

# PSDR Recherches "Pour et sur le développement régional" en Languedoc-Roussillon

Agriculture et agroalimentaire dans le développement des territoires en Languedoc-Roussillon : quelles questions à la recherche ?

## Crise phytosanitaire, *Bemisia* en production légumière raisonnée sous abri

***Bemisia tabaci*, une espèce cosmopolite et complexe.** Les aleurodes sont vecteurs de plus de 114 virus phytopathogènes, qui présentent une grande variabilité (risque constant de nouvelles viroses) et dont une centaine (111) est inféodée à *Bemisia tabaci*. Les premiers indices qui ont permis de suggérer l'existence de différents biotypes chez *B. tabaci* (espèce décrite en 1889) proviennent de la mise en évidence de gamme d'hôtes (espèces et variétés végétales) spécifiques chez des populations d'origines africaines ou américaines. La caractérisation de ces biotypes, au sein de populations identiques sur le plan morphologique, s'est avérée indispensable pour comprendre (i) l'invasion de plusieurs pays par des populations de *B. tabaci* qui se caractérisaient par un fort potentiel biotique par rapport à d'éventuelles populations indigènes, (ii) des phénomènes de phytotoxicité sur cucurbitacées, et (iii) des manifestations de résistance aux insecticides. Des tests basés sur des analyses iso-enzymatiques puis sur l'analyse du génome (séquences répétées de l'ADN appelées "microsatellites" et gène mitochondrial) ont permis de distinguer à travers le monde une vingtaine de biotypes qualifiés par une lettre de "A" à "N". Les risques sont décuplés du fait de la conjonction entre la variabilité génétique et des potentialités adaptatives du vecteur *B. tabaci* d'une part, et de la grande variabilité des virus incriminés d'autre part. Les auteurs considèrent comme point de départ de cette dramatique escalade l'explosion en Californie en 1991 du biotype B de *B. tabaci* (perte de 500 millions de dollars sur les seules cultures hivernales dans cet Etat pendant l'hiver 1991). Le biotype Q achève sa colonisation de l'arc nord méditerranéen avec son introduction en France et l'apparition du TYLCV. Parallèlement, il vient d'apparaître sur le continent américain où il a été décelé durant l'hiver 2004-2005 sur des plants de Poinsettia commercialisés à Tucson (Arizona) puis détecté en 2005 dans au moins 17 Etats des U.S.A. et dans un site à Mexico ainsi qu'au Guatemala.



Adulte de *Bemisia tabaci*, cliché CBGP/Inra-IRD

### Une situation de crise phytosanitaire

En 2002-2003, la prolifération de la mouche blanche (aleurode) *Bemisia tabaci* sur tomate de serres dans les bassins du Roussillon et du Sud - Est de la France, corrélée à l'apparition de quelques foyers de *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) virus agent de la maladie des feuilles jaunes en cuillère, a profondément déstabilisé la filière de production de tomate en frais fondée sur la culture hors sol en serre chauffée (Dalmon *et al.*, 2003). Les directives européennes relatives à la propagation des phytovirus (annexe directive 2000/29/CE) ont été complétées en France par des arrêtés de lutte obligatoire (31/07/2000 et 8/07/2002) à l'encontre du TYLCV. Concrètement, la présence de TYLCV doit faire l'objet d'une déclaration aux services régionaux de la Protection des Végétaux (SRPV) et toute la culture doit être arrachée, sans indemnisation.



TYLCV sur tomates, cliché Inra H. Lecoq

### Une problématique avec des enjeux régionaux

Dans le contexte socio-économique du Bassin Rhône-Méditerranée, la production de tomate en frais (45 % de la production nationale) repose pour une large part sur des cultures en serre chauffée hors-sol

**Participants**  
Fargues, J., Bonato O., Vidal C., CBGP Inra-IRD Montpellier ;  
Jeannequin B., Ridray G., Lagier, J., Sad, Inra Alénya ;  
Boulard T. URIH Inra Sophia Antipolis ; Pathologie végétale, Inra Avignon.

