cette production y reste importante puisqu'elle concerne plus de 200 producteurs en maraîchage biologique et autant en conventionnel.

Dégâts dus à la mouche de la carotte

La **mouche de la carotte** (*Psila rosae*) engendre des pertes économiques importantes de par la dépréciation directe qu'elle cause sur la carotte. Selon Villeneuve et al (2007) un lot présentant 3% de carottes atteintes est impossible à trier et nécessite des surcoûts inacceptables. Au-dessus de 15%, la parcelle est abandonnée.

Cette mouche engendre des dégâts souterrains ayant pour conséquence visible une modification du comportement de la plante : perte de vigueur, jaunissement des feuilles de la base et rougissement du feuillage.

Après que la mouche ait pondu dans le sol, à proximité des carottes, les larves pénètrent dans les racines. Elles y creusent des galeries, situées entre 5 à 15 cm de profondeur.

Sur toutes jeunes carottes, les attaques de mouche peuvent provoquer la destruction des jeunes plantes ou un arrêt de croissance ou la déformation des racines qui deviennent courtes, étranglées et/ou fourchues.

Par la suite, au fur et à mesure de leur développement, les larves du deuxième et troisième stade établissent dans l'axe principal de la carotte un réseau de mines qui sont généralement réparties sur toute la racine ou plus superficielles à proximité du collet à l'automne.

Au printemps et au début de l'été, les galeries ne s'accompagnent généralement pas de pourritures secondaires. Par contre à l'automne et l'hiver, les galeries présentent une coloration noirâtre liée au développement de pourritures diverses.

Les dégâts pourront encore prendre de l'ampleur après la récolte, lors du stockage, si des carottes pourrissantes entrent en contact avec des carottes saines.

Lutte contre la mouche de la carotte

La **mouche de la carotte** est un ravageur contre lequel les maraîchers en agriculture biologique sont démunis. La lutte consiste à couvrir la culture d'un voile P 17 ou insect bio qui empêche la ponte de la mouche sur la culture et limite ainsi les ravages.

Le problème pour le producteur est de savoir quel est le moment le plus propice pour poser le voile afin de protéger la culture. Il n'est pas envisageable de couvrir la culture durant toute la période végétative à cause, entre autres, des interventions de désherbage mais aussi de la perte de rendement engendrée par une présence trop longue du voile.

La lutte contre la mouche de la carotte en maraîchage conventionnel est également un problème important à considérer, du fait de la disparition ou de l'interdiction d'utiliser certains insecticides du sol, dans le cadre de la révision des substances actives et de la directive 91/414.

Un maraîcher conventionnel ne dispose aujourd'hui que de méthodes de lutte chimique sur insecte adulte, d'où l'importance de positionner judicieusement le traitement en fonction des piègeages. Et mieux, si le modèle prévu est validé, déterminer efficacement la période à risque.

Objectifs

Face à cette situation, la Fredec Midi-Pyrénées, dans le cadre du projet « Constituer un réseau de surveillance pour lutter contre la Mouche de la Carotte, notamment en Maraîchage Biologique - Piégeage et Modélisation pour optimiser la lutte contre ce ravageur », porté par la Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, sur 2009-2011, a mené des actions :

- suivre les périodes de vol de cet insecte par piégeage
- comparer ces piégeages, en fonction des températures enregistrées, avec les prévisions des dynamiques de vols du modèle SWAT et ainsi optimiser les méthodes de lutte (test sur la corrélation entre les vols suivis par piégeage sur Midi-Pyrénées et leurs prévisions selon le modèle SWAT)

visant à :

- **valider le modèle de prévision du vol** de la mouche de la carotte SWAP en Midi-Pyrénées
- **anticiper le vol** et couvrir les parcelles de carotte par le voile P17 au moment opportun, grâce au modèle validé et aux données climatiques
- **créer un réseau de suivi et d'alerte** pour cibler au mieux la lutte contre la mouche de la carotte
- **préparer un travail de vulgarisation** auprès des conseillers de Chambres d'agriculture ou de groupements ou directement auprès des producteurs en fonction des résultats obtenus

Réalisation

1- Choix des sites de piégeage

En 2009, les sites ont été choisis par les Chambres d'Agriculture de la Haute-Garonne et du Tarn :

- deux sites en Haute Garonne (1 en production conventionnelle et 1 en production biologique) suivis par la Fredec Midi-Pyrénées :
 - Lacroix Falgarde
 - Belberaud
- un site dans le Tarn (conduit en agriculture biologique) suivi par la Chambre d'Agriculture du Tarn

