

*les dossiers*  
d'**AGROPOLIS**  
INTERNATIONAL

*Compétences de la communauté scientifique*



Lutte Biologique,  
biodiversité et écologie  
en protection des plantes

# AGROPOLIS INTERNATIONAL

agriculture • alimentation • environnement

*Agropolis International* associe les institutions de recherche et d'enseignement supérieur de Montpellier et du Languedoc-Roussillon, en partenariat avec les collectivités territoriales, des sociétés et entreprises régionales, en liaison avec des institutions internationales.

*Agropolis International* est un véritable espace international ouvert à tous les acteurs du développement économique et social dans les domaines de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

Agropolis est un campus international dédié aux sciences vertes. Il représente un potentiel de compétences scientifiques et techniques exceptionnel : plus de 2 200 cadres scientifiques dans plus de 110 unités de recherche à Montpellier et en Languedoc-Roussillon, dont 300 scientifiques à l'étranger répartis dans 60 pays.

La communauté scientifique Agropolis International est structurée en grands domaines thématiques correspondant aux grands enjeux scientifiques, technologiques et économiques du développement :

- Agronomie et filières de productions agricoles méditerranéennes et tropicales,
- Biotechnologie et technologie agroalimentaire,
- Biodiversité, ressources naturelles et écosystèmes,
- Eau, environnement et développement durable,
- Développement rural et sociétés,
- Génomique et biologie intégrative végétale et animale,
- Alimentation et santé,
- Qualité et sécurité alimentaire.

Lieu de capitalisation et de valorisation des savoirs, espace de formation et de transfert technologique, plate-forme d'accueil et d'échanges internationaux, la communauté scientifique Agropolis International développe des actions d'expertise collective et contribue à fournir des éléments scientifiques et techniques permettant l'élaboration et la mise en place de politiques de développement.

## Compétences de recherche de Montpellier et de la région Languedoc- Roussillon en lutte biologique, biodiversité et écologie en protection des plantes

L'activité scientifique des naturalistes et des biologistes s'est finalement traduite par une réelle prise de conscience des sociétés humaines vis-à-vis de l'environnement.

L'un des enjeux majeurs concerne la biodiversité qu'il est urgent d'analyser, de conserver, de rétablir, de valoriser, dans une approche de développement durable. Sur le plan agricole, le défi est d'étudier et de gérer la biodiversité dans les agrosystèmes et les paysages naturels et anthropisés.

Le développement de stratégies de lutte biologique, accompagné par l'écologie des organismes et l'étude de leur diversité, s'appuie aujourd'hui sur des outils performants impliquant des approches pluridisciplinaires :

- la compréhension du rôle de la biodiversité dans l'équilibre des agrosystèmes ;
- la mise en place de stratégies de lutte biologique utilisant toutes les ressources naturelles disponibles, de l'insecte au virus ;
- l'utilisation de bonnes pratiques agronomiques pour éviter toute épidémie de bioagresseurs ;
  - l'étude des contraintes physico-chimiques influençant le fonctionnement des organismes au sein des écosystèmes ;
- l'analyse du rôle des structures du paysage dans les dynamiques d'évolution des organismes vivants et de leurs interactions.

Au sein d'Agropolis International, près d'une cinquantaine de scientifiques sont impliqués directement dans la recherche sur la lutte biologique et plusieurs centaines sont impliqués indirectement ; ceci constitue le premier pôle français, et l'un des plus importants au niveau européen, œuvrant dans des champs d'application variés et complémentaires tels que ceux présentés dans les chapitres qui suivent.

# Lutte biologique, biodiversité et écologie en protection des plantes

## *Avant-propos*

Page 4

## *Caractériser la biodiversité dans les agro-écosystèmes*

Page 6

- *L'outil taxinomique  
au service de la lutte biologique*
- *Prise en compte des espèces envahissantes*
- *Aspects législatifs et réglementaires...*

Page 8

Page 12

Page 20

## *Comprendre et évaluer*

Page 22

### *la diversité et ses interactions*

- *Évaluation de la spécificité  
d'hôtes et des interactions*
- *Caractérisation de la diversité génétique*

Page 24

Page 26

## *Gérer les populations*

Page 32

- *L'approche lutte biologique classique...*
- *Compréhension du rôle majeur  
des interactions environnementales*
- *L'agroécologie, une autre vision  
de l'agriculture durable*

Page 34

Page 40

Page 44

## *Faire connaître*

Page 52

### *la culture scientifique et technique*

### *Thématiques couvertes*

Page 54

### *par les équipes de recherche*

## *Les formations à Agropolis International*

Page 55

## *Glossaire*

Page 56

## *Liste des abréviations*

Page 58

# Avant-propos

*Les populations d'espèces introduites dans des territoires en l'absence de leur cortège parasitaire d'origine peuvent parfois devenir des envahisseurs nuisibles aux écosystèmes et à la biodiversité.*

*La lutte biologique contre les espèces envahissantes, exotiques ou non, couvre une multitude d'approches construites autour de stratégies de gestion écologique et biotechnologique.*

*Historiquement, la lutte biologique est une technique de rééquilibrage écologique dont le but est d'introduire des ennemis naturels ou antagonistes (agents de lutte biologique) afin de faire échec aux espèces invasives indésirables. Récemment se sont développées des stratégies de gestion des systèmes de culture qui favorisent les populations d'auxiliaires.*

**L**a lutte biologique contre les espèces envahissantes est communément divisée en plusieurs branches dont les principales sont : la lutte biologique classique et la lutte biologique inondative.

*La lutte biologique classique* correspond à l'utilisation d'auxiliaires spécifiques contre une espèce envahissante exotique considérée comme une cible à contrôler (plante, insecte, acarien, nématode, etc.) dans l'aire d'origine où ils ont coévolué. Ces auxiliaires sont évalués pour leur degré de spécificité vis-à-vis de la cible afin de réduire les risques non intentionnels de dérive vers d'autres espèces ayant une valeur écologique ou commerciale (espèces protégées ou indigènes, espèces cultivées). Après leur évaluation, ces antagonistes sont ensuite relâchés au sein des populations de l'envahisseur. L'efficacité d'action dépendra de la capacité des auxiliaires à envahir naturellement le milieu et à contrôler les populations sur le long terme. La lutte biologique classique s'utilise principalement contre les espèces envahissantes bien établies dans le milieu. Bien que coûteuse et lente dans sa phase d'installation, elle permet une gestion permanente et respectueuse de l'environnement.

*La lutte biologique inondative* est proche de la lutte biologique classique mais implique une approche répétitive du processus. Elle utilise des antagonistes élevés en masse ou développés commercialement et des agents de lutte biologique ou biopesticides, qui ne sont pas persistants dans l'écosystème, ceci afin de réduire la pullulation de la cible sur le court terme. L'utilisation d'auxiliaires indigènes ou cosmopolites a permis à la lutte biologique inondative de se développer dans les 30 dernières années sur des cibles indigènes au champ ou sous serre. Ainsi, plus de 150 biopesticides ont été commercialisés contre des insectes, des phytopathogènes ou des mauvaises herbes. Ils sont formulés à partir d'organismes vivants tels que les champignons (mycoherbicides),

les bactéries (*Bacillus thuringiensis*, Bt), les virus ou les nématodes. Le terme "biopesticide" s'applique également aux produits "naturels" issus de principes actifs (composés secondaires végétaux, toxines allélochimiques et naturelles).

*La lutte biologique inoculative* relève d'une approche plus "classique". Des auxiliaires indigènes sont relâchés pour contrôler les pullulations des ravageurs indigènes sur le court terme. Cette stratégie vise parfois à utiliser les auxiliaires pour anticiper l'infection ou l'occurrence de la cible sur une plante cultivée.

*La lutte biologique par conservation* s'est récemment développée avec la mise en place de gestions de systèmes en protection des cultures. Cela consiste à améliorer la cible dans sa capacité à réagir contre son agresseur (par manipulation du sol, du microclimat ou du mutualisme) ou encourager, ou encore protéger les populations d'auxiliaires déjà présentes dans l'agrosystème (par des zones refuges telles que bandes enherbées ou haies de bordure). Ces récents développements ont intégré des concepts d'évolution, d'écologie des interactions plante-ravageur-antagoniste au sein même du concept de lutte biologique. De plus, les technologies moléculaires étendent et diversifient la définition de la lutte biologique en intégrant des concepts de phylogéographie et de traçage des processus de bio-invasion. Désormais toute manipulation génétique ou d'amélioration du végétal, de l'antagoniste ou du mutualiste, vise à améliorer la gestion des ravageurs (notamment des organismes génétiquement modifiés). Ceci amène la lutte biologique à jouer un rôle clé dans la gestion des ravageurs à l'échelle du globe, alors même que les objectifs gouvernementaux et la tendance exprimée par l'opinion publique vont vers une diminution de l'usage des produits agro-pharmaceutiques dans l'environnement.

**Andy Sheppard  
(C.I.L.B.A.)**



*Podagrion pachymerum* (Walker)  
(Hymenoptera, Torymidae),  
une femelle en ponte  
sur une oothèque



*Colonie de  
pucerons  
sur une centaurée  
(Centaurea  
maculosa)*

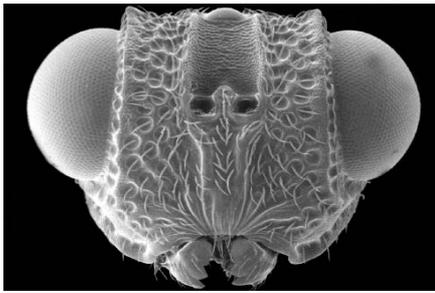


© R. Sforza

# Caractériser la biodiversité *dans les agro-écosystèmes*

▲ *Morcellement  
du paysage associant  
haies et bordures à forte  
diversité végétale en  
Languedoc - Roussillon*

Identifier par un nom de genre, d'espèce, un organisme végétal ou animal récolté dans un pays lointain, ou même en France, peut relever très vite de la mission impossible. En lutte biologique, identifier les objets d'étude est une étape indispensable à la réussite des programmes scientifiques. Ceci requiert des compétences taxinomiques importantes et précieuses, de moins en moins disponibles dans les universités et instituts de recherche mondiaux. La communauté scientifique d'Agropolis International présente l'atout majeur de posséder ces compétences pour une large gamme d'organismes du fait des recherches pointues et appliquées en taxonomie qui y sont conduites. Ces compétences permettent de doter le pôle Montpelliérain des bases fondamentales pour mener à bien des études en lutte biologique, par l'identification précise des bioagresseurs et de leurs cortèges parasitaires, le tout en considérant le cadre réglementaire régional, national, communautaire et mondial.



© G. Delvare

## L'outil taxinomique au service de la lutte biologique

**p. 8**



© R. Sforza

## Prise en compte des espèces envahissantes

**p. 12**



© D. Coutinot

## Aspects législatifs et réglementaires : organismes nuisibles, agrément et quarantaine

**p. 20**

La caractérisation de la biodiversité dans le cadre de la lutte biologique a pour but de définir précisément le complexe bioagresseur-auxiliaire. Ce dernier peut avoir une organisation simple à deux espèces ou correspondre à un schéma multi-espèces, en particulier d'auxiliaires pouvant interagir les uns avec les autres. La notion de bioagresseur est un vocable très général qui concerne des espèces indigènes ou exotiques dont le dénominateur commun est la nuisibilité déclarée vis-à-vis d'un agro-écosystème donné. Les espèces envahissantes exotiques, dites aussi invasives, sont un sujet de recherche majeur pour les chercheurs en lutte biologique de la communauté Agropolis International.

Dans toutes les régions du globe, avec l'intensification des échanges commerciaux, notamment des transports maritimes et aériens, le nombre annuel d'espèces exogènes introduites ne cesse de s'accroître. Ces introductions souvent accidentelles (tourisme, guerres, commerce de semences et de plantes) peuvent entraîner de sérieux dégâts en milieux anthropisés ou naturels. On parlera alors d'invasion biologique, caractérisant une espèce dont l'aire de répartition s'accroît durablement. Avec la dégradation des milieux, les invasions biologiques constituent une des raisons des extinctions récentes d'espèces et de la baisse de la biodiversité.

Les recherches en lutte biologique passent par différentes étapes coordonnées et cadrées dont la première est l'identification du bioagresseur cible ainsi que de son aire d'origine : recherche bibliographique, visite d'herbiers et de collections d'insectes, consultation de flores, contacts avec des botanistes, des entomologistes, des acarologistes, des nématologistes des pays concernés sont nécessaires. Cette première étape fait donc appel à la systématique classique mais une approche plus moderne caractérisant la signature génétique de chaque individu étudié est également en chantier : le « *Barcoding* ».

La deuxième phase de recherche est une étape de terrain afin de rechercher la cible dans son biotope naturel ainsi que la faune (insectes, acariens, etc.) et les agents pathogènes auxiliaires qui peuvent y être associés (bactéries, virus, champignons). Une nouvelle fois, les compétences en systématique doivent être mobilisées. En parallèle, de nombreuses composantes écologiques sont notées (impact de l'auxiliaire, nature du sol, association végétale, etc.) afin de mieux comprendre le complexe plante cible-ennemis naturels ou insecte cible-parasitoïdes/prédateurs. Chaque programme de recherche fait l'objet de demandes d'autorisations officielles de prélèvement dans le milieu naturel aussi bien dans le pays étranger visité que sur le territoire français, si cela le nécessite (espèce protégée, espèce réglementée). Au final, les auxiliaires sont rapportés au laboratoire puis élevés soit dans des serres traditionnelles si le matériel est d'origine française, soit dans une serre de quarantaine s'il est d'origine étrangère. Ce transport de matériel d'un point du globe vers un autre est soumis à un cadre réglementaire et législatif que chaque scientifique de la communauté se doit de respecter.

Après cette phase d'élevage qui permet en outre d'obtenir des souches saines (sans parasites ni pathogènes), des études concernant la biologie du matériel d'étude peuvent être réalisées avec l'objectif final de sélectionner l'auxiliaire le plus efficace, le plus spécifique, le plus dispersant et le plus adapté au climat du lieu d'introduction.

**René Sforza (EBCL)  
et Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro)**

# L'outil taxinomique *au service de la lutte biologique*

*L'intensification des échanges internationaux entraîne inévitablement l'introduction de nouvelles espèces. Les équipes de systématique ont un rôle essentiel dans les programmes de biovigilance.*

*Le systématicien intervient en amont des programmes de lutte biologique pour déterminer les bioagresseurs et leurs auxiliaires potentiellement utilisables mais aussi en aval, au niveau du contrôle de leur qualité, pour s'assurer de leur identité. Les changements climatiques actuels et à venir induisent un déplacement des populations. Des espèces tropicales vectrices de maladies vont s'établir dans le bassin méditerranéen.*

*Par ailleurs, on peut prévoir l'émergence de nouveaux ravageurs autochtones trouvant de nouvelles conditions favorables à leur développement. Enfin, une pression accrue des bioagresseurs est prévisible suite aux restrictions imposées à l'utilisation des molécules chimiques. L'étude des complexes d'auxiliaires associés redevient donc d'actualité.*

## **La systématique à Agropolis International**

Le séquençage de l'ADN, la morphométrie, la caryologie autorisent maintenant une discrimination très fine qui a révélé l'existence de complexes d'espèces ou de populations dont les caractéristiques biologiques peuvent être fort différentes. La systématique est la science de la classification des êtres vivants. Les classifications actuelles reposent sur le critère d'ascendance commune et sont établies à partir d'études phylogénétiques. La phylogénie permet aussi de mieux comprendre l'histoire évolutive des taxons et les interactions entre organismes (coévolution parasites-hôtes par exemple).

Les équipes de systématique présentes sur le campus d'Agropolis International ont pour mission d'identifier les organismes impliqués dans la protection des plantes, notamment dans les projets de lutte biologique. Elles apportent un appui aux agents de la recherche et du développement en matière de systématique et d'identification. Elles mettent au point des outils de diagnostic. Elles développent une interface illustrée (base de données) sur les ravageurs des cultures (organismes de quarantaine et principaux ravageurs). Elles mettent en place une base de données moléculaires (projet « *Barcoding* », voir encadré p.11) sur les ravageurs des cultures, les insectes d'intérêt médical et les organismes ayant un intérêt en conservation. Elles réalisent des études phylogénétiques, soit pour asseoir les classifications, soit pour comprendre l'histoire évolutive des populations ou encore les replacer au sein des interactions entre organismes.

Les modèles biologiques développés comprennent donc des ravageurs (rongeurs, nématodes, acariens, insectes), des auxiliaires prédateurs (phytoséides, chrysopes, hyphomycètes, bactéries) ou parasitoïdes (hyménoptères chalcidiens), des pollinisateurs (abeille domestique), des insectes d'importance médicale (diptères Culicidae) et des bio-indicateurs (névroptères).

Les résultats sont rendus accessibles à travers des publications et des documents pédagogiques spécifiques\*.

## **Des systématiciens et bioinformaticiens au CBGP**

Les recherches menées sur la thématique « systématique et phylogénie » du Centre de Biologie et de Gestion des Populations (CBGP, UMR 1062 Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD) sont de deux types : recherches strictement taxonomiques (révisions, description et caractérisation des espèces, production de clés d'identification, développement d'outils d'identification, élaboration et maintien des collections) qui impliquent le développement d'une base de données systématique commune ; recherches plus fondamentales abordant la phylogénie morphologique, cytogénétique et/ou moléculaire de groupes d'espèces et de taxons de rang supraspécifique, la phylogéographie et la cophylogéographie d'espèces étudiées par ailleurs dans des projets du CBGP ou d'espèces en danger afin d'identifier les zones d'originalité génétique et d'optimiser la gestion de ces entités et l'analyse de l'interface espèce/population, à la limite entre taxonomie et génétique des populations.

\* Texte rédigé par Gérard Delvare (Cirad), [delvare@cirad.fr](mailto:delvare@cirad.fr)



© R. Sforza

*Capture d'ennemis naturels, principalement des insectes, sur l'euphorbe ésole en Val de Saône*

Les principaux objectifs de cette équipe portent sur des modèles biologiques (arthropodes, nématodes, vertébrés), généralement des prédateurs, des auxiliaires de cultures, ou des vecteurs de maladies humaines :

- différencier les entités spécifiques à des fins de gestion (lutte, conservation, etc.), clarifier leur statut taxonomique et, si besoin est, décrire les entités nouvelles ;
- développer des outils rapides et performants d'identification (morphologiques, cytogénétiques et/ou moléculaires - PCR, SCAR, bases de données type *Barcoding*, etc.) pour caractériser la biodiversité et fournir des critères de diagnose et des outils de détection et d'identification ;
- proposer des classifications reflétant les relations historiques des taxons étudiés en intégrant l'analyse phylogénétique et l'étude des phénomènes écologiques ;
- comprendre les mécanismes évolutifs à l'origine de la diversification des taxons ;
- contribuer aux objectifs de gestion de ces organismes ou de ces communautés en fournissant des connaissances relatives à leurs caractéristiques évolutives, biologiques et écologiques.

L'identification précise des objets de recherche est une condition *sine*

*qua non* de la validité des résultats scientifiques. De plus, la caractérisation fine des espèces étudiées, qui forment souvent des complexes d'espèces aux biologies contrastées, a un impact fort sur les modes et les coûts de gestion de la diversité biologique, qu'elle soit représentée par des bioagresseurs phytophages, des vecteurs de maladies humaines ou des espèces patrimoniales que cette équipe tente de préserver.

Plusieurs plates-formes techniques sont développées par le CBGP :

- Une plate-forme « Collection » incluant environ 2 millions de spécimens,
- Une plate-forme « Microscope électronique à balayage »,
- Une plate-forme « Biologie moléculaire » partagée avec les autres équipes de l'UMR,
- Une plate-forme « Documentation technique ».

L'équipe « Écologie animale et zoologie agricole » du CBGP développe quant à elle quatre axes de recherche fortement liés : (1) Diagnostic, Identification, Taxonomie ; (2) Phylogénie moléculaire et morphologique ; (3) Biodiversité, faunistique, inventaires ; (4) Protection intégrée des cultures.