**Partenaires régionaux**  
Debosque S.,  
Chambre Régionale d'Agriculture LR, Montpellier ;  
Trottin-Caudal Y. CTIFL,  
Balandran ; Broquaire J.M.,  
Schoen L. SICA Centrex, Torreilles, etc.

avec des variétés de cycle long sensibles au TYLCV. La durabilité de cette production passe par la traçabilité et surtout par la qualité organoleptique ainsi que la qualité sanitaire et environnementale, qui sont considérées comme des facteurs de santé pour le consommateur. Cette orientation est clairement soutenue par l'Agence Fruits & Légumes Frais (<http://www.aprifel.com>). Elle est conforme à la politique de l'Union Européenne de réduction des pesticides chimiques et de contrôle des teneurs maximales en résidus de pesticides (TMR), si bien qu'en dépit du coût négligeable de la protection phytosanitaire des cultures de tomate sous serre et sous tunnel (2-4 % du coût de revient total), la diminution des pesticides chimiques est un objectif prioritaire.

Or, la présence sur tomate de populations virulifères de *B. tabaci* augmente considérablement la nuisibilité de cette mouche blanche, remettant en cause les progrès réalisés au cours de ces vingt dernières années en matière de Protection Biologique et Intégrée (PBI) (Trottin-Caudal & Capy, 2003). Le recours aux filets insect-proof constitue une première mesure prophylactique pour diminuer les risques d'intrusion d'insectes adultes par les ouvrants des abris (Lagier, 2002), mais elle ne soustrait pas de l'obligation de poursuivre les autres mesures de lutte. En effet, les filets provoquent un confinement (élévation de la température et de l'humidité de l'air, Fatnassi *et al.*, 2003) qui modifie considérablement le fonctionnement du système de culture et peut entraîner l'altération de l'efficacité des méthodes alternatives de lutte, voire de la qualité des fruits. Il s'agit donc de concevoir l'adaptation de l'ensemble du système de production dans un contexte régional de plus en plus sujet aux risques d'introduction et d'acclimatation de bio-agresseurs invasifs d'origine tropicale (Fargues *et al.*, 2005).

## Quelles stratégies de phytoprotection alternatives et intégrées ?

**Efficacité des filets insect-proof contre les introductions de *B. tabaci* dans les serres, conséquences sur les diverses composantes du système de culture.** Au cours des campagnes 2003-2005 réalisées à Alénia sous différents modèles d'abris (tunnels à aérations latérales continues, multichapelles plastiques classiques, serres verre) équipés de filets anti-*Bemisia*, on a constaté (i) une protection élevée contre les intrusions d'aleurodes et d'autres insectes et (ii) une modification des conditions climatiques très significative en début de végétation, qui s'atténue lorsque les plants atteignent la hauteur maximale. Les conséquences de l'impact des filets continuent d'être étudiées (i) sur les conditions de culture (choix variétaux, adaptation des calendriers culturels, etc.) (ii) sur la qualité des fruits (rendement, poids, fermeté, maturation des fruits commercialisés en grappes) (iii) sur la mise en œuvre de la protection biologique (choix stratégiques et tactiques) (iv) et sur les conditions de travail du personnel (mise en place de brasseurs d'air ?)

**Méthodologie d'échantillonnage des populations d'aleurodes :** Des études de base en démographie ont été développées dans le but (i) de suivre la dynamique des populations en interactions et (ii) d'aboutir



Filets anti-*Bemisia* en serre de tomates, cliché Inra J. Lagier

à une méthodologie d'échantillonnage normalisée adaptée aux contraintes des suivis en conditions de production. L'analyse de la phénologie et de la distribution spatiale intra- et inter-plants des populations de *Bemisia* et de son prédateur, la punaise *Macrolophus caliginosus* ont permis de retenir les feuilles du niveau 6, situé entre le 6<sup>e</sup> et le 7<sup>e</sup> bouquet floral, comme unité d'échantillonnage commune aux deux espèces (Bonato *et al.*, 2004).

**Potentiel biotique des espèces ciblées : paramètres biologiques et démographiques.** Des modèles de développement en fonction de la température ont été construits pour *B. tabaci* (population originaire d'Alénia et exempte de virus) et pour son prédateur *M. caliginosus* (souche commercialisée par Koppert). La température minimale à partir de laquelle les immatures peuvent se développer est évaluée à 11°C pour *B. tabaci* et 8°C pour *M. caliginosus*. L'optimum thermique se situe vers 32°C pour *B. tabaci* et 28°C pour *M. caliginosus*. La température létale supérieure est plus élevée pour *Bemisia* (37°C constant) que pour *M. caliginosus* (32°C). La fécondité journalière moyenne est de l'ordre de 4 œufs pour *B. tabaci* et de 3 pour *M. caliginosus* (Bonato *et al.*, 2006).