	Agriculture conventionnel à Lacroix Falgarde (31)		Agriculture biologique à Belberaud (31)
Nature du terrain	- Sols caillouteux à limoneux (fluviosols, sols peu évolués d'apport alluvial). - De 0 à 20cm, sols limoneux sablo-argileux : bonne porosité (présence de galeries de vers), structure continue à éclats friables (CRAMP, 1995). Le sol étant caillouteux mise en place de buttes pour la culture.		- Sols argileux calciques (calcisols, sols bruns calciques). - De 0 à 25cm, terre argileuse limoneux-sableuse, avec quelques nodules calcaires. La structure est polyédrique angulaire à motteuse (CRAMP, 1995).
Flore environnante	- Myrobalan - Ronce - Peuplier - Chêne		- haie de chênes - différentes variétés d'arbustes
Cultures à proximités	- Oignon - Navet		- Pastèques - Courges - Céleris branche - Betteraves - Radis
Les précédents culturaux et rotation	- année N-1 : engrais vert ray-grass qui est broyé par la suite - année N-2 : sorgho - année N-3 : engrais vert ray-grass. Rotation de trois ans, divise la parcelle en 3 : tous les ans 6000m ² de terrain.		- année N-1 : aucune culture - année N-2 : jachère - année N-3 : colza
Dates de semis et surfaces	Parcelle 1 (6000m ²) -année N :12/05/09 -année N-1 :14/04/08 -sur butte	Parcelle 2 (1ha) -année N : 23/06/09 -année N-1 : 23/06/08	- 1000m ² de surface - 04/06/09 - sur butte
Fertilisation	- engrais organique -engrais minéral (roche broyée riche en potasse et en magnésie) - complet N 17%, P 5%, K 17%, Ca 3%, Mg 1%) teneur oligo-éléments élevée.		- compost vert - fumier
Irrigation	Par aspersion : 20mm à 25mm par semaine en été.		Par goutte à goutte (1h et demi tous les 2 jours)
Variétés de carotte	Maestro		Carentan Robila

NB : La parcelle de Carentan a été suivie jusqu'à fin août et a ensuite été remplacée par la parcelle de Robila.

2- Conception des pièges

Dans un premier temps la Fredec Midi-Pyrénées a fabriqué les pièges pour les 4 sites suivant les critères ci-dessous :

- pièges verticaux et piégeage sur les deux faces,
- plaques jaune bouton d'or de 20 cm sur 20 cm attachées par une pince.
- hauteur des pièges à 80 cm du sol



A la suite de vents violents, nous avons remarqué que le système de pince, pour tenir le panneau jaune n'était pas assez résistant au vent. Nous avons retrouvé sur une parcelle, lors d'un relevé certains pièges au sol.

La Fredec Midi-Pyrénées a alors soudé une gouttière en fer permettant le support du panneau en le faisant glisser à l'intérieur de celle-ci (cf. figure 7). Lors des relevés suivants, nous avons constaté une bonne tenue des pièges.

Piège mouche de la carotte (Fredec Midi-Pyrénées, 2009)

3- Pose et suivi des pièges

Les pièges ont été placés le 5 juin sur les deux parcelles de la Haute-Garonne :

- 5 pièges sur une parcelle en maraîchage biologique
- 10 pièges et une parcelle en agriculture conventionnelle.

Le nombre de pièges par parcelle a été adapté à la taille de la parcelle.

Pour 2009, le suivi a débuté tardivement, en raison de conditions climatiques défavorables ayant entraîné un retard dans les semis.

Les pièges sont espacés de 10 mètres vers l'extérieur de la parcelle, perpendiculaire au sens du vent et le long des haies. Certains pièges sont placés directement dans la culture.

Les pièges ont été placés selon les résultats des travaux menés par Poissonnier, Sclaunich et Boucher, dans le cadre d'un projet d'amélioration des résultats de piégeage de la mouche de la carotte.

Sur chacun des panneaux et de chaque côté sont positionnés deux plastiques transparents (20cm sur 20cm, type transparent pour photocopieuse) englués. Lors des relevés (une fois par semaine) les plastiques sont retirés pour une observation au laboratoire de la Fredec Midi-Pyrénées. Ils sont remplacés sur place immédiatement par un plastique englué neuf.



Ramenés à la Fredec Midi-Pyrénées, ils sont analysés par le laboratoire pour détecter un éventuel adulte de la mouche de la carotte, sous binoculaire pour une meilleure analyse.

Adulte de mouche de la carotte

Les relevés ont été réalisés de manière hebdomadaire, le jeudi ou vendredi, jusqu'au 22 octobre 2009.