L'axe 1 s'intéresse à un ou divers groupes d'insectes ou d'acariens. Des activités de diagnostic, des identifications et des études

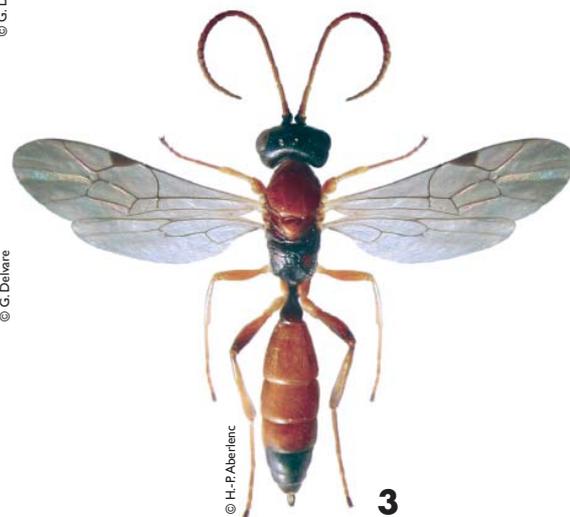
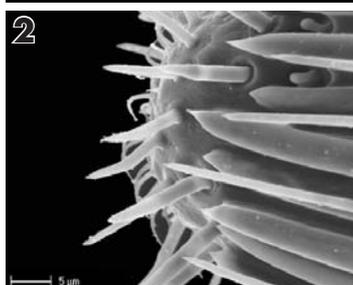
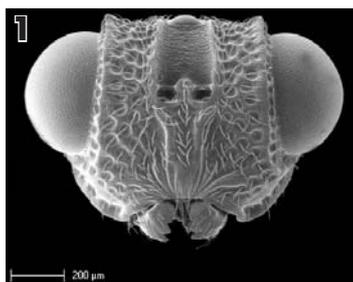
taxonomiques sont menées pour des besoins de la recherche et de la profession. Sont surtout concernés les organismes d'importance agronomique, environnementale ou patrimoniale. Ces activités permettent de révéler les problèmes phytosanitaires émergents (ravageurs nouveaux, autochtones ou introduits), d'assurer une veille phytosanitaire et une surveillance biologique du territoire, de révéler des problèmes de caractérisation d'espèces et de développer de nouveaux outils d'identification, d'élaborer des catalogues, d'alimenter des bases de données,... L'unité dispose de collections importantes d'insectes et d'acariens et d'une riche bibliographie spécialisée, unique en France dans le domaine de l'entomologie appliquée. Elle bénéficie en outre de l'apport des méthodes et techniques issues de la biologie moléculaire avec un accès facilité à la plate-forme « Biologie moléculaire » du CBGP.

L'axe 2 porte sur la détermination des relations évolutives et historiques entre différents taxa, à différents niveaux d'investigation. La compréhension de ces relations a pour objectif la proposition de nouvelles classifications et la discussion des anciennes. Ces recherches portent à l'heure actuelle sur trois groupes d'arthropodes d'importance économique, pour ...

**1. Aximopsis sp. (Hymenoptera, Eurytomidae) :** tête en vue frontale ; photo prise au microscope électronique à balayage, grossissement 70

**2. Eurytoma sp. (Hymenoptera, Eurytomidae) :** détail de l'ultrastructure de l'extrémité de l'antenne ; photo prise au microscope électronique à balayage, grossissement 5000

**3. Diadromus collaris (Gravenhorst) (Hymenoptera, Ichneumonidae) :** parasitoïde de la teigne du chou ; habitus d'une femelle



## Les principales équipes

### UMR 1062

**CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
bourguet@supagro.inra.fr

#### Thématique « Systématique-Taxonomie, Phylogénie-Phylogéographie »

Chercheurs impliqués : Denis Bourguet (Inra), Gérard Delvare (Cirad), Mireille Fargette (IRD), Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro), Laurent Granjon (Muséum National d'Histoire Naturelle, détaché IRD), Armelle Cœur-d'Acier (Inra), Bruno Michel (Cirad), Franck Dorkfeld (Inra), Johan Michaux (FNRS) Gauthier Dobigny (IRD), Serge Morand (IRD), Sylvie Manguin (IRD), Jean-Pierre Quéré (Inra), Maria Navajas (Inra), Alain Migeon (Inra)

#### Équipe «Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »

Enseignants-chercheurs impliqués : Serge Kreiter (Montpellier SupAgro), Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro), Michel Martinez (Inra), Jean-François Germain (LNPV), Philippe Reynaud (LNPV), Jean-Claude Streito (LNPV)

## Autres équipes concernées par ce thème

### UMR 1062

**CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
bourguet@supagro.inra.fr

#### Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »

Chercheurs impliqués : Maria Navajas (Inra), Alain Migeon (Inra)

**USDA-ARS, EBCL, Laboratoire Européen de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
ebcl@ars-ebcl.org

#### Équipe « Lutte biologique contre les bio-invasions »

Chercheurs impliqués : Walker Jones, René Sforza, Brian Rector, William Meikle, Dominique Coutinot, Franck Hérard

### CSIRO,

**Laboratoire européen Équipe « Lutte biologique contre les bio-invasions »**  
Directeurs et chercheurs impliqués : Andy Sheppard (1<sup>er</sup> semestre 2006), andy.sheppard@csiro.au

Mic Julien (2<sup>ème</sup> semestre 2006), mic.julien@csiro.au

## Le Complexe International de Lutte Biologique Agropolis (C.I.L.B.A.)



Le C.I.L.B.A., créé en 1989, est inséré dans la communauté d'Agropolis International et a pour vocation d'organiser l'échange d'informations entre ses membres (Inra, Montpellier SupAgro, CNRS-CEFE, Cirad, IRD, Universités Montpellier 2 et 3, CSIRO, EBCL USDA/ARS et SRPV) et de développer des actions communes de recherche dans le domaine de la lutte biologique aux plans régional, national et international.

Le C.I.L.B.A. fédère une cinquantaine de chercheurs, ingénieurs et enseignants des établissements membres d'Agropolis International se consacrant, à des niveaux divers, à des études sur les mécanismes et les procédés de régulation des populations d'organismes nuisibles, par des mesures de lutte d'origine biologique, aussi bien dans les domaines de la Protection Biologique Intégrée des cultures que dans celui de la protection de la santé et de l'environnement.

La démarche est d'utiliser les ennemis naturels des espèces nuisibles (insectes, mauvaises herbes, agents pathogènes, etc.) pour prévenir ou limiter les dégâts et l'incidence économique. Les membres du C.I.L.B.A. échangent leur expertise, leurs technologies et leur savoir-faire dans de nombreux secteurs disciplinaires ou thématiques des recherches fondamentale et appliquée : taxonomie, biologie moléculaire, lutte biologique, écologie des espèces envahissantes, dynamique et modélisation des populations, épidémiologie microbienne, recherche, sélection et multiplication d'ennemis naturels adéquats et élaboration de programmes de prévention et de protection définis sur une base internationale.

Les travaux conduits dans le cadre du C.I.L.B.A. visent à :

- développer des méthodes efficaces pour réduire les pertes et préserver les ressources ;
- étudier les moyens de diminuer le recours aux intrants non renouvelables ;
- améliorer la stratégie de la Protection Biologique Intégrée contre les nuisibles ;
- participer au développement durable et respectueux de l'environnement des agro et écosystèmes ;
- organiser des formations et des journées d'information scientifique sur un thème précis ;
- animer des groupes de réflexion comme, par exemple, le Groupe Informel du Confiné qui conseille différents organismes sur les conditions de confinement et de sécurité.

**Contacts : Andy Sheppard et Régis Goebel, goebel@cirad.fr**

Liste complète des publications disponible sur : [www.cibaagropolis.fr](http://www.cibaagropolis.fr)

lesquels l'équipe a des compétences taxonomiques reconnues, Acariens Phytoseiidae, Diptères (*sensu lato*) et plus particulièrement Agromyzidae, Hémiptères Psylloidea.

L'axe 3 concerne l'identification des arthropodes prélevés en milieu naturel ou anthropisé en vue d'évaluer la biodiversité du lieu (recherches biocénétiques, inventaires), en France mais aussi à l'étranger.

L'axe 4 doit contribuer à une meilleure connaissance scientifique et technique, indispensable dans la mise en œuvre de la protection intégrée des cultures, grâce à l'étude écotoxicologique de l'action des produits phytosanitaires sur les acariens phytophages et

prédateurs et au contrôle biologique. Cette équipe collabore et travaille avec un réseau très important de collaborateurs en France et à l'étranger : tous les Services de la Protection des Végétaux, les instituts techniques (ACTA, ITV, CTIFL), plusieurs CETA (Collège d'Enseignement Technique Agricole), des Chambres d'Agriculture et les firmes phytosanitaires européennes. L'équipe participe également aux activités du C.I.L.B.A. (Complexe International de Lutte Biologique Agropolis, voir encadré ci-contre) et collabore avec ses membres. Elle entretient des relations avec un important réseau d'entomologistes français ou étrangers, amateurs ou professionnels.

### **Le projet CIREs :** Centre inter-organisme de recherche et d'expertise en systématique

Il va également être créé prochainement un pôle d'excellence en systématique et diagnostic (CIREs : Centre inter-organismes de recherche et d'expertise en systématique) intégré au CBGP, sur le campus de Baillarguet regroupant les compétences en taxinomie des différents acteurs au niveau national (Inra, IRD, Cirad, Montpellier SupAgro., Museum National d'Histoire Naturelle et Laboratoire national de protection des végétaux). Ce centre devrait être opérationnel au cours de l'année 2007. ■

## Barcoding : évolution ou révolution du diagnostic?

Une nouvelle approche de l'identification taxinomique des organismes eucaryotes, basée sur le pouvoir diagnostique de petits fragments du génome (essentiellement le gène mitochondrial COI), a été récemment mise en avant. Cette méthode d'identification assistée par des marqueurs moléculaires est connue sous le nom de « *Barcoding* » ou « code barre ». Elle utilise le réseau Internet comme lien avec « l'identificateur ». L'approche globale est basée sur la recherche de l'homologie des séquences, sur le calcul d'une distance génétique ou sur l'assignation à un groupe de séquences préalablement définies comme représentatives de la variabilité infraspécifique d'une espèce.

Les premiers résultats montrant la pertinence de l'identification, sa rapidité et son faible coût incitent à penser que ce type d'outil, bien que controversé, sera d'ici 10 ans accessible à la quasi-totalité des acteurs de l'agriculture, de la santé, voire de la préservation de la biodiversité. Néanmoins, il semble possible de perfectionner la méthode pour la rendre plus fiable. Plusieurs arguments plaident en faveur de l'utilisation des caractères moléculaires pour l'identification taxinomique :

1. les erreurs liées à la variabilité phénotypique sont éliminées (relative fiabilité des séquenceurs) ;
2. identification fiable de tous les stades de développement (œufs, larves, etc.) ;
3. détection des espèces cryptiques (morphologiquement peu différenciées) ;
4. unicité de la méthodologie moléculaire alors que l'identification morphologique requiert des clés complexes différentes pour tous les groupes taxinomiques ;
5. pas de formation à la maîtrise des terminologies morphologiques variant selon les taxa et les stades de développement et qui nécessite une longue expérience ;
6. possibilité d'évaluer la qualité, voire la probabilité d'erreur sur l'identification ;
7. validation de l'approche *Barcoding* sur un grand nombre de taxa de groupes phylogénétiques distincts.

L'identification moléculaire, régulièrement utilisée pour les procaryotes, démontre son efficacité dans l'identification de taxa à taxonomie difficile. Il est cependant obligatoire de lier l'acquisition des séquences de référence à une expertise taxinomique de qualité. En effet, l'identification moléculaire ne peut se libérer de la nomenclature qui est, par ailleurs, un élément déterminant de la législation (organismes de quarantaine, espèces protégées, etc.). Il est aussi indispensable, pour assurer une certaine traçabilité des données, de conserver des spécimens de référence et de stocker dans la base de données l'ensemble des informations

accumulées sur le spécimen récolté et séquencé. Les méthodes moléculaires permettent aujourd'hui de séquencer un organisme de petite taille sans le détruire et de pouvoir conserver en collection le spécimen séquencé. Ces précautions sont d'autant plus importantes que le « *Barcoding* » peut être, à cette condition, un outil particulièrement performant pour détecter rapidement de nouvelles introductions de ravageurs des cultures ou de vecteurs de maladies et d'en limiter ainsi les impacts.

L'utilisateur soumettra une ou plusieurs séquences ADN via l'accès Internet d'une base de données et recevra en échange une identification d'espèce. Cet utilisateur pourra acquérir une séquence d'un bioagresseur en envoyant cet organisme à une société de séquençage qui suivra un protocole standard téléchargeable sur le site Internet de l'outil *Barcoding*. La séquence ainsi obtenue sera alors soumise à la base de données via un fenêtrage Internet, puis analysée :

1. la qualité de cette séquence sera estimée par vérification de l'absence ou de la présence de codon stop, de l'absence de mutation sur les sites hautement conservés et par dénombrement des nucléotides ambigus.
2. la séquence soumise sera comparée aux séquences présentes dans la base de données ;
3. l'utilisateur recevra alors le nom du taxon le plus proche présent dans la base, précisant la fiabilité de cette identification qui est fonction de la divergence avec la séquence la plus proche. Une fiche incluant les synonymes, l'écologie, la répartition, des références bibliographiques, voire des préconisations de lutte sera donnée.

Si la séquence soumise n'est pas présente dans la base ou si elle correspond à des séquences d'espèces allochtones non reportées de France, il sera alors possible de demander le bioagresseur séquencé pour études complémentaires. Cette démarche utilisateur permet aussi d'implémenter l'information contenue dans la base et de rendre cette dernière plus pertinente en augmentant l'échantillonnage de la variabilité infraspécifique. Ainsi, la taille du dispositif de vigilance est augmentée et sa maille réduite, facilitant la détection fiabilisée des « bio-envahisseurs ».

Les chercheurs systématiseurs et bio-informaticiens du CBGP et du futur CIREs sont actuellement fortement impliqués dans la construction d'une telle base de données sur les ravageurs et auxiliaires des cultures (insectes, acariens, nématodes) et sur les vecteurs de maladies humaines.

Contact : Jean-Yves Rasplus, [rasplus@supagro.inra.fr](mailto:rasplus@supagro.inra.fr)

# Prise en compte *des espèces envahissantes*

*La prise en compte des invasions biologiques est indispensable dans un contexte de mondialisation, notamment des échanges internationaux. En effet, l'introduction d'espèces exogènes invasives, qu'elle soit accidentelle ou non, peut entraîner de sérieux dégâts dans tous types de milieux, voire même une baisse de la biodiversité. Connaître les origines géographiques, le chemin pris par ces espèces invasives ainsi que les processus d'invasion nécessite des approches pluridisciplinaires et donc la mise en commun de compétences scientifiques diversifiées.*

## **Les invasions biologiques : étude des processus et conséquences**

Un des thèmes développés par l'équipe « Écologie des populations et activités humaines » du département « Dynamique des Systèmes Écologiques » du CEFE (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, UMR 5175 CNRS, UM1, UM2, UM3, Montpellier SupAgro, Cirad) s'intéresse aux invasions biologiques (processus et conséquences) qui posent un problème majeur pour la restauration des écosystèmes dégradés, contribuent à la banalisation des flores et des faunes à travers le monde et pourraient menacer la viabilité des populations autochtones. Les introductions d'espèces exotiques se caractérisent par la création de situations nouvelles et complexes.

Prévoir la réponse des communautés et des populations autochtones à ces perturbations nécessite des études précises sur les mécanismes régulant la dynamique des populations, les interactions entre espèces et la structure des communautés.

Les travaux sont alors ciblés sur trois questions :

1. quel est l'impact à long terme des espèces envahissantes sur les successions naturelles et les interactions entre espèces ?
2. quelles sont les conséquences écologiques des invasions pour la structure et la dynamique des communautés insulaires ?
3. quels sont les traits biologiques et/ou les processus écologiques qui déclenchent les phénomènes invasifs ?

## **Un laboratoire USDA en France pour lutter contre les bioinvasions aux États-Unis...**

Situé sur le campus de Baillarguet, au Nord de Montpellier, l'*European Biological Control Laboratory* (EBCL), Laboratoire Européen de Lutte Biologique, est le plus important laboratoire de recherche et le seul construit en dehors du territoire nord-américain par le ministère de l'Agriculture américain (USDA) ; il dépend du Service de Recherche en Agriculture (ARS). Aux États-Unis, de nombreux bioagresseurs introduits sans leurs ennemis naturels sont d'origine eurasienne, ce qui a conduit à l'implantation du premier laboratoire USDA en France, en 1919, à Auch. La thématique générale concerne depuis son origine la lutte biologique classique contre les bio-invasions sur le territoire nord américain, comprenant des disciplines naturalistes telles que l'entomologie, la botanique, l'acarologie et l'écologie. Les missions scientifiques de l'EBCL portent sur la découverte, à travers le monde, de ces ennemis naturels en association avec les bioagresseurs cibles, leur caractérisation, l'étude de leur biologie et s'intéressent aux composantes du processus invasif des bio-invasions. Epaulée par trois équipes communes de génétique moléculaire, pathologie des insectes et pathologie végétale, les unités *weeds* et *insect pests* sont représentées par une vingtaine d'employés, tous corps confondus, ainsi que de nombreux étudiants au sein d'un laboratoire multinational et pluridisciplinaire. ...



*L'arbre du paradis (Ailanthus altissima) va-t-il nous emmener en enfer ? Un arbre hautement envahissant en Eurasie*

*Inflorescence de l'ambroisie*

## Invasion, agriculture et santé publique : le cas de l'ambroisie

*Ambrosia artemisiifolia* L. est une astéracée annuelle monoïque anémogame originaire d'Amérique du Nord. Elle est « commune » sous toutes les latitudes tempérées du monde. Elle aurait été introduite accidentellement en France à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Elle se répand depuis quelques années dans plusieurs régions de France (vallées du Rhône et de la Saône) et tend aujourd'hui à se retrouver dans la France entière. Sa progression rapide à travers l'Europe et la France pose de plus en plus de problèmes du fait de son pollen très allergène.

Cette espèce allochtone domine souvent dans les communautés pionnières qui se développent sur les terres agricoles abandonnées, en bords de routes, terrains vagues et autres habitats dégradés. En France, on la retrouve au milieu des cultures, principalement le long des voies de communication et dans les lits de rivières. L'ambroisie est en train de devenir un véritable « fléau », tant pour l'agriculteur dont elle diminue les rendements des cultures (tournesol, pois, soja, maïs, sorgho) que pour les individus du fait du haut pouvoir allergisant de son pollen. Mais le monde agricole propose des solutions de gestion et de lutte contre l'ambroisie : lutte intégrée dans la rotation des parcelles, et des techniques complémentaires ou alternatives au désherbage chimique : binage, désherbage, utilisation de herbes étrillées, implantation d'un couvert végétal dense, fauchage,...

Le pollen de l'ambroisie, hautement allergène et allergisant, a été classé « polluant biologique » suite au Plan Régional sur la Qualité de l'Air (Rhône-Alpes). Le pollen est produit en grande quantité à partir de la mi-juillet. Les chiffres concernant la production de pollen par pied (3 trillions) et le seuil du risque allergique (5 grains/m<sup>3</sup>) sont controversés. Selon les chiffres communément avancés, 6 à 12% (Source : rapport épidémiologique, CAREPS, 2000) de la population Rhône-alpine est allergique, en fonction de la zone géographique d'exposition. La fourchette de prévalence est de 3 à 20% suivant la méthodologie et la zone étudiée. Les symptômes de cette pollinose sont : rhinite, conjonctivite, dermatite, urticaire, eczéma... En 2004, l'impact financier du traitement de l'allergie à l'ambroisie (Source URCAM) en Rhône-Alpes a été de 1,2 millions d'Euros et en 2003, la campagne « Ambroisie » (campagne d'arrachage, distribution de plaquettes informatives, numéro vert,...) a coûté 268 200 Euros dans le seul département du Rhône.

Ainsi, l'ambroisie pose un problème socio-économique autour duquel travaillent de nombreuses institutions : Association Française d'Étude Des Ambrosies, Direction Régionale de l'Environnement, Service des Techniques Routières et Autoroutières et les collectivités territoriales. Un réseau de surveillance aérobiologique existe et renseigne la population quant aux périodes à risques ([www.rnsa.fr](http://www.rnsa.fr)).

Des arrêtés préfectoraux, de type « Jachère Ambroisie » ou « Spécial Ambroisie », selon l'institution demandeuse (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt ou Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales), stipulent que les citoyens sont tenus de « prévenir la pousse de plants d'ambroisie, de nettoyer et entretenir tous les espaces où poussent les ambrosies » et que sur les « parcelles agricoles en culture, la destruction de l'ambroisie devra être réalisée par l'exploitant ». Par ailleurs, l'obligation de lutte est imposée aux gestionnaires des domaines publics de l'État et des collectivités territoriales ainsi qu'aux exploitants d'ouvrage (voies de communication, chantiers de travaux) - (Source : arrêté « Spécial ambroisie », Isère).

Malgré cette prise de conscience, le contrôle de cette espèce ne pourra se réaliser concrètement que si (1) un effort est fait pour mieux connaître la biologie, l'écologie et la démographie de cette espèce introduite et devenue envahissante et si (2) une action de gestion, de lutte (collective) concertée et coordonnée est mise en place. Il faut agir en fonction de la gravité du problème via des actions de prévention (des particuliers mais aussi des personnels agents techniques) et des luttes préventives ou curatives suivant le degré d'infestation.

À la croisée des politiques sectorielles et des enjeux privés, le développement de l'ambroisie relève à l'évidence d'un problème politique et économique. La mise en place d'un organe indépendant et/ou d'une structure interministérielle de « bonne volonté » permettrait de mettre en place une politique coordonnée d'étude et de gestion de cette invasion biologique de première importance.