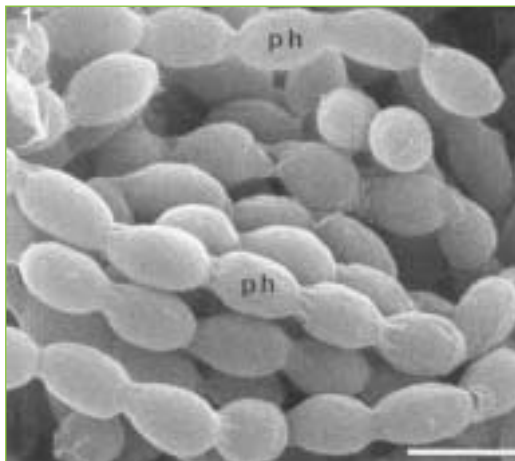
**Validation de la stratégie d'introduction du prédateur *M. caliginosus* sur plants en pépinière.** Les essais conduits à Alénia sous serre ou tunnel de production montrent que l'introduction d'un agent de lutte biologique *M. caliginosus* adulte sur des jeunes plants de tomate permet de contrôler les populations de *Bemisia* lorsque le ratio de *M. caliginosus* (adultes plus larves) / larves *Bemisia* est inférieur à 0,3. L'interaction avec les techniques culturales a été abordé en montrant les conséquences des effeuillages sur les effectifs de *M. caliginosus*, jusqu'à 45% de la population pouvant être exporté avec les feuilles coupées. En retardant de 2 semaines le 1<sup>e</sup> effeuillage on atténue les pertes, tout en n'affectant pas significativement le rendement (Ridray & Bonato, 2002). Un travail d'enquêtes et de transfert est maintenant nécessaire pour analyser les modalités d'exploitation par la profession de cette double technique de Protection Biologique et Intégrée .





Adulte de *Macrolophus caliginos*, cliché CBGP/Inra-IRD

**Les champignons entomopathogènes, une alternative pour la lutte contre les aleurodes.** En cas de pullulations d'aleurodes, les bio-préparations myco-insecticides homologuées et commercialisées en France peuvent être appliquées sur les tomates sous abri en zone méditerranéenne, en complément des insectes auxiliaires. L'efficacité de ces micro-organismes est directement liée à l'activité stomatique qui augmente l'humidité de l'air au contact de la face inférieure des feuilles, là où sont fixées les larves d'aleurodes (Boulard *et al.*, 2004 ; Fargues *et al.*, 2005).

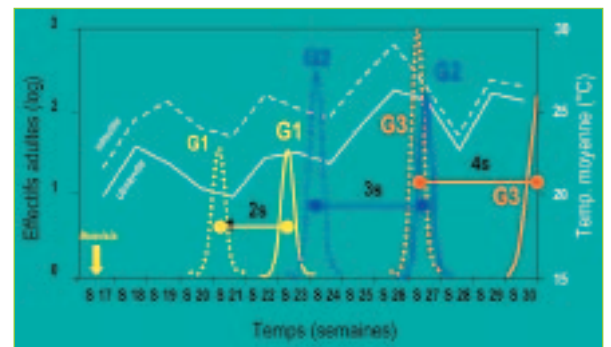


Spores entomopathogènes du champignon *Paecilomyces fumosoroseus*, cliché Inra J. Fargues

## Quelles stratégies à plus long terme ?

**Canicules et changement climatique :** une augmentation des risques ? L'augmentation de la température d'avril à juin-juillet crée des conditions très favorables aux intrusions précoces et à l'installation et l'extension des foyers d'infestation. Un réchauffement moyen du climat de + 2.2°C se traduirait par une élévation + 4°C sous serre en mai (Fatnassi *et al.*, 2003), période critique pour le développement des foyers d'aleurodes en zone méridionale. L'impact serait considérable sur la phénologie de *Bemisia* (la 3<sup>e</sup> génération apparaît 4 semaines plus tôt) et sur la dynamique des infestations (effectifs multipliés par 100 ou par 1000) (Bonato *et al.*, non publié). Au cours des prochaines décennies, l'intensité des crises liées à *B. tabaci* devrait suivre l'augmentation de la fréquence des épisodes de canicule comparables à celle de 2003.