4- Suivi du vol par le modèle SWAT

Le modèle SWAT est disponible gratuitement sur Internet en allemand. Il est basé sur des données biologiques qui sont fonction des données climatologiques journalières (températures de l'air, du sol, vitesse du vent) et qui se traduisent par des équations permettant d'estimer des paramètres biologiques :

- la durée des périodes de vols et leurs intensités,
- le développement des larves et des pupes,
- les périodes de pontes et leurs niveaux, la mortalité,
- l'entrée en diapause et en quiescence.

Pour fonctionner, il nécessite une acquisition journalière des données de températures de l'air, du sol, de la vitesse du vent, fournies par des stations météorologiques.

Pour la prévision du vol, il peut fonctionner avec au minimum les données journalières de températures de l'air à 2 m d'une station proche de la zone de piégeage (mini, maxi, et moyennes), sans nécessiter de disposer des températures du sol (utiles pour les larves, les œufs et les pupes).

La seule condition exigée pour le calcul de dynamique de population est la température moyenne quotidienne.

La Fredec Midi-Pyrénées a fourni les relevés météorologiques journaliers de températures de l'air de la station météorologique basée sur le site d'Auzeville (31), ce qui est suffisant dans cette étude puisque la validation ne s'intéresse dans notre cas qu'au vol (*Fliegen*).

Détermination du début de calcul :

Le calcul commence après la fin du repos hivernal.

Les conditions qui doivent être réunies pour que la levée de diapause ait lieu sont encore mal connues. Probablement, une certaine quantité de températures froides est nécessaire. Ensuite, avec les températures croissantes au printemps, les pupes hivernantes se développent.

Des données expérimentales montrent que le début de calcul doit être compris entre le 1^{er} février et le 1^{er} mars.

Dans le modèle, on considère qu'au début de la simulation, la diapause est déjà levée de telle sorte que l'on peut tout de suite enclencher des sommations de températures. Il n'y a pas de contrôle pour savoir si la diapause est effectivement levée. En faisant débiter les calculs le 1^{er} mars, on ne rencontre jamais de problème même après des hivers très doux.

Nous avons donc choisi en Midi-Pyrénées, de faire débiter les calculs à partir du 1^{er} mars,

Détermination des paramètres :

Pour les paramètres de vol, nous avons consulté à la fois la bibliographie sur la biologie de l'insecte ainsi que les travaux menés par Hortis, effectués dans le Sud de la France.

Nous avons donc choisi de modifier les paramètres allemands :

- température optimale pour le vol : 19°C
- température maximale pour le vol : 22°C

Suivi piégeage de la mouche de la carotte 2009 - Tarn
Nb de mouches piégées par plaque

Date	VIVIERS LES MONTAGNES (81) Conventionnel									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05/06/2009	POSE DES PIEGES									
08/06/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/06/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/07/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/08/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/08/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/09/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/09/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/10/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/12/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2- Modèle de prévision SWAT

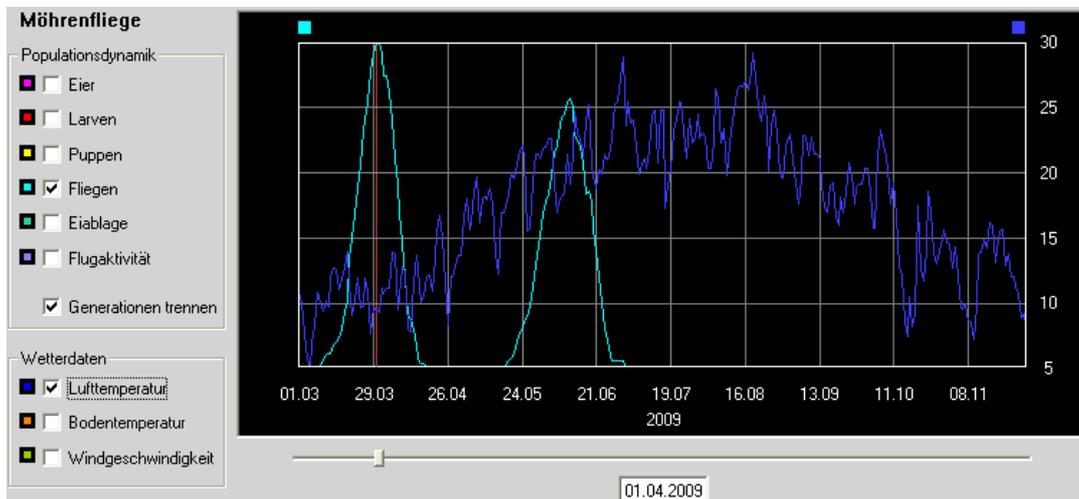
Les données météorologiques de la station météorologique d'Auzeville intégrées au modèle SWAT ont permis de simuler les vols de la mouche de la carotte en 2009, sur la zone géographique concernée.