**Contacts : Arnaud Martin et Cindy Adolphe,**  
[arnaud.martin@cefe.cnrs.fr](mailto:arnaud.martin@cefe.cnrs.fr)

# Faisabilité d'une lutte biologique contre une plante exotique préjudiciable à la santé publique : l'ambroisie



© M. Volkovitch

▲ *Adulte de Zygotogramma suturalis relâché sur l'Ambroisie en Russie*

► *Larve de Zygotogramma suturalis*



© M. Volkovitch

Nombre d'agents potentiels de lutte biologique (champignons, rouilles, insectes phytophages) exercent une pression sur l'ambroisie dans son milieu d'origine, en Amérique du Nord. Certains organismes sont déjà utilisés dans le cadre d'une lutte biologique classique contre l'ambroisie, d'autres organismes sont étudiés en vue de leur utilisation. Ainsi, le lâcher d'insectes phytophages originaires d'Amérique du Nord a été effectué en vue de leur acclimatation dans différents pays : *Epiblema strenuana* (Walker) (Lepidoptera : Tortricidae) en Australie et en Chine ; *Euaesta bella* (Loew) (Diptera : Tephritidae), en Russie ; *Stobaera concinna* (Stål) (Homoptera : Delphacidae), en Australie sur *Parthenium hysterophorus* ; *Tarachidia candefacta* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae), en Russie ; *Trigonorhinus tomentosus* (Say) (Coleoptera : Anthribidae), en Russie ; *Zygotogramma bicolorata* Pallister (Coleoptera : Chrysomelidae), en Australie ; *Zygotogramma disrupta* Rogers (Coleoptera : Chrysomelidae), en Russie ; *Zygotogramma suturalis* (Fabricius) (Coleoptera : Chrysomelidae), en République de Géorgie, Ukraine, Russie, en ex-Yougoslavie, Chine et Australie.

Cette dernière espèce est acclimatée dans 16 régions et 4 républiques de Russie. Dans ces zones, l'élimination de la plante aux points de lâcher et aux alentours a été constatée mais la densité de *Z. suturalis* restant faible (0,2 insectes/m<sup>2</sup>) dans les zones de production agricoles, le succès de l'opération semble être modéré. En France, l'utilisation d'insectes phytophages dans le cadre d'une lutte biologique classique pour lutter contre l'ambroisie ne semble pas être envisagée à ce jour. Même si l'éradication totale de cette plante est probablement utopique, un programme européen sur la faisabilité d'une lutte biologique serait souhaitable.

Contact : Dominique Coutinot, [dcoutinot@ars-ebcl.org](mailto:dcoutinot@ars-ebcl.org)

## Les principales équipes

**UMR 1062 CBGP,**  
Centre de Biologie et  
de Gestion des Populations  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

Équipe « Écologie intégrative des Systèmes  
Populations-Environnement »  
Chercheurs impliqués : Maria Navajas (Inra),  
Alain Migeon (Inra)

**CSIRO,**  
Laboratoire européen  
Thématique « Bioagresseurs émergents  
et bio-invasions »  
Directeurs et chercheurs impliqués :  
Andy Sheppard (1<sup>er</sup> semestre 2006),  
[andy.sheppard@csiro.au](mailto:andy.sheppard@csiro.au)

Mic Julien (2<sup>ème</sup> semestre 2006),  
[mic.julien@csiro.au](mailto:mic.julien@csiro.au)

**USDA-ARS, EBCL,**  
Laboratoire Européen  
de Lutte Biologique  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

Équipe « Lutte biologique  
contre les bio-invasions »  
Chercheurs impliqués : Walker Jones, René Sforza,  
Brian Rector, William Meikle, Dominique Coutinot,  
Franck Héraud

**CEFE, Centre d'écologie  
fonctionnelle et évolutive**  
(UMR 5175, CNRS,  
UM1, UM2, UM3, Montpellier SupAgro, Cirad)  
Directeur : Jean-Dominique Lebreton,  
[jean-dominique.lebreton@cefe.cnrs.fr](mailto:jean-dominique.lebreton@cefe.cnrs.fr)

Chercheurs impliqués : Arnaud Martin, Cindy Adolphe,  
John Thompson, Anne Charpentier

**Institut des Sciences de l'Évolution**  
(UM2, CNRS)  
Directeur : Nicole Pasteur,  
[pasteur@isem.univ-montp2.fr](mailto:pasteur@isem.univ-montp2.fr)

Chercheuse impliquée : Sandrine Maurice

... suite page 16

## ... et une antenne du CSIRO pour l'étude des bio-invasions en Australie

Le CSIRO *European Laboratory* est l'antenne européenne du CSIRO, premier organisme de recherche publique australien. Il est principalement engagé dans la recherche biologique et la collaboration scientifique avec des organismes de recherche internationaux et des industriels impliqués dans le développement agricole et la protection des plantes. Sa thématique centrale de recherche est l'étude des espèces envahissantes et les risques émergents phytosanitaires ainsi que la biosécurité pour l'agriculture et l'environnement en Australie. Ses domaines de recherche spécifiques portent sur :

- la lutte biologique classique contre les plantes, les insectes et autres espèces envahissantes. Les principales cibles sont des nuisibles en Australie. Les agents potentiels sélectionnés font l'objet d'études quant à leur gamme d'hôtes, leur biologie et leur distribution.
- l'écologie des plantes envahissantes : des populations d'espèces choisies dans un projet de lutte biologique sont étudiées pour

mesurer les facteurs qui contribuent à leur survie et à leur reproduction. Ces études consistent en des comparaisons entre milieux indigènes (en Europe) et milieux exotiques (Australie) pour essayer de comprendre les mécanismes d'invasion ;

- la génétique des populations de plantes et de prédateurs : des outils moléculaires sont couramment employés pour identifier correctement l'organisme cible et sa région d'origine. L'établissement de phylogénies géographiques constitue également une base évolutive pour des études de gammes d'hôtes et pour la sélection d'agents de lutte biologique efficaces ;
- l'analyse des risques phytosanitaires : les chercheurs s'intéressent également à la menace représentée par les ravageurs et maladies européens pour les récoltes et les plantes indigènes d'Australie. Concernant les agents de lutte biologique, l'évaluation des risques conduit à n'autoriser l'introduction en Australie que des organismes les plus spécifiques et un travail de terrain approfondi en Europe permet également une bonne intégration dans les systèmes agricoles australiens ;
- la recherche dans le domaine de l'horticulture de contre-saison, en utilisant l'opposition des saisons entre hémisphères sud et nord.

### Prise en compte des acariens phytophages

Diverses espèces d'arthropodes, du fait des problèmes qu'elles occasionnent, sont des bioagresseurs en santé des plantes. Mieux gérer ces organismes requiert de mieux connaître les facteurs historiques et écologiques influençant la structuration de leurs populations et les processus régissant leur mode de fonctionnement (migrations, pullulations, échanges génétiques des populations, etc.). Au sein du CBGP (UMR 1062 -Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD), cette démarche est appliquée par l'équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement » (groupe « Processus évolutifs des populations de bioagresseurs ») à des ravageurs de cultures et à des insectes d'intérêt médical. Les problématiques étudiées portent plus spécifiquement sur les phénomènes d'invasions de nouvelles aires géographiques, de colonisation de nouveaux biotopes et sur les complexes d'espèces. Des questions fondamentales relatives à la biologie de l'évolution des espèces concernées sont également évoquées.

Les principaux axes de recherche du groupe travaillant sur les acariens phytophages sont : (i) Phylogéographie et génétique des populations (étude d'espèces envahissantes, notamment de ravageurs de culture comme les acariens *Tetranychus urticae* ou *T. evansi*, voir encadré p.17) ; (ii) Systématique et phylogénie, avec une double approche

morphologique et moléculaire chez les complexes d'espèces, constitution de bases de données (étude des ravageurs de cultures de la famille des Tetranychidae et projets CEE-DAISIE sur les acariens envahissants en Europe) ; et (iii) Approche génomique pour la caractérisation des traits biologiques d'intérêt. Les études de systématique, phylogénétique et phylogéographie requièrent des outils moléculaires déployés au niveau de la plate-forme de biologie moléculaire du CBGP.

### Innovation chez les acariens : le traçage génétique

L'étude d'un ravageur comme l'acarien *Tetranychus evansi* nécessite la mise en commun de compétences variées. Déterminer précisément les espèces en présence est indispensable et parfois délicat pour des organismes dont la taille est comprise entre 250 et 500 microns. Ainsi, les travaux conduits par différentes équipes d'Agropolis (CBGP, équipes « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement » et « Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie ») s'intègrent dans une démarche complémentaire et concourent à mieux connaître les origines géographiques et le périple de cette espèce invasive afin de concentrer les efforts de recherche de prédateurs efficaces ; prévoir et limiter l'expansion de cette espèce.

Une étude actuellement conduite à l'échelle mondiale vise à retracer avec précision l'histoire de cette invasion. Outre un éclairage sur les mécanismes de transport mis en jeu, ces travaux devraient permettre de cerner la zone d'origine et de diversité génétique de *T. evansi* et donc de rechercher des prédateurs efficaces et adaptés. Les exemples d'une telle approche ne manquent pas pour les insectes mais sont encore peu nombreux pour les acariens. Des travaux sont notamment menés par le CBGP (équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »), en collaboration avec l'Université de São Paulo au Brésil (*Departamento de Zoologia, ESALQ*). Par exemple, l'étude d'un autre acarien Tetranychidae, l'acarien vert du manioc, *Mononychellus progressivus*, originaire d'Amérique latine et introduit en Afrique, a facilité la mise en œuvre de programmes de contrôle de ce ravageur dans les régions nouvellement colonisées. Un autre exemple concerne l'acarien du cocotier, l'Eriophyidae *Aceria guerreronis*, ravageur émergent de ce palmier. Une étude génétique a permis d'avancer l'hypothèse d'une origine américaine de l'acarien (alors que le cocotier est vraisemblablement originaire d'Asie). Il s'agit d'une donnée importante pour définir les mesures de quarantaine dans le monde et notamment en Asie. Les travaux en cours sont donc concentrés sur un échantillonnage mondial et l'utilisation de marqueurs génétiques. ●●●

### Invasion de jussies dans le sud ouest de la France



## Utilisation d'outils de la dynamique et de la génétique des populations

L'équipe « Métapopulations, Conservation et Coévolution » fait partie de l'Institut des Sciences de l'Evolution (UMR 5554 UM2-CNRS). Cette équipe comprend 10 chercheurs ou enseignants-chercheurs, 3 techniciens et une dizaine de personnels non-statutaires (doctorants et post-doctorants).

L'équipe n'est pas spécialisée en lutte biologique mais développe et utilise les outils de la dynamique et de la génétique des populations avec des applications en biologie de la conservation. Les méthodes utilisées sont la modélisation, le développement d'outils statistiques, l'étude (démographique et génétique) de populations naturelles, l'évolution expérimentale. Les principaux thèmes étudiés sont les suivants :

- Évolution des cycles de vie en populations structurées ;
- Évolution de la spécialisation et coévolution plantes-insectes ;
- Évolution des systèmes de reproduction ;
- Fragmentation, démographie, flux génétiques, adaptation locale et conservation.

Ces derniers points concernent plus particulièrement deux espèces rares (*Centaurea corymbosa* et *Brassica insularis*) et une espèce envahissante (*Senecio inaequidens*). ■

### Autres équipes concernées par ce thème

**UMR 1062  
CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
bourguet@supagro.inra.fr

#### Thématique « Systématique-Taxonomie, Phylogénie-Phylogéographie »

Chercheurs impliqués : Denis Bourguet (Inra), Gérard Delvare (Cirad), Mireille Fargette (IRD), Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro), Laurent Granjon (Museum National d'Histoire Naturelle, détaché IRD), Armelle Cœur-d'Acier (Inra), Bruno Michel (Cirad), Franck Dorkfeld (Inra), Johan Michaux (FNRS), Gauthier Dobigny (IRD), Serge Morand (IRD), Sylvie Manguin (IRD), Jean-Pierre Quéré (Inra), Maria Navajas (Inra), Alain Migeon (Inra)

#### Équipe « Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »

Enseignants-chercheurs impliqués : Serge Kreiter (Montpellier SupAgro), Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro), Michel Martinez (Inra), Jean-François Germain (LNPV), Philippe Reynaud (LNPV), Jean-Claude Streito (LNPV)

#### Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »

Chercheurs impliqués : Jacques Fargues (Inra), Olivier Bonato (IRD), Frédéric Pellegrin (IRD), Nathalie Gauthier (IRD), Claire Vidal (IRD)

**Unité de Recherche  
« Systèmes canniers » (Cirad)**  
Responsable : Pascal Marnotte,  
pascal.marnotte@cirad.fr

Chercheur impliqué : Régis Goebel

**USDA-ARS, EBCL,  
Laboratoire Européen  
de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
ebcl@ars-ebcl.org

#### Équipe « Unité d'évaluation génétique »

Chercheuse impliquée : Marie-Claude Bon

**UMR C53 PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/Université de la Réunion)**  
Responsable : Bernard Reynaud,  
bernard.reynaud@cirad.fr

Chercheurs impliqués : Bernard Reynaud, Serge Quilici, Philippe Ryckewaert, Frédéric Chiroleu, Jean-Philippe Deguine

## Anoplophora spp., des longicornes asiatiques devenus européens



1. *Anoplophora glabripennis*  
introduit accidentellement  
en Europe 2000

2. *Anoplophora chinensis*  
introduit en Europe  
par le biais du commerce de bonsaïs

Les deux longicornes asiatiques *Anoplophora glabripennis* et *A. chinensis* (Coleoptera, Cerambycidae) ont été introduits accidentellement en Amérique du Nord et en Europe. Actuellement, on ne connaît d'infestation que sur des arbres d'ornement en zones urbaines mais les deux ravageurs représentent des menaces graves pour l'arboriculture fruitière, les pépinières et les forêts.

Les deux ravageurs ont, pour le moment, le statut d'espèce introduite ; cependant, l'étendue du foyer d'infestation de *A. chinensis*, en Italie, et la vitesse d'accroissement de ses populations, liées à des mesures de lutte inappropriées, pourraient hisser sous peu ce ravageur au statut d'espèce envahissante en Italie. Les *Anoplophora* sont des insectes de quarantaine soumis à éradication (pour l'Europe, la réglementation est contenue dans les directives de la Commission des communautés européennes 2000/29/EC et 2002/36/EC). Les deux espèces sont originaires d'Extrême-Orient où elles vivent sur de nombreuses essences à feuilles caduques. *A. glabripennis* occasionne de très importants dégâts aux genres *Populus*, *Acer* et *Salix*, essentiellement en zones urbaines et en peupleraies. *A. chinensis* est un des principaux ravageurs des agrumes au Japon. Les deux insectes s'attaquent à des arbres apparemment en pleine vigueur ou seulement très légèrement affaiblis. Les attaques d'*A. glabripennis* se localisent généralement dans les parties hautes de l'arbre alors qu'on trouve *A. chinensis* au bas du tronc, près du collet, ainsi que

dans les racines affleurantes au sol. Les premiers stades larvaires creusent une galerie sous-corticale en consommant le cambium puis le phloème. Les stades larvaires suivants creusent une longue galerie profondément dans le bois. Les arbres attaqués par *A. glabripennis* sont évidemment impropres à la production de bois d'œuvre.

Par ailleurs, l'affaiblissement structurel des arbres, avec risque de chutes de branches maîtresses, est toujours problématique en milieu urbain. Les introductions d'*A. glabripennis* en Occident ont eu lieu par l'intermédiaire de l'importation de palettes, caisses, bobines de câbles ou bois de calage, en planches non traitées d'essences feuillues en provenance d'Extrême-Orient. En revanche, les introductions d'*A. chinensis* se sont faites via la filière d'importation des bonsaïs. Les adultes échappés des serres de stockage de bonsaïs attaquent préférentiellement des érables dans le voisinage immédiat de ces serres. Très vite, de nombreuses espèces d'arbres d'ornement sont affectées ainsi que des buissons servant à la confection de haies (*Prunus laurocerasus*) et même de vieux pieds de rosiers. Le spectre des plante-hôtes connues d'*A. chinensis* est plus large que celui d'*A. glabripennis*.

La détection précoce des foyers d'infestation d'*Anoplophora* spp. et l'éradication de ces deux ravageurs dans les zones urbaines où ils se trouvent initialement sont des enjeux majeurs pour la préservation des agro-écosystèmes, des pépinières, des vergers et des écosystèmes forestiers environnants. La très forte polyphagie de ces deux ravageurs pour les feuillus en font une menace sérieuse pour la biodiversité de ces écosystèmes.

Contact : Franck Hérard, fherard@ars-ebcl.org

# Étude pluridisciplinaire sur un acarien bioagresseur : *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard

*Tetranychus evansi* est un acarien envahisseur sans doute originaire d'Amérique du Sud, appartenant à la famille des Tetranychidae. Cette famille comporte environ 1200 espèces dans le monde. Parmi la centaine de ravageurs des cultures, une dizaine d'entre eux est considéré comme des ravageurs de première importance. *T. evansi* est principalement inféodé aux Solanacées adventices et/ou rudérales et constitue une menace pour les cultures de tomates, pommes de terre et autres espèces de la famille des Solanacées. Parmi la flore spontanée de nos régions, cette famille est représentée par des adventices fort appréciées de l'acarien et qui constituent tout à la fois des réservoirs et des zones relais. C'est le cas de la morelle noire (*Solanum nigrum*), plante largement répandue et hôte de première importance en Espagne.

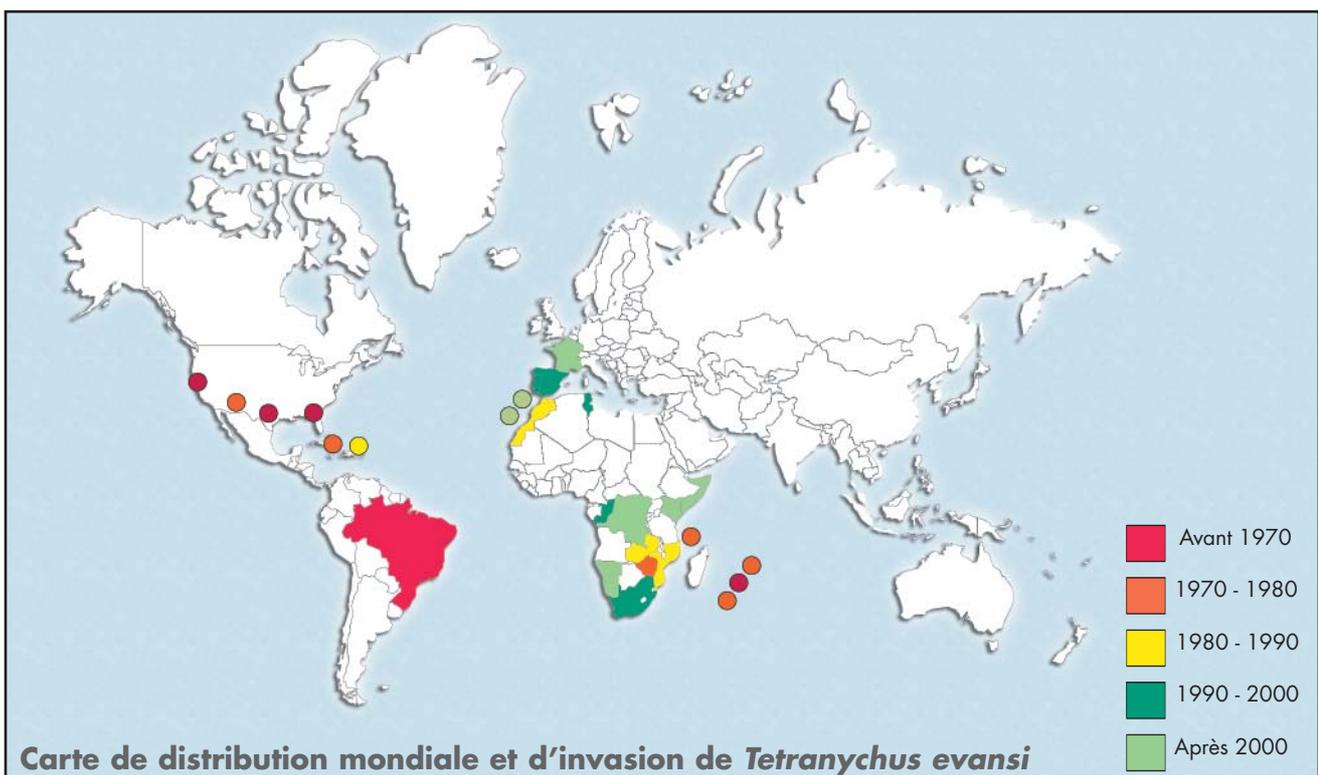
*T. evansi* semble être originaire d'Amérique du Sud où il fut détecté pour la première fois, en grand nombre sur des cultures de tomates en 1954. Sa présence a ensuite été signalée aux États-Unis, puis dans l'Océan Indien, à l'Île Maurice. On le rencontre ensuite dans l'ensemble des Mascareignes et sur la façade Est du continent africain. À la fin des années 1980, il est signalé au Maroc. Au début des années 1990, on le retrouve au Portugal, en Macaronésie puis en Espagne. Enfin, en 2004, il a été trouvé pour la première fois en France, dans le Roussillon. Il s'agit d'une espèce particulièrement envahissante qui, en un demi-siècle, a pu conquérir une partie importante de la planète. Partout où elle est introduite, elle occasionne d'importants dégâts aux cultures de tomates, dégâts qui sont amplifiés par le développement de cette production dans de nouvelles zones. C'est le cas notamment de l'Île de la Réunion où l'accroissement récent de la production de tomates en milieu protégé se heurte à la présence de cet acarien. C'est aussi le cas au Maroc, en Espagne et dans le Roussillon où ces cultures prennent de l'ampleur.