**Réglementation versus Stratégies.** Le modèle de PBI mis en avant en France dans un cadre de lutte obligatoire est basé sur le confinement prophylactique maximal, à l'opposé du modèle catalan fondé sur des stratégies bio-écologiques facilitant l'entrée des populations d'ennemis naturels issues de l'environnement proche des cultures de tomate de cycle court en serre et abris froids (lutte biologique par conservation) (Fargues *et al.*, 2004). En Espagne, en l'absence de contrainte réglementaire d'arrachage massif des plants, les producteurs catalans semblent contenir *pro parte* le développement du TYLC par des arrachages sélectifs des plants porteurs de symptômes de la maladie. L'étude comparative des deux systèmes de protection, confinement prophylactique ou dynamique écologique, permet de poser la question de la pertinence des choix en matière de gestion d'un risque



Influence du réchauffement climatique sur les populations de *Bemisia tabaci*. Les courbes en trait continu représentent les données observées, celles en trait pointillé, les données simulées. Pour les conditions climatiques de 2005, lorsque l'on introduit dans la serre d'un petit nombre d'adultes en semaine 17 (en jaune), on observe la 1<sup>re</sup> génération (G1) en semaine 23, la 2<sup>e</sup> (G2) en semaine 27 et le début de la 3<sup>e</sup> (G3) en semaine 30. Pour des conditions climatiques simulées (réchauffement moyen sur l'année de 2,2°C) les simulations nous présentent l'émergence de la G1 avec 2 semaines d'avance, celle de la G2 avec 3 semaines et enfin la G3 à un mois d'avance sur celle normalement observée. (Bonato, *et al.*, non publié)

phytosanitaire majeur pour l'ensemble de ses composantes agronomiques, épidémiologiques, socio-économiques, réglementaires et organisationnelles.

**Vers un projet décloisonné.** Le risque *Bemisia*-TYLCV dans la perspective du changement climatique s'impose comme une problématique de recherche et de développement, avec des enjeux scientifiques multiples et en prise directe avec des enjeux collectifs importants pour les acteurs socio-économiques, comme pour les autorités sanitaires. Il conduit à proposer un projet qui s'articule autour de questions relatives aux étapes de la dynamique d'une bioinvasion et des réponses à apporter en matière de gestion du risque à différentes échelles dans divers contextes agronomiques et socio-économiques.

(1) L'introduction du biotype Q de *B. tabaci* et du TYLCV en Roussillon ou en Provence se pose en terme de filières d'introduction (achats de plants issus de pépinières espagnoles, importation extra-européenne de tomates infestées) et en terme de routes d'invasion de l'insecte vecteur (dissémination anémophile). Après un état des lieux des bassins les plus sensibles (Roussillon) et des pratiques locales (au sens le plus large), des recherches de base en génétique des populations et des analyses *in situ* (enquêtes,

analyses SIG, etc.) vont permettre de remonter à l'origine ou aux origines des populations introduites. À partir des analyses épidémiologiques (modèles de dispersion à différentes échelles, etc.) des scénarios seront établis afin d'**élaborer des stratégies de gestion des filières d'introduction récurrentes**, sur la base de la réglementation française actuelle (éradication du TYLCV).

**(2)** L'acclimatation de *B. tabaci* et du TYLCV repose à la fois sur les potentialités intrinsèques des populations introduites (tolérance aux températures hivernales), et sur l'existence de sites d'hibernation favorables (chauffés ou tout au moins protégés, prophylaxie entre deux cycles culturels) avec présence de plantes-relais pour le vecteur ou de réservoirs pour le virus. Les modèles de développement en fonction de la température, les analyses des relations trophiques et les enquêtes sur le terrain permettront d'étayer l'hypothèse de **l'installation de *B. tabaci* et du TYLCV à titre exceptionnel (canicule de 2003) ou définitif (scénarios de réchauffement climatique)**.

**(3)** La dynamique de l'expansion spatiale des deux protagonistes relève de l'approche épidémiologique et démographique, à l'échelle de l'exploitation horticole, d'un groupe d'exploitations maraîchères et à l'échelle d'un bassin de production. Les modèles de dispersion et les modèles de dynamique vont fournir les simulations nécessaires à **l'élaboration de mesures de**

**gestion en matière de Protection Biologique et Intégrée** et en matière de gestion de l'environnement des serres, voire de gestion écologique (dans le contexte de la lutte biologique par conservation dans le bassin catalan espagnol). Cette approche démographique des pullulations prend en compte l'optimisation des méthodes de lutte biologique sur des bases prophylactiques (Roussillon) ou écologiques (Catalogne espagnole).