Les paramètres biologiques du modèle ont été adaptés en fonction de l'expérience et des éléments fournis par le Ctifl et Hortis.

Le modèle en 2009 a donc prévu :

- un 1^{er} vol entre le 11 mars et le 17 avril avec un pic au 1^{er} avril 2009
- un deuxième vol entre le 20 mai et le 30 juin. Sur cette période on peut remarquer un pic de vol autour du 11 juin

Dynamique de la mouche de la carotte en fonction des températures moyennes de la journée Auzeville 2009



Etant donné qu'aucune capture n'a eu lieu au cours de l'essai, la mise en corrélation des deux techniques de connaissance du vol et la validation du modèle ne peuvent être réalisées en 2009.

Cependant, le modèle prévoyait des périodes de vols, mais plusieurs phénomènes peuvent expliquer l'absence de capture :

- Des températures trop élevées comme en juin, juillet et août 2009, peuvent avoir entraîné une destruction partielle des œufs et donc empêcher un 3^{ème} vol. Lors de fortes chaleurs (à partir de 22°C) pour se protéger, les pupes entrent en quiescence, or, cette suspension de croissance peut, lorsqu'elle dépasse un mois, engendrer la mortalité d'une partie de la population.

- D'après les prévisions du modèle, les semis réalisés le 12 mai et le 4 juin se situent après le premier vol (mars, avril). Or, il représente la période où les populations de mouches sont les plus abondantes.

Les mouches de 1^{ère} génération n'ont pas trouvé de cultures de carotte sur la zone pour se développer. De ce fait, une forte diminution des populations a pu se produire. Ce qui a eu pour conséquence de réduire fortement la pression en G2 et G3.

Les résultats d'expérience de Brunel en 1992 (Villeneuve, Legrand et Roy, 2007), montrent en effet que l'intensité du premier vol a une forte incidence sur l'intensité des risques liés aux deuxième et troisième vols. Cela signifie que, si les mouches du premier vol ne trouvent pas de conditions favorables pour leur développement : absence de plantes hôtes, conditions climatiques trop chaudes et sèches, alors les générations suivantes sont largement plus faibles, sans être nulles.

- Les carottes sur la parcelle en agriculture biologique étaient recouvertes d'adventices d'une trentaine de centimètres de hauteur. La femelle est attirée par la couleur du feuillage de la carotte et l'identifie par des substances volatiles. La présence de ces adventices a pu gêner la mouche pour identifier sa plante hôte.



- La parcelle en agriculture conventionnelle est située à proximité d'une production d'oignon qui pourrait éloigner les mouches. Sur les 10 pièges placés sur la parcelle, 5 se sont retrouvés sur l'extérieur de la parcelle, côté oignon, sans zone refuge pour la mouche de la carotte.
- Les deux producteurs n'ont jamais eu d'attaques de mouches sur les parcelles choisies pour le suivi de piégeage.

La 2ème parcelle suivie en agriculture conventionnelle (Robila) est en revanche une parcelle qui subit des dégâts de mouche depuis 2 ans. Malgré tout, aucune capture n'a été détectée sur cette parcelle.

Perspectives 2010-2011

Le choix des parcelles devra se porter **en 2010** sur des parcelles en maraîchage biologique et conventionnelle, ayant **absolument** subi des attaques de mouches de la carotte les années précédentes.

Ces parcelles seront également de préférence abritées par des haies et arbres, en prenant en compte que les conifères n'attirent pas les mouches.

Pour 2010, d'autres sites pourraient être mis en place en Ariège, Tarn-et-Garonne par exemple. Les conseillers des CDA 31 et 81 prendront en charge le suivi et les relevés en coordination avec la Fredec Midi-Pyrénées. La Fredec continuera à suivre les deux sites de la Haute-Garonne. Elle assurera également avec les CDA la formation et la sensibilisation des agriculteurs à ce suivi des vols de la mouche de la carotte avec les piégeages et la modélisation.

En 2011, les suivis des sites des années précédentes seront répétés. Cela permet une confirmation et une validation dans les départements de la Haute-Garonne, de l'Ariège, du Tarn-et-Garonne et du Tarn. La Fredec continuera d'assurer la coordination du travail technique engagé et le suivi des deux sites de la Haute-Garonne.