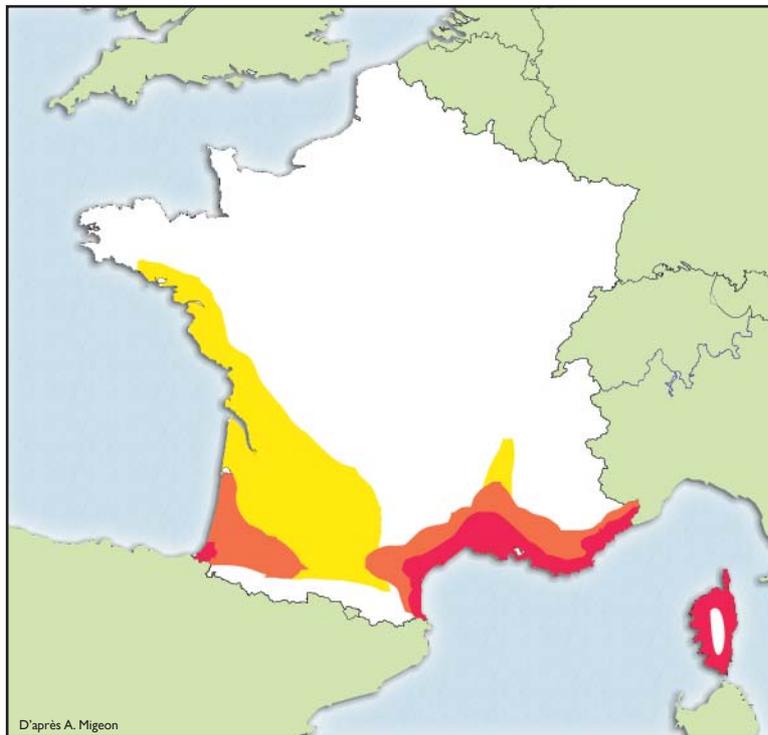
© A. Migeon

Femelle de l'acarien *Tetranychus evansi*

L'utilisation de marqueurs moléculaires permet (1) de différencier des espèces proches, (2) de retracer l'histoire de l'invasion et (3) de suivre avec précision les récents développements de populations. Sur les acariens, l'utilisation de marqueurs génétiques a fourni des outils de diagnose entre espèces. Un marqueur RFLP a déjà été mis au point et permet de différencier *T. evansi* de *T. urticae*, deux ravageurs souvent présents sur les mêmes cultures. L'étude précise de la dispersion des espèces dans des zones climatiques proches ou semblables fournit de précieuses informations. *T. evansi* est présent sur l'ensemble du territoire de la Floride. Le nord de cet État est soumis à des températures hivernales relativement froides avec une occurrence importante de jours de gelée et des températures moyennes hivernales inférieures à 10°C. ●●●



D'après A. Migeon



◀ *Prévision de la dispersion Tetranychus evansi en France en fonction des conditions climatiques*

**Probabilité d'installation de *T. evansi* en France**

<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black;"></span> quasi-nulle	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> moyenne
<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> faible	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> très forte

## Étude pluridisciplinaire sur un acarien bioagresseur : *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard

••• Pour évaluer les potentialités d'expansion en France de cette espèce, nous avons pris en compte quatre critères déterminés par sa répartition américaine et ses caractéristiques biologiques déjà établies en laboratoire qui sont :

- des températures moyennes de janvier supérieures ou égales à 5°C (conditions du nord de la Floride) ;
- des températures maximales moyennes de janvier supérieures ou égales à 10°C (seuil de développement) ;
- moins de 40 jours de gel par an (condition du nord de la Floride) ;
- des températures moyennes de juillet supérieures ou égales à 20°C (qui permettent le développement de trois générations durant les deux mois d'été).

Ces données permettent de dessiner la carte de répartition potentielle en France, matérialisée par trois couleurs. En rouge, les zones où les 4 critères sont validés et qui présentent donc une très forte probabilité d'installation. En orange, les zones où seuls 3 des 4 critères sont validés, la possibilité d'expansion est donc moindre. En jaune, les zones où deux critères sont validés et enfin le reste du territoire où les conditions climatiques semblent trop sévères pour permettre l'installation de *T. evansi*.

La zone méditerranéenne côtière continentale et de la Corse paraissent les plus exposées. Un risque moyen existe pour la zone méditerranéenne large et le piémont pyrénéen. Enfin, il faut souligner qu'à l'instar d'autres ravageurs exotiques tels que *Bemisia tabaci*, *T. evansi* est susceptible de coloniser les cultures sous serre de l'ensemble de l'Europe. Diverses méthodes de gestion des populations de *T. evansi* ont été mises en œuvre et expérimentées, notamment au Kenya, pays dans lequel ce ravageur met sévèrement en péril la production de Solanacées. Ni les pratiques culturales ni l'utilisation de produits phytosanitaires (faible efficacité des

acaricides et développement de résistances) n'ont permis de contrôler son développement. Face à ces impasses techniques, des études concernant le contrôle biologique de ce ravageur ont été réalisées par des chercheurs au Brésil et au Kenya dans les années 90. Cependant, les prédateurs commercialisés et utilisés couramment en lutte biologique de par le monde se sont avérés inefficaces. Face à l'inefficacité de ces différents moyens de lutte, des travaux concernant la recherche de prédateurs dans les zones d'origine de *T. evansi* ont été entamés en 2002, par le biais de collaborations entre le Brésil, la France et le Kenya. En effet, *T. evansi* est couramment rencontré au Brésil mais aucune pullulation n'est observée, ce qui laisse supposer la présence d'auxiliaires efficaces. Les principaux prédateurs de Tetranychidae, mais aussi les plus efficaces, sont également des acariens. Ils appartiennent à la famille des Phytoseiidae. Des prospections ont été menées dans différentes régions du Brésil pendant trois ans sur de nombreuses plantes-hôtes permettant de sélectionner certaines espèces d'acariens prédateurs phytoséides rencontrées sur des colonies de *T. evansi*.

Les paramètres démographiques ainsi que les capacités de prédation sur *T. evansi* ont été et sont encore étudiés. Les résultats mis en évidence laissent présager des possibilités de lutte biologique efficaces contre *T. evansi* dans les prochaines années. D'autres travaux sur la caractérisation taxinomique et génétique des prédateurs, leur capacité d'installation dans les zones d'introduction, les possibilités d'élevage en masse et les risques non intentionnels des introductions sont néanmoins encore nécessaires pour que ces solutions soient mises en pratique de façon optimale et opérationnelle.

**Contacts : Maria Navajas, Alain Migeon, Marie-Stéphane Tixier-Garcin & Serge Kreiter, [navajas@supagro.inra.fr](mailto:navajas@supagro.inra.fr)**



*Solanum  
eleagnifolium,  
une espèce  
originaire  
d'Amérique du  
Nord, et  
envahissante  
sur le pourtour  
méditerranéen*

© R. Sforza

# Aspects législatifs et réglementaires : organismes nuisibles, agrément et quarantaine

*Tout scientifique de la Communauté scientifique peut être amené à importer sur le territoire à des fins de recherche : du sol, des végétaux, des micro et macro-organismes. Ces importations à titre scientifique sont soumises à conditions lorsqu'elles concernent des organismes nuisibles, des végétaux, produits végétaux ou autres produits, dont l'introduction est interdite ou soumise à des exigences particulières dans la Communauté Européenne.*

## Les principales équipes

**USDA-ARS, EBCL,  
Laboratoire Européen  
de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

**Équipe « Unité d'évaluation génétique »**  
Chercheurs impliqués : Dominique Coutinot et René Sforza

## Autres équipes concernées par ce thème

**CSIRO,  
Laboratoire européen**  
Thématique « Bioagresseurs émergents  
et bio-invasions »

Directeurs et chercheurs impliqués :  
Andy Sheppard (1<sup>er</sup> semestre 2006),  
[andy.sheppard@csiro.au](mailto:andy.sheppard@csiro.au)

Mic Julien (2<sup>ème</sup> semestre 2006),  
[mic.julien@csiro.au](mailto:mic.julien@csiro.au)

**UMR 1062  
CBGP, Centre de Biologie et  
de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

**Programme « Écologie et gestion  
de la diversité des communautés  
de nématodes phytoparasites »**  
Chercheurs impliqués : Patrice Cadet (IRD),  
Mireille Fargette (IRD), Thierry Mateille (IRD)

**P**ar organisme nuisible est entendu « toute espèce, souche ou biotype de végétal, d'animal ou d'agent pathogène nuisible pour les végétaux ou produits végétaux » selon l'article 2.1. de la Convention Internationale pour la Protection des Végétaux (CIPV), tel que défini dans le nouveau texte de la Convention adoptée à l'occasion de la Conférence de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO 1997), et en vigueur depuis le 2 octobre 2005. La liste de ces organismes nuisibles dits de « quarantaine » figure dans les annexes de la directive 2000/29/CE du 8 mai 2000, qui listent également les végétaux, produits végétaux ou autres produits, dont l'introduction est interdite ou soumise à conditions. Afin de permettre des travaux à des fins scientifiques impliquant ce type de matériel dit de « quarantaine », les conditions dans lesquelles il peut être introduit ou mis en circulation dans la Communauté Européenne pour ce type de travaux, ainsi que les conditions de détention sont précisées dans la directive 95/44/CE du 26 juillet 1995. Ces directives ont été transposées en droit français (arrêté du 10 juin 1998 - arrêté du 22 novembre 2002).

Les activités dites de « quarantaine » sont soumises à agrément préalable et le matériel vivant entrant en dérogation sur le territoire doit être accompagné d'une Lettre Officielle d'Autorisation (LOA).

La demande d'agrément est effectuée auprès de la Direction Régionale Agriculture et Forêt, Service Régional de la protection des Végétaux Languedoc-Roussillon (DRAF/SRPV LR). Le dossier d'agrément comprend un descriptif des espèces ou objets envisagés à l'importation, des installations confinées de « quarantaine », des activités du demandeur, du personnel de l'organisme (institut) demandeur, de la maintenance appliquée aux installations, et de la gestion des

risques associés à la détention des matériels envisagés à l'importation. L'agrément est délivré pour une période de cinq ans, les conditions liées à l'agrément doivent être respectées, des visites de contrôle peuvent être organisées à l'initiative de l'organisme gestionnaire (DRAF/SRPV LR).

L'installation de confinement « Quarantaine » doit assurer la protection des manipulateurs et de l'environnement. Les exigences de confinement peuvent varier selon les organismes manipulés. Les organismes étudiés ou susceptibles d'être présents peuvent être soumis à un niveau de confinement qui diffère selon que l'organisme est véhiculé par les matériaux importés, l'eau ou l'air.

## Des quarantaines et structures de confinement pour l'étude d'organismes vivants à des fins scientifiques

Dans le cadre de ses activités de recherche, le Laboratoire EBCL (*European Biological Control Laboratory*) importe sur le territoire des organismes vivants, macro et micro-organismes ainsi que des végétaux au sein de deux quarantaines. Toutes ces espèces sont importées conformément à la législation et la réglementation en vigueur au sein de l'Union Européenne et en France. Ces importations sont conformes à la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES).

\* Texte rédigé par Dominique Coutinot (USDA-ARS, EBCL) et Pierre Ehret (DRAF-SRPV)  
Co-animateurs du Groupe Informel du Confinement CILBA  
[dcoutinot@ars-ebcl.org](mailto:dcoutinot@ars-ebcl.org),  
[pierre.ehret@agriculture.gouv.fr](mailto:pierre.ehret@agriculture.gouv.fr)

\*\* Texte rédigé par Dominique Coutinot et René Sforza (USDA-ARS, EBCL)  
[dcoutinot@ars-ebcl.org](mailto:dcoutinot@ars-ebcl.org), [rsforza@ars-ebcl.org](mailto:rsforza@ars-ebcl.org)



**1. Enveloppes de transport pour graines et matériel utilisés pour l'emballage sécurisé**

**2. Olives d'Afrique du sud contenant des parasitoïdes potentiels, conditionnées dans des sacs plastiques pour le voyage vers Montpellier**



© D. Coutinot

## Les différentes étapes de l'agrément

- Constitution du dossier de demande d'agrément
- Remise de la demande d'agrément au service instructeur DRAF/SRPV
- Nomination d'un expert - Visite de l'expert - Rapport et avis de l'expert
- Avis du chef du SRPV - Avis du Directeur de la DRAF
- Arrêté préfectoral

## Les exigences de confinement

- Directement liées au « matériel de quarantaine » et au type de travaux scientifiques
- Déterminés par une analyse du risque menée par l'institut demandeur
- Validation de l'analyse de risque par l'expert
- Évaluation de la qualité des choix techniques et organisationnels
- Niveau de confinement selon le mode de dispersion possible des organismes

## Traitements appliqués selon les organismes ou objets étudiés : niveaux de confinement

1. Organismes importés pouvant être véhiculés par les matériaux solides mais ni par l'eau ni par l'air : traitement des solides (autoclave).
2. Organismes importés pouvant être véhiculés par les matériaux solides et l'eau mais pas par l'air : traitement des solides (autoclave) et traitement des liquides (hautes températures, chloration).
3. Organismes pouvant être véhiculés par les solides, les liquides et l'air : traitement des solides (autoclave) et traitement des liquides (hautes températures, chloration) et traitement de l'air : pré-filtres et filtre absolu. Selon l'organisme étudié, une pression positive ou négative peut être appliquée à l'ensemble de la structure de confinement.

L'activité de quarantaine est agréée et tous les organismes réglementés sont importés après déclaration auprès des autorités phytosanitaires officielles (SRPV LR). Les importations de matériel vivant réglementé sont accompagnées du document qu'est la lettre officielle d'autorisation (LOA).

Une quarantaine de 25 m<sup>2</sup> permet l'étude des pathogènes des insectes ravageurs et des plantes envahissantes en provenance de l'étranger. Le principe d'une douche obligatoire à l'entrée et à la sortie est retenu pour ce dispositif de confinement. Ce laboratoire est équipé des différents équipements qui permettent l'isolation, l'identification et l'élevage des pathogènes des insectes ravageurs et des plantes envahissantes.

Une quarantaine de 149 m<sup>2</sup>, pour l'étude des ennemis naturels des insectes ravageurs et des mauvaises herbes en provenance de l'étranger et de France, est composée d'un laboratoire de 55 m<sup>2</sup> et de trois chapelles de serre (3x22,5 m<sup>2</sup>) formant une seule unité. Ce dispositif de confinement est équipé des différents équipements qui permettent l'isolation, l'identification et l'élevage : des insectes ravageurs et leurs ennemis naturels, des plantes envahissantes et leurs phytophages, ennemis naturels en provenance de l'étranger.

Chaque quarantaine est équipée d'un autoclave (décontamination des déchets), d'une cuve de décontamination (traitement des effluents liquides avant rejet) et d'une centrale de traitement de l'air (pré-filtres et filtre absolu). Une pression négative de 60 Pascals est exercée à l'intérieur de chaque structure.

L'accès à ces deux quarantaines n'est autorisé qu'au seul personnel habilité.

Après des études menées au sein de ces structures de confinement pour le matériel réglementé, de cellules d'élevage ou de laboratoires pour le matériel vivant non réglementé : des micro et des macro-organismes, des cultures acellulaires et des macromolécules peuvent être acheminés par frêt aérien vers les États-Unis en vue d'études complémentaires et/ou de leur acclimatation future dans le cadre d'une lutte biologique classique contre des ravageurs et des plantes envahissantes\*\*.

Dans le cadre d'études sur les organismes nuisibles et leurs agents de lutte biologique des Instituts utilisent des quarantaines et structures de confinement sur le Campus International de Baillarguet (CBGP et CSIRO). ■



*Larve du  
lépidoptère  
Endothenia  
gentianeana  
vivant au dépens  
des têtes de la  
cardère sauvage  
(Dipsacus  
fullonum)*

# Comprendre et évaluer *la diversité et ses interactions*

Du sol au milieu aérien, de l'échelle du micromètre à celle du centimètre, les organismes vivants de tous les écosystèmes interagissent selon de nombreuses lois écologiques. Depuis plus d'un siècle, les chercheurs en lutte biologique sont à la croisée des chemins de nombreuses disciplines scientifiques. Cette diversité d'approches s'accompagne d'une diversité des milieux prospectés : des steppes d'Asie centrale aux forêts tropicales, en passant par les garrigues et les dunes méditerranéennes, les chercheurs de terrain traquent les bioenvahisseurs et leur cortège d'auxiliaires potentiels, en essayant de comprendre leurs interactions et de mettre à profit ces connaissances dans un contexte agricole ou de gestion du territoire. Ces interactions sont étudiées par les équipes de terrain et de laboratoire avec des transferts permanents vers les organismes professionnels agricoles ou de gestion des écosystèmes.



© R. Sforza

## Évaluation de la spécificité d'hôtes et des interactions

**p. 24**



© S. Maurice

## Caractérisation de la diversité génétique

**p. 26**

**L**a lutte biologique relève d'un long cheminement commençant par l'observation, la compréhension puis la gestion, au travers de l'étude de différentes interactions.

Ces interactions peuvent être interspécifiques avec, notamment, la prédation, le parasitisme et la compétition, ou intraspécifique au sein de populations différentes d'une même espèce, aux capacités de prédation différentes par exemple mais également avec des caractéristiques trophiques différentes (souches monophages vs oligophages). Afin d'évaluer ces interactions, une étape dite de spécificité d'hôtes vise à étudier les relations plus ou moins étroites entre tous les partenaires d'un complexe biologique observé sur le terrain. Enfin, l'étude des interactions abiotiques permet d'affiner le travail de terrain.

Connaître l'aire d'origine d'un bioagresseur, c'est caractériser le plus précisément possible ou avec une grande précision l'écosystème (en particulier l'association végétale, le cortège parasitaire, les organismes symbiotiques) dans lequel il a évolué. Dans cette quête, l'approche des « similitudes climatiques » vise à étudier les données d'hygrométrie et de température de l'aire d'introduction où le bioagresseur prolifère et rechercher à travers le monde les aires d'origine qui présentent les mêmes caractéristiques. On obtient alors une carte de distribution du bioagresseur sur laquelle s'appuyer pour établir les premières missions d'exploration des ennemis naturels.

L'étude des interactions entre organismes passe également par la compréhension des mécanismes génétiques. Ainsi, la phylogéographie de l'espèce cible s'intéresse-t-elle à sa variabilité génétique sur la base d'échantillons récoltés dans les aires d'origine et d'introduction, en utilisant des marqueurs moléculaires sélectivement neutres, tels que les microsatellites, les marqueurs mitochondriaux ou chloroplastiques. De plus, les débats de cette dernière décennie ont fait prendre conscience de l'importance de l'étude des phylogéographies comparées du bioagresseur et des auxiliaires dans la recherche des traits de spécialisation à l'hôte cible. Auparavant, seule importait l'étude des traits comportementaux de l'organisme auxiliaire et de leurs combinaisons, l'auxiliaire étant choisi pour un contexte de lutte biologique donné. La prise en compte des données concernant la structuration génétique des populations naturelles du bioagresseur, de son ou ses auxiliaires et de leur évolution, qui joue un rôle majeur dans l'évolution de la spécialisation, a ouvert de nouvelles perspectives de recherche.

**René Sforza  
et Marie-Claude Bon (EBCL)**

# Évaluation de la spécificité d'hôtes et des interactions

*Une étape importante de la lutte biologique classique est la mise en place de tests de spécificité, afin d'établir le degré de spécialisation de l'auxiliaire vis-à-vis de son hôte (bioagresseur). On estime communément que chaque bioagresseur possède au minimum une quinzaine d'auxiliaires dans son aire d'origine. Cependant, tous ne pourront être considérés comme agent de lutte biologique car ils ne sont pas suffisamment spécifiques. Pour évaluer le degré de spécificité d'un auxiliaire pour sa cible - plante ou insecte-, un ensemble de tests doit être mené afin d'opérer une sélection précise et stricte du ou des meilleurs auxiliaires qui seront ultérieurement lâchés dans l'écosystème où sévit l'espèce envahissante.*

## **Évaluation de la spécificité des auxiliaires en lutte biologique**

Plus un ennemi naturel est spécialiste (à opposer aux ennemis généralistes, souvent des prédateurs), moins grand sera le risque d'observer des effets non-intentionnels dans l'aire de lâcher, telle la prise de nourriture sur des organismes non-cibles (espèces cultivées, protégées, et/ou indigènes). La notion de spécificité dépend vraiment du type de bioagresseur choisi ; en effet si une espèce envahissante est la seule représentante de son genre ou de sa famille dans l'aire introduite, alors la spécificité au niveau du genre peut être suffisante. Au contraire, si l'espèce introduite appartient à un genre très diversifié dans l'aire introduite, incluant des espèces d'importance économique ou environnementale, la notion de spécificité sera d'autant plus importante.

Afin de minimiser les risques non-intentionnels, des expériences pluriannuelles dites de « spécificité » sont menées au laboratoire et au champ (EBCL, équipe « Lutte biologique contre les bio-invasions »). Plusieurs facteurs jouent un rôle dans la sélection et l'utilisation du bioagresseur par son ennemi naturel. Les contraintes d'ordre phylogénétique, génétique, physiologique, comportementale et écologique déterminent la largeur de la gamme d'hôtes de l'organisme.