**(4)** Une réflexion critique sur les politiques à mettre en œuvre face aux risques phytosanitaires émergents dans la perspective du réchauffement du climat s'appuyant sur l'ensemble des partenaires (recherche, organisations professionnelles, chambres consulaires, institutions publiques et collectivités territoriales) est menée dans trois directions : (i) l'articulation entre les logiques de la protection des végétaux (gestion des risques phytosanitaires) et les logiques du marché ; (ii) l'évaluation des blocages de l'action collective dans les dispositifs de gestion du type de bioagresseurs invasifs et (iii) l'analyse économique des effets de la réglementation sur les stratégies de prévention des producteurs face au risque. Il s'agit de s'interroger avec l'ensemble des acteurs concernés sur la ou les solutions à apporter aux **crises phytosanitaires dans le contexte du développement durable de la production sous serre dans le bassin Rhône-Méditerranée**.

#### Pour en savoir plus :

Bonato, O., Fargues, J., Ridray, G. & Lurette, A. 2004. Analysis of spatio temporal distribution espeece of *Bemisia tabaci* and its predator *Macrolophus caliginosus* in protected tomato crops. In *2nd European Whitefly Symp. Abstract Compendium*, Cavtat, Croatia, 5-9th October 2004, 21.

Bonato, O., Lurette, A., Vidal, C. & Fargues, J. 2006. Modeling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype). *Physiological Entomology* (accepté, sous presse).

Boulard, T., Mermier, M., Fargues, J., Smits, N., Rougier, M. & Roy, J.C. 2002. Tomato leaf boundary layer climate: implications for micro-biological whitefly control in greenhouses. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110, 159-176.

Dalmon, A., Cailly, M., Bouyer, S., Arnold-Gaulhiac, M., Cailly, A. & Goarant, G. 2003. Emergence de virus transmis par aleurodes dans les cultures de tomate en France. *Actes Coll. Intern. Tomate sous abri : Protection intégrée, Production biologique*, 24-29.

Fargues, J., Bonato, O. & Albajes, R. 2004. Gestion du risque *Bemisia* en culture de tomate sous abri : les stratégies. *PHM-Revue horticole*, 461, 28-31.

Fargues, J., Jeannequin, B., Boulard, T & Bonato, O. 2005. Crises phytosanitaires et développement régional, cas emblématique du risque *Bemisia* pour la production de tomate sous abri en Languedoc-Roussillon. In *Intern. Symp. "Territoires et Enjeux du Développement Régional"*, Lyon, Inra Ed.

Fargues, J., Smits, N., Rougier, M., Boulard, T., Ridray, G., Lagier, J., Jeannequin, B., Fatnassi, H. & Mermier, M. 2005. Effect of Microclimate Heterogeneity and Ventilation System on Entomopathogenic Hyphomycete Infection of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera : Aleyrodidae) in Mediterranean Greenhouse Tomato. *Biological Control*, 32, 461-472.

Fanatssi, H., Boulard, T. & Tchamitchian, M. 2003. Etude sur les conséquences du changement global de climat sur la production de tomate sous serre dans la région d'Avignon. Comparaison des périodes 1960-1980 et 2070-2100. *Rapport AIP-Inra "Changement Climatique et Effet de Serre"*, 50p.

Lagier, J. 2002. Mise en œuvre de filets insect-proof en culture sous serre. Incidences sur le choix des matériaux de couverture et des systèmes d'aération. *Commission du Comité des Plastiques en Agriculture* (CPA) Perpignan, 10 et 11 avril 2002, 25-29.

Ridray, G. & Bonato, O. 2002. Influence de l'effeuillage des plants de tomate sous serre sur le développement de *Macrolophus caliginosus* en protection biologique et intégrée. *Annales AFPP, 6<sup>e</sup> Conférence Internationale sur Les Ravageurs en Agriculture*, Montpellier, 2, 525-532.

Trotin-Caudal, Y. & Capy, A. 2003. Protection intégrée de la tomate sous serre en France. In *Proc. Intern. Symp. on Greenhouse Tomato: Integrated Crop Protection and Organic Production*, Avignon, France, CTIFL, Paris, 208-212.