Prenons l'exemple des tests menés sur les plantes envahissantes. Pour évaluer un insecte consommateur de graines de la plante-cible, on va tester son impact sur des espèces proches de l'espèce-cible. Pour cela, on établit une liste d'espèces végétales (20 à 50 espèces) selon une approche dite de sélection centrifuge. On choisit des espèces, des sous-espèces du même genre, puis des genres voisins, puis des familles proches, puis des espèces cultivées à fort impact économique, des espèces menacées, protégées et/ou indigènes.

Les semences de chaque espèce seront obtenues et élevées, puis les plantes seront mises en contact avec l'insecte que l'on souhaite étudier. Pour ce faire, on procède à des tests de choix (plusieurs espèces végétales au contact de l'auxiliaire) et de non-choix (avec une seule espèce végétale). Les paramètres étudiés sont la prise de nourriture et le lieu de ponte des femelles.

Ces tests sont menés à la fois en conditions naturelles, dans la localité d'origine de l'auxiliaire étudié, et en conditions contrôlées, dans une serre traditionnelle ou de quarantaine. Ils peuvent être répétés plusieurs années de suite. Si l'auxiliaire étudié remplit les conditions requises (spécificité, impact important sur la cible, élevage simple, plurivoltinisme, etc.), on peut alors envisager son lâcher dans l'aire d'infestation de la plante, après autorisations spéciales, pour évaluer l'impact sur le bioagresseur en conditions naturelles.

En comparaison, les démarches d'évaluation des auxiliaires envers des insectes ravageurs sont beaucoup plus souples dans leur mise en œuvre. En particulier, les insectes parasitoïdes, majoritairement utilisés contre des ravageurs tels les cochenilles, les papillons et les pucerons, présentent un haut degré de spécificité. De plus, contrairement aux auxiliaires phytophages, ils ne peuvent devenir des ravageurs eux-mêmes. Les risques, cependant, peuvent concerner les auxiliaires prédateurs comme c'est le cas de la coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis*, qui, après son introduction pour lutter contre des pucerons des céréales, est devenue plus polyphage qu'attendu, développant alors des pullulations non contrôlées\*.

\* Texte rédigé par René Sforza (USDA-ARS, EBCL), [rsforza@ars-ebcl.org](mailto:rsforza@ars-ebcl.org)

## **Les principales équipes**

**USDA-ARS, EBCL,**  
**Laboratoire Européen**  
**de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

### **Équipe « Lutte biologique** **contre les bio-invasions »**

Chercheurs impliqués : Walker Jones, René Sforza,  
Brian Rector, William Meikle, Dominique Coutinot,  
Franck Hérard

**CSIRO,**  
**Laboratoire européen**  
**Thématique « Bioagresseurs émergents**  
**et bio-invasions »**

Directeurs et chercheurs impliqués :  
Andy Sheppard (1<sup>er</sup> semestre 2006),  
[andy.sheppard@csiro.au](mailto:andy.sheppard@csiro.au)

Mic Julien (2<sup>ème</sup> semestre 2006),  
[mic.julien@csiro.au](mailto:mic.julien@csiro.au)

Chercheurs impliqués : Andy Sheppard, Mic Julien,  
Janine Vitou, Mireille Jourdan



▼ Contamination expérimentale de la graminée *Taeniatherum caput-medusae* par le charbon *Ustilago phrygica*



▲ Mise en place d'un jardin expérimental pour évaluer la spécificité d'un champignon phytopathogène sur une gamme d'hôtes végétaux sélectionnés (tests de spécificité)

## Étudier les interactions Pathogène / Mycoparasite-Antagoniste pour élaborer une méthode efficace de lutte biologique



Cabosses de cacaoyer

Comment optimiser la lutte en Afrique et notamment au Cameroun contre le plus agressif des agents responsables de la pourriture brune de la cabosse de cacaoyer (*Phytophthora megakarya*) ? Comment réduire le coût des traitements et préserver l'environnement tout en maintenant la qualité du cacao ? Tel est le nouveau défi pour la lutte biologique.

Pour répondre à l'augmentation de la consommation mondiale de cacao, la tendance générale des producteurs africains qui totalisent à eux seuls 69% de la production mondiale est d'étendre la surface des plantations cacaoyères. Cette volonté se heurte à l'intensification de la pression parasitaire, en particulier celle de la pourriture brune de la cabosse du cacaoyer, pouvant détruire jusqu'à 90% de la production locale. Face à l'obligation nouvelle d'une stratégie de protection de l'environnement avec une meilleure gestion des intrants, compatible avec les pratiques culturales des petites plantations paysannes africaines, et ce, en l'absence de variétés de cacaoyer encore totalement résistantes, on assiste au développement de la protection intégrée dont la principale composante est la lutte biologique. Plusieurs souches camerounaises du champignon *Trichoderma asperellum*, de par leurs propriétés antagonistes et mycoparasites, présentent de bonnes aptitudes à contrôler le pathogène *P. megakarya* en laboratoire et en conditions contrôlées. Déterminer si ce *T. asperellum* est un bon agent de lutte biologique dans un écosystème donné, d'une part, et développer des méthodes d'aide à la décision, d'autre part, nécessitent d'étudier la dynamique des populations, la structure génétique et la valeur adaptative du pathogène sous la pression de ce mycoparasite ainsi que les mécanismes d'interactions entre *Phytophthora* et *Trichoderma*.

En collaboration étroite avec l'IRAD (Institut de Recherche Agricole pour le Développement) du Cameroun, l'EBCL et le Cirad ont fait d'un projet de développement, un enjeu scientifique pour la lutte biologique en s'intéressant principalement : (i) à l'évaluation de la diversité et au suivi de la dynamique des populations de *Trichoderma asperellum* et des principales espèces de *Phytophthora* présentes en Afrique, (ii) à leurs évolutions, en intégrant les outils moléculaires de génotypage et de génomique fonctionnelle, (iii) à l'étude des mécanismes d'interactions pathogène/mycoparasite-antagoniste.

Contacts : Marie-Claude Bon, [mcbon@ars-ebcl.org](mailto:mcbon@ars-ebcl.org) et Michel Ducamp, [michel.ducamp@cirad.fr](mailto:michel.ducamp@cirad.fr)

### Autres équipes concernées par ce thème

**LGEI,**  
Laboratoire Génie de l'environnement industriel et des risques industriels et naturels, École des Mines d'Alès (EMA)  
Directeur : Miguel Lopez-Ferber,  
[Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr](mailto:Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr)

**Unité de Recherche « Systèmes caniers » (Cirad)**  
Directeur : Pascal Marnotte,  
[pascal.marnotte@cirad.fr](mailto:pascal.marnotte@cirad.fr)

Chercheur impliqué : Régis Goebel

**USDA-ARS, EBCL,**  
Laboratoire Européen de Lutte Biologique  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

**Équipe « Unité d'évaluation génétique »**  
Chercheuse impliquée : Marie-Claude Bon

**UMR C53**  
PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/ Université de la Réunion)  
Directeur : Bernard Reynaud,  
[bernard.reynaud@cirad.fr](mailto:bernard.reynaud@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Bernard Reynaud, Serge Quilici, Philippe Ryckewaert, Frédéric Chiroleu, Jean-Philippe Deguine

**UMR 1062**  
CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations (Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

**Équipe « Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »**  
Enseignants-chercheurs : Serge Kreiter et Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro)

**Unité Propre de Recherche « Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes » (Cirad)**  
Directeur : Dominique Berry

Responsable Équipe : Christian Cilas, [christian.Cilas@cirad.fr](mailto:christian.Cilas@cirad.fr)  
Chercheur impliqué : Christian Cilas

# Caractérisation de la diversité génétique

*Les bio-invasions sont des éléments indésirables du monde agricole. Le développement d'activités humaines telles que l'agriculture ou le commerce augmente le déplacement d'espèces hors de leur aire d'origine. Grâce aux progrès rapides de méthodes moléculaires qui mesurent la variation génétique, une large gamme de techniques est disponible pour explorer les processus de colonisation de nouvelles régions géographiques par des espèces étrangères.*

## **Sélectionner le bon auxiliaire de contrôle pour la bonne plante**

Les débats de cette dernière décennie ont fait prendre conscience de la contribution de l'étude des phylogéographies comparées de la plante hôte et des auxiliaires de contrôle dans la recherche des traits de spécialisation de la plante cible. Auparavant, seule importait l'étude des traits comportementaux de l'insecte auxiliaire et de leurs combinaisons, l'insecte étant choisi pour une situation de lutte biologique donnée. La prise en compte des données concernant l'architecture génétique des populations naturelles de la plante, de l'auxiliaire et de son évolution qui sont majeures dans l'évolution de la spécialisation a ouvert de nouvelles perspectives.

La diversité génétique d'une espèce, étudiée à l'échelle de l'aire naturelle à l'aide de marqueurs moléculaires, permet de retracer son histoire évolutive. Chez des espèces liées par une relation hôte / auxiliaire de contrôle qui peut être hautement spécifique, les phylogéographies comparées de chaque protagoniste sont mutuellement informatives, permettant de confronter les interactions différentielles (spectre d'hôtes) non seulement aux contraintes écologiques mais aussi à l'histoire évolutive de chaque protagoniste (voir encadré sur *Lepidium draba* p.29).

Les principales activités de l'équipe « Unité d'évaluation génétique » du Laboratoire d'EBCL (*European Biological Control Laboratory*) de l'USDA (*United States Department of Agriculture*) sont orientées autour :

- de l'analyse comparée des phylogéographies d'une espèce envahissante (mauvaises herbes ou insectes ravageurs) et de ses ennemis naturels. Les principaux objectifs sont d'identifier non seulement l'origine des populations envahissantes mais aussi de rechercher chez l'agent de contrôle les entités à l'échelle intra-spécifique les plus spécifiques, en vue d'optimiser la gestion des populations envahissantes. Ce volet est réalisé en collaboration avec Montpellier SupAgro et le CBGP.
- de l'étude de la valeur adaptative (en particulier du pouvoir pathogène) d'un pathogène du cacao (*Phytophthora megakarya*) en réponse à un agent de lutte biologique (*Trichoderma asperellum*). Ces activités sont menées en collaboration avec le Cirad (Équipe « Biologie et génétique des eucaryotes phytopathogènes », UMR Biologie et génétique des interactions Plante-Parasite pour la protection intégrée (Inra/Montpellier SupAgro/Cirad). L'objectif final est de proposer une méthode alternative, sinon complémentaire, à l'utilisation unique de fongicides dans les zones productrices de cacao.

De nombreuses collaborations sont initiées au niveau international comme, entre autres, celles développées dans le cadre de la lutte biologique contre les pathogènes du cacao, avec l'Institut de la recherche agricole pour le développement (IRAD au Cameroun) et l'*Imperial College of London* (Royaume-Uni), ou contre la mauvaise herbe *Lepidium draba* par un charançon, *Ceutorhynchus assimilis* (voir encadré), avec le laboratoire ARS de Sidney, dans le Montana (États-Unis), et l'Université de Rome (Italie)\*. ...

\* Texte rédigé par Marie-Claude Bon (USDA- ARS, EBCL), [mcbon@ars-ebcl.org](mailto:mcbon@ars-ebcl.org)



1. à 3. Différents niveaux d'attaque et expression de symptômes induits par l'acarien *Aceria guerreronis* sur le cocotier

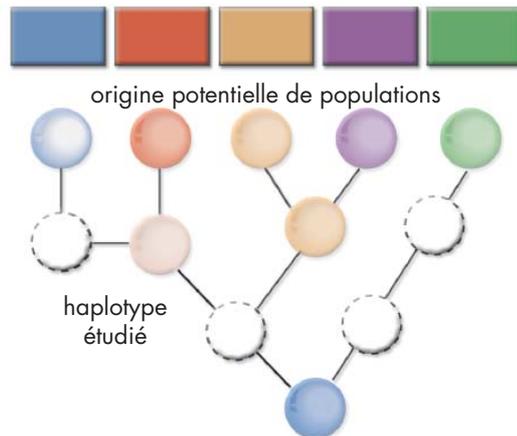
## Utilisation de la diversité génétique pour retracer l'origine et la dissémination des bioagresseurs exotiques

En raison de la nature généalogique du matériel génétique, les marqueurs génétiques dits neutres sont idéaux pour le suivi des schémas de déplacement de ces espèces. Ces informations peuvent être utilisées pour établir l'origine des populations et la propagation des espèces ciblées.

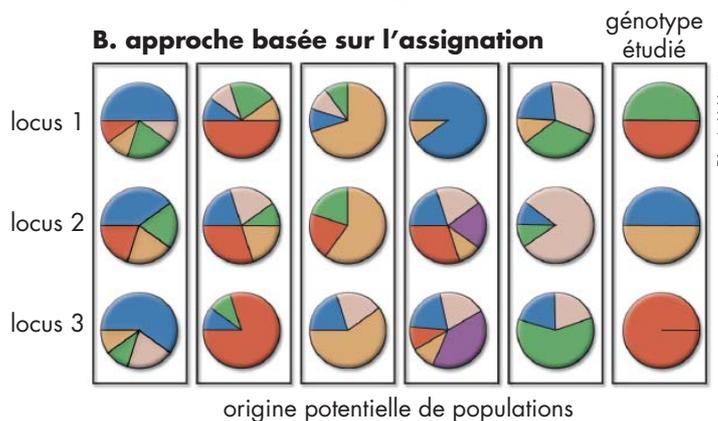
Une combinaison de marqueurs génétiques et d'informations sur les traits d'histoire de vie a été utilisée pour étudier les itinéraires d'invasion d'un acarien ravageur du cocotier, l'ériophyide *Aceria guerreronis*. Ce dernier a émergé au cours des 30 dernières années comme ravageur important et s'est récemment propagé dans la plupart des zones de production. L'origine de cet acarien est inconnue. L'espèce a été pour la première fois décrite à Guerrero (Mexique), en 1965. Cependant, certaines observations précédentes indiquent qu'elle était déjà présente dans d'autres régions d'Amérique du Sud. L'acarien a été signalé en Afrique, dans le Golfe de Guinée, en 1966, au Bénin, en 1967, et dans l'est du continent (Tanzanie), dans les années 80. Les signalements les plus récents de cette espèce dans de nouvelles zones concernent l'Inde et le Sri Lanka, dans les années 1990. Curieusement, il n'y a aucune mention de la région indo-pacifique, région d'origine du cocotier.

Pour étudier le processus invasif de l'espèce et élucider l'origine potentielle du ravageur, les relations génétiques de 29 populations d'*A. guerreronis* originaires de la plupart des régions géographiques où l'espèce est actuellement signalée (les Amériques, l'Afrique et la région de l'Océan Indien) ont été analysées. La variation des séquences ADN a été examinée dans deux régions génomiques : la région nucléaire interne transcrite (ITS1-5.8S-ITS2) du cluster ribosomique et un fragment de l'ADN mitochondrial, le 16S. Ces deux fragments de respectivement 1 000 et 404 paires de bases ont été amplifiés par PCR et séquencés. La variation génétique observée est résumée dans la figure page suivante. ...

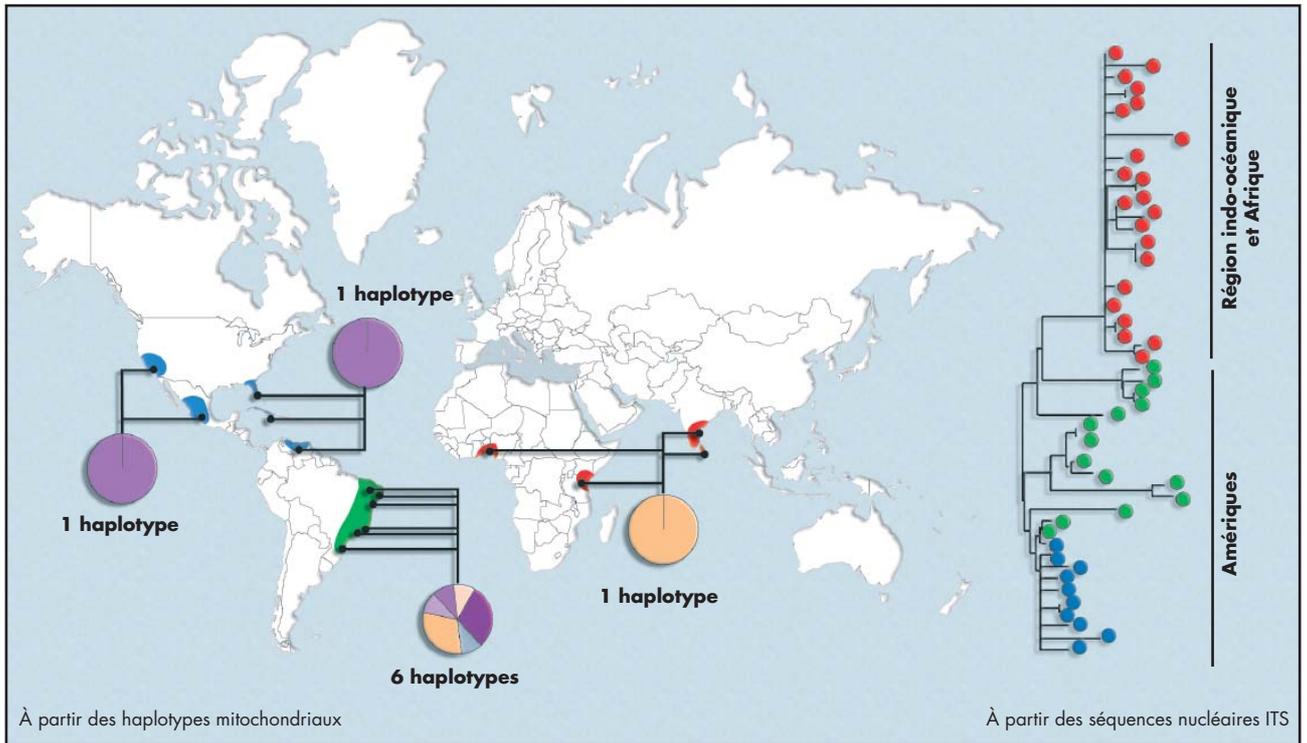
### A. approche phylogénétique



### B. approche basée sur l'assignation



### Approche génétique pour déterminer l'origine des populations



D'après M. Navajas

### Historique phylogéographique de l'acarien du cocotier.

(a) Les différents haplotypes mitochondriaux détectés et leurs fréquences dans les différentes localités échantillonnées (points noirs) sont indiqués par des diagrammes en secteurs. La plus grande diversité nucléotidique a été observée au Brésil où six des sept haplotypes étaient présents. En revanche, un haplotype unique a été trouvé en Amérique Centrale et du Nord et un seul était aussi partagé par les acariens non américains d'Afrique et de la région indo-océanique (Inde et Sri Lanka).

(b) En conséquence, l'arborescence construite avec les séquences nucléaires ITS a révélé que tous les spécimens non américains (en rouge) sont très peu diversifiés et regroupés dans une branche alors que les Brésiliens (en vert) sont représentés dans plusieurs branches de l'arborescence. Le reste des spécimens américains (en bleu) est rassemblé en un même cluster. Les spécimens de chaque région d'échantillonnage sont colorés conformément à la carte.

### Utilisation de la diversité génétique pour retracer l'origine et la dissémination des bioagresseurs exotiques

... Les résultats moléculaires et les informations enregistrées sur la présence du ravageur dans le monde permettent de retracer l'historique de l'expansion récente de cette espèce. Malgré le signalement pratiquement simultané de l'acarien dans les Amériques et en Afrique, la très grande diversité observée en Amérique suggère une origine de l'espèce sur ce continent, l'hypothèse la plus plausible semblant être l'Amérique du Sud.

Compte tenu de l'hypothèse d'une origine américaine de l'acarien, on ignore pourquoi aucun des haplotypes américains identifiés dans cette étude n'est présent dans les spécimens d'autres continents. En raison de la variation génétique élevée de l'acarien en Amérique, l'échantillonnage de la diversité totale de cette espèce sur ce continent n'aurait été que partielle. La question qui se pose quant à l'origine américaine d'*A. guerreronis* porte sur la plante-hôte initiale de l'acarien. Selon une hypothèse précédente, celui-ci était à l'origine sur un autre palmier que le cocotier. De plus, les acariens recueillis sur un autre palmier, *Syagrus romanzoffiana*, analysés ici ne présentent pas un génotype distinct.

Certaines pistes sur les voies de propagation de l'acarien sont fournies par cette étude. L'absence de polymorphisme entre les spécimens africains et indo-pacifiques est compatible avec une infestation récente et unique de ces régions, probablement depuis l'Amérique. La dissémination de l'acarien dans les Amériques et, de là, vers d'autres continents, semble être une hypothèse réaliste. Bien que le vent puisse être considéré comme le principal vecteur de la propagation des acariens sur de courtes distances, l'action de l'homme a facilité la dissémination rapide du ravageur sur de longues distances.

Afin de contrôler les espèces invasives, il est nécessaire de trouver des ennemis naturels efficaces de l'espèce cible dans la région d'origine de celle-ci où le ravageur et ses prédateurs sont en contact depuis longtemps.

Il est largement reconnu que la principale cause de propagation de l'acarien du cocotier dans des régions éloignées résulte de l'activité humaine ou du commerce. Le transport du matériel de propagation de palmiers représente ainsi un risque à prendre en considération pour des mesures de quarantaine en vue de prévenir la propagation de cet acarien invasif vers d'autres pays d'Asie et du Pacifique où il n'a pas encore été signalé mais où la menace existe.

Contact : Maria Navajas, [navajas@supagro.inra.fr](mailto:navajas@supagro.inra.fr)

## La génétique non invasive au service de l'entomologie

Le développement des techniques de biologie moléculaire dites « non invasives » révèle des champs d'application particulièrement intéressants pour l'étude des insectes protégés ou nuisibles. En effet, la présence, au sein d'une même espèce d'insectes, d'entités génétiquement, voire même biologiquement différentes mais morphologiquement similaires n'est pas sans conséquence sur la mise en œuvre d'un programme de lutte biologique contre une espèce ravageuse ou envahissante ou d'un programme de gestion conservatoire dans le cas d'espèces protégées. Comment alors obtenir la signature génétique de telles entités sans les détruire ?

Une méthode de typage, à la fois directe et non invasive, d'un charançon phytophage et gallicole, *Ceutorhynchus assimilis*, a été développée au sein de l'EBCL. Cette innovation est basée sur la détection directe de régions du génome

permettant la différenciation d'entités cryptiques à partir des sécrétions fécales de l'insecte. Les typages de l'ADN issu d'excréments permettent de détecter la présence de l'insecte. Ils sont basés sur le polymorphisme des marqueurs d'une région du génome mitochondrial combinés à une technique de DSCP (*Double Strand Conformation Polymorphism*). Cette stratégie est fondée sur les différents comportements électrophorétiques de fragments d'ADN bicaténaux, de courbures différentes, elles-mêmes induites par des séquences variables. Ces typages permettent :

i) d'identifier l'insecte individuellement, ii) de déterminer son appartenance à telle ou telle race d'hôte. À partir de ces deux niveaux d'analyses, certains facteurs biologiques peuvent être dégagés, lesquels s'avèrent indispensables dans le cadre de la recherche de la spécificité d'un agent de lutte biologique pour une mauvaise herbe. Cette première étude basée uniquement sur l'ADN des fèces a fourni des informations nouvelles qui n'auraient pas pu être obtenues

par une méthode d'observation sur le terrain ou d'échantillonnage génétique classique. Aucun insecte n'a été perturbé ou détruit. À l'avenir, cette méthode pourrait être utilisée dans d'autres domaines de la recherche et du développement, y compris par les services de quarantaine.

## Diversité des modèles en génétique des invasions

Les équipes « Écologie intégrative et gestion des systèmes populations-environnement » (CBGP, groupe « processus évolutifs et gestion des bio-agresseurs ») et « Génétique et environnement » (Institut des Sciences de l'Évolution) utilisent également des outils de biologie moléculaire pour caractériser la diversité génétique de bio-agresseurs exotiques. Ces deux équipes s'intéressent à deux modèles différents (voir encadrés), respectivement *Aceria guerreronis* (acarien ravageur du cocotier) et *Senecio inaequidens* (sénéçon du Cap). ■

## Le cas de *Lepidium draba* ou comment choisir le bon auxiliaire de contrôle

*Lepidium draba* spp. *draba*, une mauvaise herbe toxique pour le bétail envahissant les espaces naturels américains et les prairies, est une crucifère au même titre que les choux et le colza. Récemment encore, les chercheurs impliqués dans la lutte biologique contre cette plante considéraient comme peu probable l'existence d'un auxiliaire de contrôle hautement spécifique de cette mauvaise

herbe. Chez le charançon phytophage et gallicole *Ceutorhynchus assimilis* (Coleoptera : Curculionidae), les différences de comportement et de spécificité observées entre populations vis-à-vis des plantes hôtes ont été clarifiées. Des analyses de certaines régions mitochondriales (par séquençage) ont montré l'existence, au sein de l'espèce, de plusieurs entités génétiques, toutes morphologiquement identiques mais différenciées selon la plante hôte et la distribution géographique avec, en particulier, une race inféodée à *Lepidium draba* spp. *draba*.

L'observation de traits de spécialisation à la plante et d'un isolement reproducteur entre cette race et les autres a confirmé l'existence d'une race d'auxiliaires de contrôle spécifique de la mauvaise herbe.

Le patron phylogéographique de l'auxiliaire a ensuite été comparé à celui de la mauvaise herbe dans son aire d'origine, ce qui a permis de mettre clairement en évidence une congruence des structurations génétiques spatiales des deux taxa. Cette étude devrait permettre de déterminer l'influence des facteurs historiques et spatiaux sur la spécificité d'hôte de cet auxiliaire. Les analyses moléculaires de deux régions intergéniques de l'ADN chloroplastique ont permis de retracer en partie l'histoire de la colonisation récente de cette espèce polyploïde. La grande diversité génétique et les multiples origines géographiques des populations américaines de la mauvaise herbe qui ont été observées suggèrent des introductions récentes à partir de diverses régions d'Eurasie. Ces diversités seront autant de nouveaux facteurs à prendre en considération dans le programme de lutte biologique.

**Contacts : Marie-Claude Bon, [mcbon@ars-ebcl.org](mailto:mcbon@ars-ebcl.org) et Jean-François Martin, [martinjf@supagro.inra.fr](mailto:martinjf@supagro.inra.fr)**



© M. de Freitas

### Les principales équipes

**USDA-ARS, EBCL, Laboratoire Européen de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

**Équipe « Unité d'évaluation génétique »**  
Chercheuse impliquée : Marie-Claude Bon

**UMR 1062 CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

**Équipe « Génétique adaptative et spéciation »**  
Chercheur impliqué : Jean-François Martin  
(Montpellier SupAgro)

**Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »**  
Chercheurs impliqués : Maria Navajas (Inra),  
Alain Migeon (Inra)

**Institut des Sciences de l'Évolution (UM2, CNRS)**  
Directeur : Nicole Pasteur,  
[pasteur@isem.univ-montp2.fr](mailto:pasteur@isem.univ-montp2.fr)

**Équipe « Génétique et Environnement »**  
Chercheuse impliquée : Sandrine Maurice

**Autres équipes concernées par ce thème**

**UMR 1062**

**CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
bourguet@supagro.inra.fr

**Thématique « Systématique-Taxonomie, Phylogénie-Phylogéographie »**

Chercheurs impliqués : Denis Bourguet (Inra), Gérard Delvare (Cirad), Mireille Fargette (IRD), Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro), Laurent Granjon (Museum National d'Histoire Naturelle, détaché IRD), Armelle Coeur-d'Acier (Inra), Bruno Michel (Cirad), Franck Dorkfeld (Inra), Johan Michaux (FNRS) Gauthier Dobigny (IRD), Serge Morand (IRD), Sylvie Manguin (IRD), Jean-Pierre Quéré (Inra), Maria Navajas (Inra), Alain Migeon (Inra)

**Équipe «Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »**

Enseignants-chercheurs impliqués : Serge Kreiter (Montpellier SupAgro), Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro), Michel Martinez (Inra), Jean-François Germain (LNPV), Philippe Reynaud (LNPV), Jean-Claude Streito (LNPV)

**LGEI,**

**Laboratoire Génie de l'environnement industriel et des risques industriels et naturels, École des Mines d'Alès (EMA)**  
Directeur : Miguel Lopez-Ferber,  
Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr

Chercheur impliqué : Miguel Lopez-Ferber

**CSIRO,**

**Laboratoire européen**  
**Thématique « Bioagresseurs émergents et bio-invasions »**  
Directeurs et chercheurs impliqués : Andy Sheppard (1<sup>er</sup> semestre 2006), andy.sheppard@csiro.au

Mic Julien (2<sup>ème</sup> semestre 2006), mic.julien@csiro.au

Chercheuse impliquée : Mireille Jourdan

**USDA-ARS, EBCL, Laboratoire Européen de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
ebcl@ars-ebcl.org

**Équipe « Lutte biologique contre les bio-invasions »**

Chercheurs impliqués : Walker Jones, René Sforza, Brian Rector, William Meikle, Dominique Coutinot, Franck Hérard

**CEFE, Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive**  
(UMR 5175, CNRS)

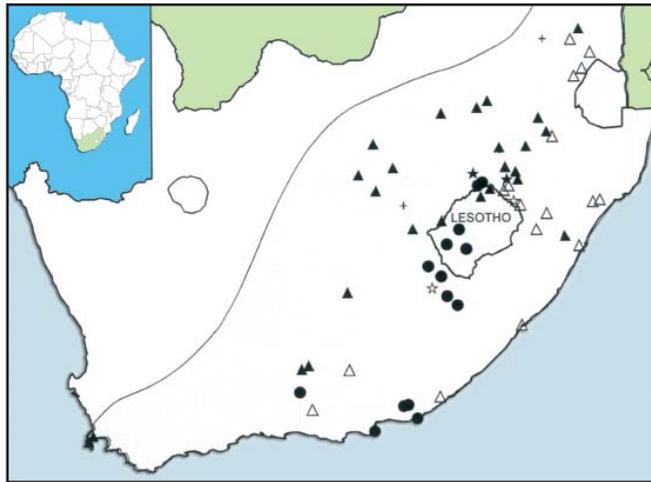
UM1, UM2, UM3, Montpellier SupAgro, Cirad  
Directeur : Jean-Dominique Lebreton,  
jean-dominique.lebreton@cefe.cnrs.fr

Chercheurs impliqués : Arnaud Martin, Cindy Adolphe, John Thompson, Anne Charpentier

**UMR C53**

**PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/ Université de la Réunion)**  
Directeur : Bernard Reynaud,  
bernard.reynaud@cirad.fr

Chercheurs impliqués : Bernard Reynaud, Serge Quilici, Philippe Ryckewaert, Frédéric Chiroleu, Jean-Philippe Deguine



Cartographie des formes diploïdes et tétraploïdes du sénéçon du Cap dans son aire d'origine : l'Afrique du sud

D'après S. Maurice

## Le sénéçon du Cap en région Languedoc-Roussillon

*Senecio inaequidens* DC. (*Asteraceae*) appartient à un genre très connu parmi les plantes envahissantes. Cette espèce est considérée comme une des cinq espèces les plus nuisibles d'Europe de l'Ouest et l'espèce invasive dominante en région Languedoc-Roussillon. Cette plante pérenne tétraploïde présente dans les vignes, les dunes et les prairies naturelles est originaire des zones ripicoles et des prairies caillouteuses d'Afrique du Sud. Introduite comme un contaminant de la laine à Mazamet, en 1936, ce sénéçon à forte plasticité écologique se développe aussi bien sous climat tempéré que méditerranéen, depuis le niveau de la mer jusqu'à 2 500 m d'altitude. Elle est toxique pour le bétail et menace également la flore indigène par son fort pouvoir colonisateur. Une longue période de floraison permet une production pouvant atteindre 10 000 graines/plante dispersées par le vent et les animaux. Ainsi, *S. inaequidens* est devenu un système modèle au sein des instituts d'Agropolis International pour la compréhension de la biogéographie, l'écologie et l'évolution des bio-invasions puisqu'il colonise des zones bioclimatiques très différentes de son aire d'origine. C'est également un représentant d'un groupe d'espèces végétales associées envahissant les pâturages à travers le monde.

Pour savoir si les populations invasives ont subi des changements évolutifs liés à la colonisation ou pour trouver des agents de lutte biologique, il est nécessaire de connaître l'origine exacte des individus envahissants. L'étude sur la taxinomie et l'origine africaine du Sénéçon du Cap, *Senecio inaequidens*, a abouti aux conclusions suivantes :

- les taxons *Senecio inaequidens*, *Senecio harveianus* et *Senecio madagascariensis* ne représentent pas des espèces biologiques mais forment un complexe d'espèces interfécondes.
- ce complexe d'espèces comporte, en Afrique du Sud et au Lesotho, des formes diploïdes et des formes tétraploïdes.
- toutes les plantes européennes étudiées sont tétraploïdes. Or, l'histoire de l'introduction en Europe relate plusieurs événements indépendants de colonisation. Le phénomène de polyploïdisation a donc probablement eu lieu en Afrique du Sud.
- la cytométrie en flux a également permis de caractériser deux ensembles de populations diploïdes (quantité d'ADN légèrement différente avec même nombre de chromosomes) en Afrique du Sud qui sont distincts géographiquement et à l'intersection desquels on trouve les populations tétraploïdes. Le patron géographique observé suggère donc qu'un événement d'allopolyploïdisation (hybridation des deux variétés de diploïdes) est à l'origine des tétraploïdes de la région du Lesotho.

Seules les formes tétraploïdes ont envahi l'Europe alors que l'Amérique du Sud et l'Australie sont envahies par les formes diploïdes. Ceci implique que les différents pays européens importaient tous leur laine de la région tétraploïde et/ou que seuls les tétraploïdes réussissent à s'installer dans le climat européen. Ainsi, la recherche scientifique étudie la phylogénie et les systèmes de croisement relatifs aux espèces invasives dans ce genre ainsi que la génétique comparée des populations. De plus, elle s'intéresse à la résistance et à la tolérance vis-à-vis des dégâts induits par les ennemis naturels spécialistes et généralistes en France et dans son aire d'origine.

Contact : Sandrine Maurice, maurice@isem.univ-montp2.fr

*Inflorescence de  
Senecio inaequidens  
(Asteraceae) :  
une des cinq  
espèces les plus  
nuisibles d'Europe  
de l'Ouest*

© S. Maurice



## Vers de nouvelles associations pour lutter contre le séneçon du Cap

Tandis que le potentiel de la lutte biologique n'a pas encore été suffisamment exploité, un très haut degré de spécificité des agents sera requis, étant donné le nombre d'espèces indigènes de *Senecio* sp. en Europe. Les solutions s'orientent vers deux antagonistes européens. Une rouille (champignon) d'origine australienne, *Puccinia lagenophorae* Cooke, à présent cosmopolite, peut tuer des génotypes sensibles en Europe bien que des résistances soient observées dans de nombreuses populations. Par ailleurs, un puceron, *Aphis jacobaeae* Schrank, s'attaque en masse aux tiges du séneçon du Cap, réduisant la production de semences. Ces deux agents doivent être mieux étudiés dans l'avenir pour tendre vers une lutte biologique de type inondatif ou inoculatif.

Contact : Andy Sheppard, [andy.sheppard@csiro-europe.org](mailto:andy.sheppard@csiro-europe.org)



*Colonie du puceron, Aphis jacobaeae s'attaquant en masse au séneçon du Cap dans la région de Montpellier*



*Populations de  
la cochenille  
Neopulvinaria  
innumerabilis  
sur vigne*

# Gérer *les populations*

Dans le concept d'agriculture durable, la gestion des populations de ravageurs par des méthodes non chimiques est la phase finale du long processus d'études et d'analyses des espèces envahissantes et émergentes et de leurs interactions avec les autres espèces et le milieu qu'elles envahissent. Gérer ne consiste pas de fait à éliminer totalement des populations cibles mais à établir un seuil économique, social et environnemental en deçà duquel le praticien, l'agronome et l'agriculteur estimeront acceptables les pertes occasionnées à la culture ainsi gérée. La lutte biologique au même titre que la lutte chimique employée pour atteindre ce seuil, peut aussi être un moyen de réduire les populations de bioagresseurs en deçà de ces seuils.



© F. Hérard

L'approche lutte biologique  
*classique* : gestion par  
l'introduction d'auxiliaires  
**p. 34**



© T. Mateille

Compréhension du rôle  
*majeur des interactions*  
environnementales  
**p. 40**



© J.P. Deguine

L'agroécologie,  
*une autre vision*  
de l'agriculture durable  
**p. 44**

**I**l existe trois grandes approches de gestion, indépendantes et complémentaires : l'approche lutte biologique classique, l'approche des interactions environnementales et l'approche agroécologique.

L'approche classique au travers des programmes de recherche de la communauté d'Agropolis International est axée majoritairement sur la gestion des invertébrés que sont les insectes et les acariens par l'introduction d'ennemis naturels et plus anecdotiquement sur la gestion de plantes envahissantes. Ces introductions sont contrôlées et suivies à long terme. En Europe, contrairement à de nombreux pays (États-Unis, Australie, Nouvelle-Zélande, Afrique du Sud), la lutte biologique contre les espèces végétales n'en est qu'à ses balbutiements puisqu'aucun auxiliaire n'a encore été lâché *in situ*. Ainsi, les seules recherches finalisées correspondent à l'utilisation de prédateurs, de parasitoïdes, de champignons entomopathogènes et de baculovirus contre des insectes ou acariens ravageurs. Utilisés aussi bien en milieu ouvert que confiné, ces antagonistes œuvrent pour une gestion profitable et durable de ravageurs d'importance économique sur cultures légumières, céréalières ou forestières.

Le cœur de la problématique de la durabilité des productions agricoles s'inscrit dans une démarche de qualité sanitaire et environnementale. L'approche des interactions environnementales vise à mettre en place une gestion basée sur la prise en compte globale des éléments du milieu, comme la nature des sols et des complexes d'espèces qui coexistent et interagissent ainsi que l'analyse des conditions climatiques (liées à la présence de micro-organismes).

Aujourd'hui, les agro-écosystèmes sont devenus les objets de nouveaux enjeux, économiques, sociaux et environnementaux : produire en quantité et en qualité tout en garantissant la sécurité alimentaire ; préserver des risques pour l'environnement et la santé ; restaurer des situations écologiquement dégradées. Dans cette perspective, la gestion agroécologique va dans le sens d'une valorisation de la biodiversité animale et végétale en mettant l'accent sur la gestion des peuplements végétaux, cultivés ou non (forme, structure et taille ; arrangement ; composition). La démarche vise aussi à préserver les populations d'auxiliaires en place, ce qui correspond à une des voies du concept de la lutte biologique. Le rôle des zones réservoirs pour la faune utile est par exemple privilégié, tant à l'échelle locale qu'à l'échelle du paysage.

Ces différentes approches de gestion sont en prise directe avec des préoccupations sociales et environnementales à l'origine de la diminution des quantités de produits phytosanitaires chimiques utilisées, une des conditions requises pour la durabilité des systèmes de production végétale.

**René Sforza (EBCL)  
et Jean-Philippe Deguine (Cirad)**

# L'approche lutte *biologique classique* : gestion par l'introduction d'auxiliaires

*La gestion des bioagresseurs exotiques ou émergents peut s'effectuer en recourant à la lutte biologique classique qui exploite les mécanismes de régulation naturelle des populations. En effet, il s'agit là d'une technique qui consiste à introduire une nouvelle espèce dans un environnement afin de contrôler les populations d'un ravageur. Cette approche vise à limiter les populations d'un ravageur exotique en introduisant un ennemi naturel provenant de la zone de distribution originale de l'envahisseur. La démarche adoptée nécessite alors la mise en commun de compétences scientifiques variées.*

## **Fonctionnement de systèmes multitrophiques : *Macrolophus caliginosus*-*Bemisia tabaci***

La gestion des populations en milieu fortement anthropisé nécessite l'élaboration de stratégies et de tactiques s'appuyant sur des données de simulation débouchant sur la prévision et l'aide à la décision. Les contraintes de qualité orientent la protection biologique et intégrée vers une plus forte réactivité, ce qui pose avec acuité le problème de la pertinence et de la fiabilité des méthodes d'analyse de la dynamique des populations visées (bioagresseurs et protagonistes) et de la dynamique de leurs interactions. Bien que les concepts de l'analyse populationnels complexes aient été établis dans les années 80, on constate que cette problématique scientifique est encore trop peu développée.

Le choix du système tritrophique « Tomate sous abri en zone méditerranéenne/*Bemisia tabaci* (aleurode bioagresseur)/ *Macrolophus caliginosus* (punaise miride auxiliaire) » par l'équipe « Écologie intégrative et gestion des systèmes population-environnement » (CBGP) se fonde sur l'acquis des connaissances sur le fonctionnement de l'agrosystème tomate sous serre, considéré comme modèle de prédilection par les agronomes (paramètres relatifs au climat et à la fertirrigation maîtrisables,...) et sur le fait que, paradoxalement, les variables

concernant les populations de bioagresseurs et de leurs antagonistes n'ont pas été intégrées dans le fonctionnement de l'agrosystème, faute d'études biodémographiques de base et de développement d'outils adaptés à l'intégration des interactions entre populations protagonistes (voir encadré).

## **Le contrôle des insectes nuisibles par les baculovirus**

On trouve les baculovirus dans la nature, sur les feuilles, sur les fruits ou dans la terre. Ils ont développé un système de protection, le corps d'inclusion, qui leur permet de conserver une activité pendant de longues périodes, en attendant un nouvel hôte. Les baculovirus produisent des épizooties naturelles dans les populations de leurs hôtes. Ces épizooties sont en liaison avec les fluctuations des populations. Par exemple, les augmentations des populations du Bombyx disparate en Languedoc sont en partie contrôlées par des épizooties naturelles du virus.

Des recherches sont actuellement développées au sein du centre de recherche LGEI (Laboratoire génie de l'environnement industriel et des risques industriels et naturels, École des Mines d'Alès) sur l'utilisation des baculovirus comme agents de contrôle biologique pour la protection des cultures (voir encadré ci-contre). Des partenariats étroits se développent à ce sujet avec l'Université de Navarre (Espagne), l'IRD et l'Inra au niveau institutionnel. ●●●

1. Le parasitoïde *Chilo chilonis* (Hyménoptère *Trichogrammatidae*) arpentant une ponte du papillon foreur de la canne à sucre (*Chilo sacchariphagus*)

2. Larve infestante du papillon foreur de la canne à sucre sur l'Île de la Réunion (*Chilo sacchariphagus*)



© D. Conlong

© R. Goebel

## Espoir d'un contrôle biologique du foreur de la canne à sucre à l'Île de la Réunion : cas de lâchers inondatifs de trichogrammes

La canne à sucre est une culture économiquement importante dans de nombreux pays producteurs. Mais les foreurs présents sur cette culture entravent fortement la productivité, particulièrement dans l'Océan Indien et en Afrique Australe. Le foreur ponctué *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera, Crambidae) est responsable d'importantes pertes de productivité dues aux dégâts effectués par sa chenille qui fore les tiges de la canne. Il en résulte à la fois des pertes directes au champ (pertes de tonnage allant jusqu'à 40 t/ha) et des pertes à l'usine (diminution du sucre extractible par tonne de canne).

Les attaques de ce ravageur sont en recrudescence dans de nombreuses exploitations. Sur l'Île de la Réunion, ce phénomène est en grande partie lié au développement d'une nouvelle variété de canne à sucre (la R579) ayant une meilleure productivité que celles utilisées jusqu'à présent (rendement = 150T/ha pour 100 à 120T/ha pour les autres variétés) mais sensible au foreur ponctué. Alors que les traitements chimiques sont difficilement envisageables, la lutte biologique présente une solution offrant une meilleure prise en compte de l'environnement.

Pendant trois ans, un cofinancement Fonds Européen/Conseil général de la Réunion a permis de mener un important programme de recherche dans l'île de la Réunion, en collaboration étroite entre l'Inra, le Cirad et la FDGDON (Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles) afin de trouver une solution biologique au problème. Dans cette île, il existe un cortège d'auxiliaires indigènes associés à ce ravageur avec, parmi les hyménoptères parasitoïdes, une présence majoritaire de trichogrammes, d'où l'idée de mettre au point une lutte à l'aide de ces oophages. Un inventaire de ces parasitoïdes a

montré la présence d'une seule espèce dans les champs de canne : *Trichogramma chilonis*. Cet auxiliaire étant naturellement en trop faible densité, notre objectif a été d'effectuer des lâchers inondatifs dans les champs de canne, en début de cycle qui correspond aussi à la période optimale de ponte du foreur. Afin de choisir les individus offrant les meilleures potentialités pour une lutte biologique et un élevage de masse, les caractéristiques biologiques de trois populations réunionnaises de *T. chilonis* ont été comparées au laboratoire, en fonction de la température et de l'hôte d'élevage. La population provenant de St Benoît (climat chaud et humide) a présenté les meilleures potentialités pour une lutte biologique. Elle a donc été choisie pour l'élevage de masse et les essais au champ.

Trois années d'expérimentation en champ de canne (2002 à 2004) ont montré un pourcentage d'entre-nœuds attaqués significativement plus faible dans les parcelles traitées (lâchers de trichogrammes) que dans les parcelles témoins avec, par exemple en 2003, un gain de 15 (+ 571 €/ha) à 36 tonnes de canne à l'ha (+ 1 423 €). Les meilleurs résultats ont été obtenus dans les parcelles à forte densité d'hôtes, densité qui est liée à un climat plus humide. Ces résultats obtenus en parcelles expérimentales permettent d'être très optimistes quant à une utilisation généralisée de la lutte biologique par les producteurs de canne à sucre. Pour assurer rentabilité et fiabilité de ce contrôle biologique, il est maintenant nécessaire d'améliorer la stratégie des lâchers (périodes et doses) ainsi que d'affiner le choix de la population de trichogrammes. Le partenariat qui a été jusqu'à maintenant exemplaire entre les trois organismes concernés est le garant du succès des actions futures.

Contact : Régis Goebel, [goebel@cirad.fr](mailto:goebel@cirad.fr)

## Des recherches menées sur l'île de la Réunion

Les recherches et les formations associées de l'UMR C53 PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/Université de la Réunion) concernent la protection des cultures tropicales et la préservation de la biodiversité des écosystèmes terrestres. L'unité est accueillie au sein des laboratoires du Pôle de protection des plantes (3P) de Saint-Pierre, à la Réunion. Ses champs d'investigation sont l'épidémiologie végétale (épidémiosurveillance et adaptation des populations de micro-organismes phytopathogènes), la dynamique des populations d'insectes et les interactions tritrophiques, la génétique et la caractérisation de la résistance des plantes aux bioagresseurs, l'endémisme et les invasions des écosystèmes terrestres naturels en milieu insulaire.

Ses recherches doivent déboucher sur des méthodes innovantes de lutte contre les ravageurs, les maladies et les adventices des agrosystèmes

mais aussi sur de nouveaux modes de conservation des milieux forestiers indigènes et de gestion agroécologique des bioagresseurs de culture.

## La lutte biologique contre les bioagresseurs de la canne à sucre

La canne à sucre attire une quantité importante d'insectes dont une dizaine d'espèces ont une incidence économique. Les dégâts sont occasionnés tant au niveau des racines (vers blancs) qu'au niveau des tiges (cochenilles, foreurs), ou sur les feuilles (chenilles défoliatrices, thrips ou via les maladies transmises par pucerons...). Contrairement à d'autres cultures, il existe peu ou pas de traitements insecticides en raison du cycle et de la densité importante de la végétation et du développement endophyte de certains insectes (foreurs).

Aussi, les institutions de recherche privilégient la lutte biologique, la lutte agronomique et la résistance variétale. L'unité de recherche « Systèmes canniers » (Cirad), dont une grande partie des chercheurs est localisée à la

Réunion, s'intéresse entre autres thèmes de recherche à celui de la gestion intégrée des bioagresseurs.

Les résultats les plus marquants obtenus à la Réunion concernent le contrôle biologique du « ver blanc » *Hoplochelus marginalis* par un champignon entomopathogène et celui du lépidoptère foreur *Chilo sacchariphagus* à l'aide de trichogrammes (voir encadré). L'effort de recherche se poursuit pour mieux cerner l'impact des pratiques culturales et du climat sur l'émergence ou le renforcement des bioagresseurs.

Des études plus approfondies sur la biodiversité des champs de canne sont nécessaires afin d'exploiter au mieux les arthropodes qui régulent les bioagresseurs. Des modèles de dynamique de populations restent à élaborer en relation avec la croissance de la canne à sucre. À cette fin, des partenariats sont entre autres développés avec le *South African Sugarcane Research Institute* (SASRI) en Afrique du Sud, le *Mauritius Sugar Industry Research Institute* (MSIRI) à Maurice, l'Inra en France ou encore le *Bureau of Sugar Experiment Stations* (BSES) en Australie. ■

*Bemisia tabaci*,  
Hémiptère  
aleurode, appelé  
mouche blanche,  
et ravageur et  
vecteur de haute  
importance en  
cultures sous serres

© J. Fargues



## L'aleurode ravageur et vecteur : une double menace

Depuis 2003, l'extension de l'aire de distribution des aleurodes du complexe *Bemisia*, avec au moins deux biotypes vecteurs de Begomovirus, dans toutes les zones de production légumière du Sud de la France a conduit à un recentrage des objectifs du programme de recherche. Ces dernières s'orientent vers l'analyse et la gestion des foyers d'infestation primaires sur des populations avec des densités faibles, nécessitant des études approfondies sur la dynamique des populations ciblées et l'élaboration d'outils d'analyse performants. De plus, cet aleurode est vecteur de phytovirus d'une gravité exceptionnelle tel que le *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) (agent viral déclaré organisme de quarantaine).

Trois axes de recherche sont développés actuellement : (i) l'analyse spatio-temporelle des populations de *B. tabaci* et de *M. caliginosus*, dans le double but de valider des plans d'échantillonnage adaptés et d'élaborer une base de validation pour les modèles de dynamique des populations (ii) la caractérisation des traits de vie et l'analyse expérimentale des interactions ravageur-auxiliaires de lutte en conditions contrôlées et (iii) l'élaboration d'un modèle de fonctionnement du système multitrophique *B. tabaci* / *M. caliginosus* / autres auxiliaires de lutte (champignon entomopathogène) capable de simuler la dynamique du système dans des conditions de culture sous serre. L'analyse du fonctionnement de systèmes populationnels multispécifiques et la modélisation qui leur est associée apparaissent aujourd'hui absolument indispensables. L'enjeu d'un tel travail est l'étude de la dynamique des relations entre les différents niveaux trophiques afin d'en dériver des outils (modèles) de fonctionnement, de simulation et de prévision. Après validation expérimentale en conditions de production, c'est-à-dire avec une prise en compte de l'ensemble des contraintes du système de culture, ces outils constitueront les bases de l'élaboration d'un système expert d'aide à la décision en protection biologique intégrée.

**Contacts : Olivier Bonato, [bonato@mpl.ird.fr](mailto:bonato@mpl.ird.fr) et Jacques Fargues, [fargues@supagro.inra.fr](mailto:fargues@supagro.inra.fr)**

### Les principales équipes

**LGEI,**  
Laboratoire Génie de l'environnement  
industriel et des risques industriels et  
naturels, École des Mines d'Alès (EMA)  
Directeur : Miguel Lopez-Ferber,  
[Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr](mailto:Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr)

Unité de Recherche  
« Systèmes canniers » (Cirad)  
Responsable : Pascal Marnotte,  
[pascal.marnotte@cirad.fr](mailto:pascal.marnotte@cirad.fr)

Chercheur impliqué : Régis Goebel

**UMR C53**  
PVBMT (Peuplements végétaux et  
bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/  
Université de la Réunion)  
Directeur : Bernard Reynaud,  
[bernard.reynaud@cirad.fr](mailto:bernard.reynaud@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Bernard Reynaud, Serge Quilici,  
Philippe Ryckewaert, Frédéric Chiroleu,  
Jean-Philippe Deguine

# Étude des populations d'origine géographique différente de *Plutella xylostella* et de son ennemi naturel *Cotesia plutellae*



Adulte de *Plutella xylostella* (Lépidoptère Hyponomeutidae)

© D. Bordat

*Plutella xylostella* (L.) (Lep. Plutellidae) est le principal ravageur des Brassicacées (chou, radis, navet, colza, etc.). Cette espèce est actuellement présente sur les cinq continents. Ravageur secondaire en zones tempérées, *P. xylostella* peut engendrer plus de 20 générations/an en zones tropicales. L'utilisation des pesticides chimiques et des bio-pesticides (*B. thuringiensis*) ont fait apparaître des populations résistantes. Un de ses ennemis naturels efficaces est un hyménoptère braconide, *Cotesia plutellae* (Kurdjumov). Cette espèce est spécifique des larves de *P. xylostella*. Probablement originaire de régions au climat tempéré, cette espèce est régulièrement récoltée en zones tropicales. Les observations en conditions naturelles dans différentes régions du globe ont mis en évidence un comportement différent de ces deux espèces. Pour mettre au point des programmes de protection intégrée, il devenait donc important de savoir si ce comportement avait une origine génétique.

Quatre approches sont menées en parallèle pour caractériser ce complexe hôte/parasite :

- la différenciation biologique : comparaison des comportements de ponte, morphométrie (hôte et parasitoïde), pourcentage de parasitisme, cycle biologique, sex ratio (parasitoïde) ;
- la différenciation biochimique : utilisation des systèmes enzymatiques (hôte et parasitoïde) ;
- la différenciation génétique : croisements interpopulations (hôte et parasitoïde) ;
- la différenciation moléculaire : par RFLP du polydnavirus (parasitoïde), par séquençage d'une partie du gène mitochondrial (CO 1) et par l'utilisation des ISSR (hôte).

**Contacts : Dominique Bordat, [dbordat@cirad.fr](mailto:dbordat@cirad.fr)  
et Laurence Arvanitakis, [laurence.arvanitakis@cirad.fr](mailto:laurence.arvanitakis@cirad.fr)**



© D. Bordat

Dégâts des larves de *Plutella xylostella* sur feuilles de chou

## Interactions hôtes/parasitoïdes avec *Anoplophora glabripennis* et *A. chinensis*

Pourquoi et comment avoir recours à la lutte biologique en présence de ces deux espèces ? La lutte biologique peut être utile à deux niveaux pour résoudre le problème posé par les introductions d'*Anoplophora* spp. : (i) aider à parachever son éradication et (ii) faire pression sur les populations du ravageur si l'éradication n'est pas possible.

Rappelons que le contrôle de ces ravageurs se fonde sur un suivi préliminaire des foyers d'infestation et que la seule technique disponible actuellement pour dresser l'inventaire des arbres attaqués repose sur la détection visuelle de symptômes parfois très discrets ou masqués ; il est donc inévitable que certains arbres attaqués ne soient pas repérés dès le premier contrôle. Les arbres oubliés lors du suivi pourraient être atteints beaucoup plus efficacement par des ennemis naturels relativement spécifiques, ayant les œufs ou les premiers stades larvaires de l'hôte pour cibles.

En revanche, si l'éradication des foyers en milieu urbain s'avère impossible ou si les ravageurs finissent par s'établir en forêt, la lutte biologique pourrait alors être la seule méthode disponible pour contrer des pullulations de ces ravageurs et leur propagation. L'étude des interactions hôtes/parasitoïdes avec *A. glabripennis* et *A. chinensis* est envisagée essentiellement sous deux angles :

- pour mieux connaître le complexe des ennemis naturels des *Anoplophora* dans leur aire d'origine (inventaire faunistique, impact sur les hôtes en Extrême-Orient) ;
- pour déterminer si certains ennemis naturels de cérambycides européens, proches des *Anoplophora* quant à leur taxinomie, leurs plante-hôtes et leur comportement, montreraient des qualités d'agents de lutte biologique potentiels contre ces ravageurs (évaluation de nouvelles associations) ; une phase initiale consiste à déterminer si, au sein des foyers d'infestation d'*Anoplophora* spp. existant en Europe, certains parasitoïdes de la faune locale ont déjà accepté spontanément ces espèces exotiques comme hôtes.

Des avancées ont déjà été faites dans ces deux domaines ; quelques espèces concernées sont présentées photographiquement. Conjointement aux programmes d'éradication, des études de lutte biologique ont été entreprises afin d'identifier et d'évaluer les espèces européennes parasitoïdes qui pourraient faire échec à ces ravageurs. Le parasitisme des deux hôtes a été étudié en exposant des plantes sentinelles infestées dans trois sites de l'aire contaminée par *A. chinensis* en Italie. Il a été montré que le parasitoïde oophage *Aprostocetus anoplophorae* (très vraisemblablement introduit accidentellement avec son hôte depuis l'Extrême-Orient) est spécifique d'*A. chinensis*. Six ectoparasitoïdes larvaires, *Spathius erythrocephalus* Wesmäl (Hym.: Braconidae), *Eurytoma melanoneura* Walker (Hym.: Eurytomidae), *Calosota vernalis* Curtis (Hym.: Eupelmidae), *Cleonymus brevis* Boucek (Hym.: Pteromalidae, Cleonyminae), *Trigonoderus princeps* (Hym.: Pteromalidae, Pteromalinae), et *Scleroderma* sp. (Hym.: Bethyridae) ont attaqué les jeunes larves (L1 et L2) d'*Anoplophora*. Ces parasitoïdes étaient déjà connus d'autres insectes xylophages en Europe. Ainsi, six nouvelles associations avec *A. chinensis* ont été identifiées, et 4 espèces parmi elles ont aussi accepté *A. glabripennis* comme hôte. L'évaluation de certaines de ces espèces est en cours à l'EBCL, Montferrier-sur-Lez, France, et les explorations se poursuivent sur le terrain, en Italie, pour découvrir d'autres antagonistes potentiels.

Il est pressenti que ces organismes pourraient être utilisés dans des actions de lutte biologique par augmentation au cas où les tentatives d'éradication des ravageurs exotiques échoueraient.

**Contacts : Franck Hérard, [flherard@ars-ebcl.org](mailto:flherard@ars-ebcl.org)  
et Gérard Delvare, [delvare@cirad.fr](mailto:delvare@cirad.fr)**



© F. Hérard

1. *Chenille du papillon Lymantria dispar ou Bombyx disparate, inféodé principalement au chêne vert*

2. *Adulte du papillon Lymantria dispar*

### Autres équipes concernées par ce thème

#### UMR 1062

**CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

**Programme « Écologie et gestion de la diversité des communautés de nématodes phytoparasites »**

Chercheurs impliqués : Patrice Cadet (IRD), Mireille Fargette (IRD), Thierry Mateille (IRD)

**Équipe « Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »**

Enseignants-chercheurs impliqués :  
Serge Kreiter (Montpellier SupAgro),  
Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro)

**Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »**

Chercheurs impliqués : Jacques Fargues (Inra), Olivier Bonato (IRD), Frédéric Pellegrin (IRD), Nathalie Gauthier (IRD), Claire Vidal (IRD)

#### CSIRO,

**Laboratoire européen  
Thématique « Bioagresseurs émergents et bio-invasions »**

Directeurs et chercheurs impliqués :  
Andy Sheppard (1<sup>er</sup> semestre 2006),  
[andy.sheppard@csiro.au](mailto:andy.sheppard@csiro.au)

Mic Julien (2<sup>ème</sup> semestre 2006),  
[mic.julien@csiro.au](mailto:mic.julien@csiro.au)

**USDA-ARS, EBCL,  
Laboratoire Européen  
de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

**Équipe « Lutte biologique  
contre les bio-invasions »**

Chercheurs impliqués : Walker Jones, René Sforza,  
Brian Rector, William Meikle, Dominique Coutinot,  
Franck Hérard

**USDA-ARS, EBCL,  
Laboratoire Européen  
de Lutte Biologique**  
Directeur : Walker Jones,  
[ebcl@ars-ebcl.org](mailto:ebcl@ars-ebcl.org)

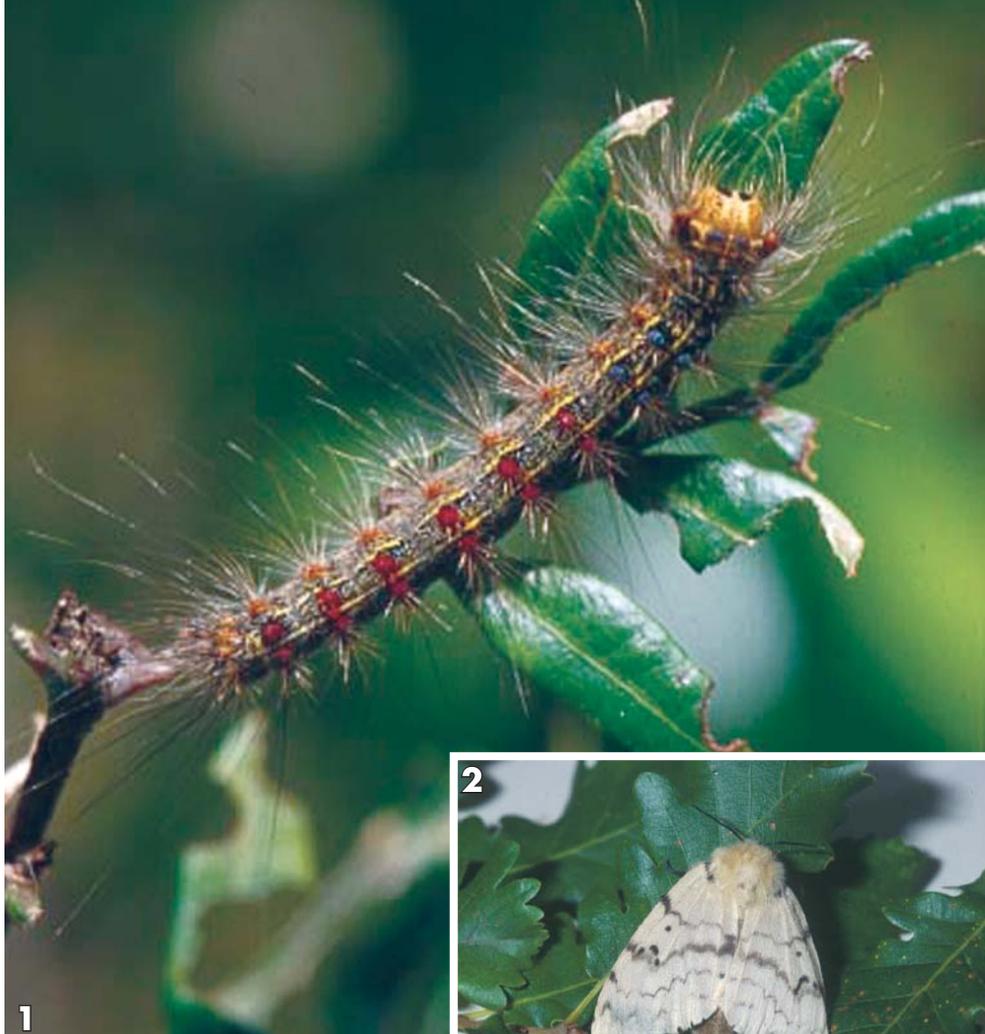
**Équipe « Lutte biologique  
contre les bio-invasions »**

Chercheurs impliqués : Walker Jones, René Sforza,  
Brian Rector, William Meikle, Dominique Coutinot,  
Franck Hérard

**UPR Horticulture, Département  
« Productions fruitières et horticoles »**

(Filor, Cirad)  
Responsable : Philippe Vernier,  
[philippe.vernier@cirad.fr](mailto:philippe.vernier@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Dominique Bordat,  
Laurence Arvanitakis



© F. Hérard



© F. Hérard

## *Lymantria dispar*, ce papillon que tous les montpelliérains connaissent

Ce lépidoptère, dont les chenilles sont défoliatrices des chênes, est commun sur *Quercus pubescens* et *Q. ilex* dans la région de Montpellier. En situation de très forte densité de population, les chenilles nouveau-nées se laissent tomber à l'extrémité d'un fil de soie que le vent emporte au loin. Ce phénomène tend à limiter la surpopulation et les risques de famine sur le lieu de naissance mais augmente considérablement la surface infestée par le défoliateur. En 2005, au moment de l'éclosion des œufs de *L. dispar* dans les chênaies situées au Nord de Montpellier, des rafales de vent ont transporté des millions de jeunes chenilles dans les jardins privés de la ville. Certaines nuisances ont été éprouvées par les riverains, notamment des urtications dues au contact des jeunes chenilles sur la peau. Au cours des semaines suivantes, on a pu constater par endroits, en zone urbaine, une défoliation partielle de nombreuses plantes ornementales (*L. dispar* est une espèce très polyphage) et en périphérie de Montpellier, la défoliation partielle ou totale de très vastes zones de chênaies.

Les populations de *L. dispar* développent des gradations cycliques. Au cours de la phase de culmination, les forêts envahies peuvent être défoliées totalement sur des centaines, voire des milliers d'hectares. Les besoins en nourriture du ravageur dépassent alors la capacité du milieu à assurer le développement complet de chaque individu. Une famine généralisée s'ensuit, provoquant la mort de très nombreuses chenilles. Les survivants mal nourris et affaiblis sont généralement victimes d'une épizootie due au virus de la polyhédrose nucléaire et des attaques de parasitoïdes et de prédateurs invertébrés et vertébrés. En Europe occidentale, il est reconnu que le complexe des ennemis naturels de *L. dispar* suffit le plus souvent à faire échec à lui seul au ravageur. Dans le cas où des défoliations totales surviennent successivement pendant plusieurs années dans des parcelles de chênes à haute valeur commerciale, un traitement aérien à l'aide d'une préparation à base de toxine de *Bacillus thuringiensis* peut être effectué. Le traitement doit être effectué au moment où la population du ravageur se trouve dans sa majorité en cours de premier stade larvaire (avec une certaine proportion de L2). Le traitement « Bt » peut aussi protéger les zones urbaines voisines d'un envahissement éventuel par le ravageur ; il a toutefois pour effet négatif d'exterminer localement et sans distinction toutes les espèces de lépidoptères.

**Contact : Franck Hérard, [fhérard@ars-ebcl.org](mailto:fhérard@ars-ebcl.org)**

## Utilisation des baculovirus comme agents de contrôle biologique

Le niveau de spécificité d'hôte est différent pour chaque baculovirus. À titre d'exemple, le baculovirus SeMNPV est extrêmement pathogène pour les larves du papillon *Spodoptera exigua*, ravageur des cultures horticoles en Europe, en Asie et en Amérique. Ce virus n'est pas capable de tuer les autres espèces du même genre. Par contre, le baculovirus SpliNPV, isolé sur *Spodoptera littoralis*, présent sur le pourtour méditerranéen, est capable de tuer aussi les larves de *S. exigua* et *S. frugiperda*, parmi d'autres espèces de noctuelles, mais avec une efficacité moindre. Les mécanismes impliqués dans la détermination du spectre d'hôtes chez les baculovirus ne sont pas encore bien connus. Il ne s'agit pas seulement d'un blocage au niveau de l'entrée, mais d'une série de blocages à différents niveaux de l'invasion de la chenille et du cycle de réplication du virus dans ses cellules.

Les baculovirus sont utilisés pour le contrôle des larves d'insectes qui ravagent les cultures ou les forêts. Il existe des baculovirus pathogènes pour certaines espèces de moustiques qui pourraient être utilisés pour leur contrôle tel le baculovirus de *Culex nigripalpus*. Leurs avantages sont : i) la spécificité d'hôtes, une absence d'effets secondaires envers les auxiliaires, la possibilité d'utilisation du même type de matériel de dispersion que pour les insecticides chimiques, et ii) une conservation relativement facile. Des préparations à base de baculovirus se trouvent dans le commerce dans différents pays, pour la protection en horticulture (contrôle de *S. exigua* sur les cultures en serre de tomates, ...), en stockage (contrôle de la teigne de la pomme de terre, *Phthorimaea operculella*), en vergers (protection des pommiers contre le carpocapse, *Cydia pomonella*), en grandes cultures (protection du soja contre le « velvetbean caterpillar », *Anticarsia gemmatilis*) ou en forêts (contrôle du bombyx disparate, *Lymantria dispar* dans les forêts de chêne).

Le baculovirus est absorbé par la larve quand elle se nourrit des feuilles, des fleurs ou quand elle ingère une partie du chorion de l'œuf à l'éclosion. L'absence du virus là où la larve s'alimente est le principal facteur limitant à son action. Chez les chenilles foreuses, cela implique la contamination avant la pénétration, souvent à l'éclosion de l'œuf.

Le virus est protégé des conditions extérieures par un cristal protéique, le corps d'inclusion, qui se dissout dans le tube digestif de l'insecte. L'existence d'un corps d'inclusion n'est pas l'apanage des baculovirus. Deux autres familles de virus qui infectent les arthropodes forment aussi des corps d'inclusion. En revanche, aucun virus formant des corps d'inclusion n'a été décrit pour d'autres organismes que les Arthropodes.

La larve meurt à cause de la réplication du virus. À la fin du cycle, toute la larve n'est qu'un énorme réservoir de corps d'inclusion qui se répandent dans l'environnement, permettant de reproduire l'infection dans la nature. Très souvent, les larves meurent dans une position caractéristique, pendues à la partie inférieure des feuilles, ce qui permet la dispersion des corps d'inclusion vers les feuilles situées en dessous.

Le cycle du virus est complexe. Les baculovirus ont des génomes relativement grands, entre 80 et 150 000 paires de bases, ce qui correspond à 100/150 gènes différents. Une partie de ces gènes ont des fonctions structurales dans la formation des particules virales mais le rôle le plus important du génome est d'interférer avec la physiologie, voire avec le comportement de l'hôte. Les recherches

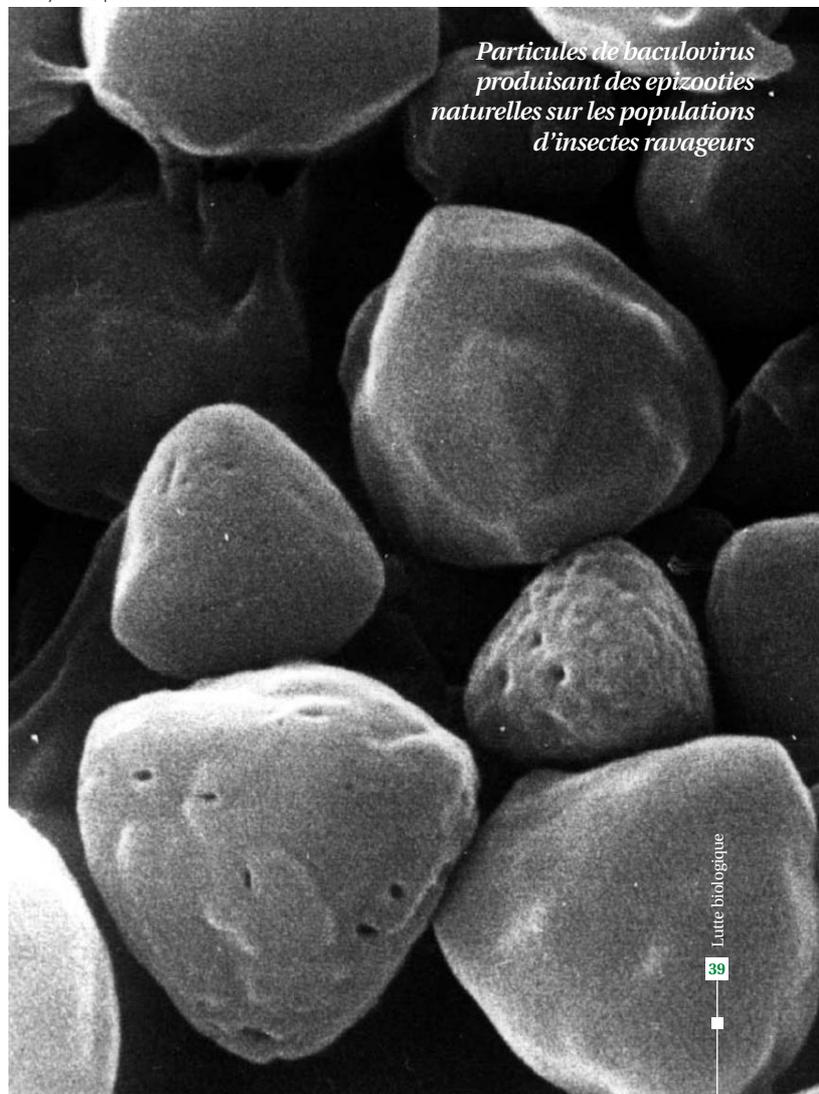
sur les baculovirus visent à mieux comprendre leur spécificité d'hôte mais aussi le déroulement de leur cycle et les modifications qu'ils induisent dans la physiologie de leurs hôtes. Plusieurs génomes de baculovirus ont été complètement séquencés, et des études de génomique comparée sont en cours.

Au sein d'une même espèce de virus, il existe des différences géographiques. Les virus s'adaptent à la population hôte, et ces populations ne sont pas strictement identiques. Des isolats géographiques différents sont souvent plus actifs envers leur population d'origine. Même au sein d'un seul isolat viral, prélevé à un instant précis dans un endroit donné, il existe une variabilité génétique : les génomes viraux ne sont pas tous strictement similaires et des différences d'activité peuvent exister entre eux. Au moins dans certains cas, cette variabilité est requise pour l'activité optimale de l'isolat, les différents génotypes jouant probablement des rôles complémentaires.

Pour une localité donnée, au cours du temps, la composition génétique des isolats viraux évolue. Il s'agit vraisemblablement d'une coévolution entre le pathogène et son hôte. Il a été montré que les différents baculovirus ont eu en général une longue histoire de coévolution avec leurs hôtes, bien qu'il soit théoriquement possible qu'un baculovirus puisse coloniser un nouvel hôte.

Contact : Miguel Lopez-Ferber, [Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr](mailto:Miguel.Lopez-Ferber@ema.fr)

© D. Ray et M. López-Ferber



Particules de baculovirus produisant des épizooties naturelles sur les populations d'insectes ravageurs

# Compréhension du rôle *majeur des interactions* environnementales

*La qualité sanitaire et environnementale est aujourd'hui au cœur de la problématique de la durabilité des productions agricoles, notamment des fruits et légumes frais. La diminution des quantités de produits phytosanitaires chimiques en est un facteur clef. Les objectifs de réduction de 50% de l'utilisation de pesticides conventionnels en Europe ou du passage en protection intégrée (Integrated Pest Management) de 75% des cultures aux États-Unis se sont avérés à la fois mobilisateurs et utopiques.*

## **Productions agricoles et développement durable**

Conceptuellement, la plupart des programmes de recherche et développement ont franchi un premier niveau de mise au point de méthodes alternatives pour réguler la ou les populations nuisibles majeures d'une culture donnée et, dans un certain nombre de cas, ils ont atteint un second niveau avec l'intégration de l'ensemble des stratégies de protection de la culture. Le niveau trois, intégrant l'ensemble stratégique et tactique du système de culture et le niveau quatre l'élargissant aux contraintes socioculturelles et économiques sont restés hors de portée, sauf exception. Depuis quelques années, le débat a été ouvert sur les enjeux et les verrous de l'innovation en protection des cultures pour un développement durable en faisant émerger des réflexions sur une recherche décloisonnée autour de projets transdisciplinaires élaborés en partenariat avec l'ensemble des acteurs techniques et socio-économiques concernés.

L'analyse des travaux publiés récemment permet de s'interroger sur l'état de nos connaissances et la pertinence des démarches mises en œuvre dans les programmes de R & D en matière d'insertion et d'évaluation des auxiliaires et des antagonistes microbiens en Production Biologique Intégrée. On constate ainsi qu'au cours des 30 dernières années (i) la part relative des recherches orientées sur l'intégration des agents (micro-) biologiques de lutte dans des

systèmes de production intégrée est restée relativement faible et presque à niveau constant, (ii) l'approche réductionniste s'est développée aux dépens des démarches intégratives, (iii) la spécialisation par discipline, voire par thème scientifique, a renforcé le cloisonnement entre chercheurs, (iv) la recherche dite académique a privilégié systématiquement l'analyse des mécanismes à l'échelle moléculaire aux dépens de l'analyse des mécanismes à l'échelle populationnelle, (v) les recherches en écologie et en épidémiologie ont peu progressé et (vi) le fossé entre disciplines réductionnistes et disciplines intégratives s'est accentué.

Face à ce constat, la plupart des organismes de recherche ont perçu clairement le besoin d'une démarche systémique pour rendre compte de la dynamique des interactions entre les populations protagonistes (bio-agresseurs, prédateurs, parasitoïdes, antagonistes microbiens, etc.) et l'ensemble des contraintes de l'agrosystème (contraintes culturelles, économiques, etc.). Ainsi, il s'agit de considérer la dynamique et la maîtrise de populations nuisibles et utiles comme une des composantes du système de production mais aussi de définir les conditions d'intégration des agents de lutte biologique dans la gestion du système de culture, en s'appuyant sur des méthodes de simulation, d'évaluation et d'aide à la décision applicables à des situations variées\*... ●●●

\* Texte rédigé par Jacques Fargues (Inra) et Olivier Bonato (IRD), [fargues@supagro.inra.fr](mailto:fargues@supagro.inra.fr), [bonato@mpl.ird.fr](mailto:bonato@mpl.ird.fr)

## Une démarche systémique, à l'interface des disciplines scientifiques et socio-économiques

Un groupe de chercheurs du CBGP (UMR 1062 - Inra, Montpellier SupAgro, Cirad et IRD) s'intéresse plus particulièrement aux systèmes populationnels complexes dans des environnements anthropisés (thème « Dynamique de systèmes populations-environnements et gestion de risques en agrosystèmes méditerranéens et tropicaux : approche systémique du risque *Bemisia* »). La démarche scientifique privilégiée par ce groupe est l'étude du déterminisme du fonctionnement de ces systèmes en prenant en compte les processus éco-épidémiologiques clefs et en recourant à l'élaboration de modèles mathématiques essentiellement mécanistes. Les objectifs du groupe sont à la fois d'ordre cognitif et opérationnel : (i) établir les bases conceptuelles de l'élaboration de méthodes de gestion durable des risques phytosanitaires liés aux pullulations d'arthropodes nuisibles, notamment des espèces invasives et (ii) élaborer et valider des

stratégies globales de cette gestion. Depuis 2005, le groupe s'inscrit dans une réflexion systémique, à l'interface des disciplines scientifiques (biophysiques) et des disciplines socio-économiques, axée sur les politiques réglementaires et organisationnelles à mettre en œuvre face aux risques phytosanitaires émergents liés aux bioinvasions.

Le projet de recherche du groupe est actuellement centré sur l'aleurode *Bemisia tabaci*, espèce envahissante d'origine tropicale, vectrice de phytovirus d'une dangerosité exceptionnelle et proliférant en Roussillon et en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (voir encadré p.36). Il constitue *de facto* un modèle emblématique pour une approche pluridisciplinaire des crises phytosanitaires majeures créées par l'introduction et l'acclimatation de bioagresseurs invasifs qui devraient se multiplier dans le futur en raison de l'intensification des échanges internationaux et du réchauffement du climat. Dans ces conditions, la maîtrise des risques phytosanitaires liés aux bio-invasions doit reposer sur une veille efficace et une forte réactivité qui nécessitent des

procédures dont la mise en œuvre requiert des outils de diagnostic, de simulation et de prévision pertinents.

Ce programme de recherche s'appuie sur une très forte interactivité entre disciplines académiques (collaborations avec d'autres équipes CNRS, IRD, Inra, Cirad, IRTA-*El Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias*-, Université du Maine) et disciplines intégratives (Inra/Département « Sciences pour l'action et le développement »), chaque étape du projet (conception vs faisabilité) étant validée en concertation avec les partenaires professionnels et institutionnels (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, stations expérimentales des Chambres d'Agriculture, Services de la protection des végétaux, etc.). L'équipement des laboratoires d'entomologie et de mycologie et l'accès aux différentes plates-formes expérimentales (Biologie moléculaire, Serre, Chambres climatiques et phytotrons en périmètre NS1) du CBGP permettent de couvrir toutes les activités du programme de recherche du groupe. ■

© T. Mateille



Racines de melon infestées par *Meloidogyne* sp.

## Climat et champignons pathogènes d'aleurodes : une histoire de couche limite



Microcapteurs d'humidité de l'air à la surface de feuilles de tomate

© J. Fargues

Parmi les micro-organismes auxiliaires susceptibles d'être utilisés comme bio-défenseurs, les champignons entomopathogènes tiennent une place particulière. Ils peuvent atteindre les insectes piqueurs-suceurs en raison de leur mode d'infection transcutané. Les autres micro-organismes visent des insectes broyeurs capables d'ingérer leurs propagules (cas des baculovirus) ou leurs motifs toxiques (exemple des cristaux parasporaux de *Bacillus thuringiensis*) pour tuer leur hôte.

Paradoxalement, les exigences climatiques (hygrométrie élevée) des hyphomycètes ont été mises en évidence alors que ces champignons sont capables de provoquer des épizooties dans des populations naturelles de l'aleurode *Bemisia tabaci* en

Californie ou au Texas. La régulation des pullulations d'aleurodes en culture de tomates sous abri en zone méditerranéenne a été à l'origine d'un programme de recherche interdisciplinaire, soutenu par la Région Languedoc-Roussillon, sur le déterminisme climatique de l'infection de ces bioagresseurs par les hyphomycètes entomopathogènes. L'habitat des larves d'aleurode se situe à la face inférieure des feuilles de tomate, où ces insectes sont fixés jusqu'à ce qu'ils atteignent l'âge adulte. L'infection fongique chez les larves se déroule donc dans le couvert végétal, au sein de la couche limite des feuilles.

Des études écopathologiques ont été menées en microcosmes, composés de cellules expérimentales de type sandwich (avec maintien en survie d'une feuille non excisée) soumises à des flux d'air régulés avec des mesures en continu de l'humidité relative de l'air (HR), en entrée et en sortie des dispositifs. Sous des humidités ambiantes défavorables (HR < 86%) l'évapotranspiration de la feuille a créé des conditions voisines de la saturation qui se sont avérées favorables à l'infection fongique des larves.

Des études écopathologiques ont été conduites *in situ* en culture de tomate sous abri. Au cours de quatre campagnes d'essais myco-insecticides en conditions semi-contrôlées (gestion climatique automatisée) dans des couverts végétaux équipés de sondes hygro-thermiques. L'impact du climat sur l'efficacité de ces biopréparations a été éprouvé dans des situations très contrastées, sans que l'activité pathogène des préparations fongiques soit affectée. L'hétérogénéité climatique entre les plants situés sous les auvents (flux d'air de l'ordre de 1 m/s) et les plants des rangs centraux (flux de 0.3 m/s) s'est avérée sans effet sur l'activité fongique. Enfin, l'activité du germe n'a pas été modifiée par les conditions d'aération (surface en ouvrants variant de 7 à 19%). L'hypothèse d'un déterminisme climatique au niveau de l'habitat des larves d'aleurode a donc été démontrée.

Parallèlement, on s'est attaché à caractériser le microclimat au niveau de l'habitat des larves d'aleurode en construisant un modèle de profil d'humidité dans la couche limite des feuilles, en fonction de la vitesse, de l'humidité et de la température de l'air dans le couvert ainsi que de la température et du flux de transpiration des feuilles. Le modèle a permis (i) d'estimer l'épaisseur de la couche limite entre 2 et 4 cm (ii) de calculer les gradients de température et d'humidité de l'air et (iii) d'estimer les effets de la gestion climatique de la serre sur le microclimat au sein de cette couche limite. L'approche biophysique du déterminisme climatique a ainsi permis de comprendre comment les myco-insecticides peuvent être efficaces dans des environnements a priori défavorables.

**Contacts : Jacques Fargues, [fargues@supagro.inra.fr](mailto:fargues@supagro.inra.fr) et Claire Vidal, [vidal@mpl.ird.fr](mailto:vidal@mpl.ird.fr)**

### Les principales équipes

#### UMR 1062

**CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

#### Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »

Chercheurs impliqués : Jacques Fargues (Inra), Olivier Bonato (IRD), Frédéric Pellegrin (IRD), Nathalie Gauthier (IRD), Claire Vidal (IRD)

### Autres équipes concernées par ce thème

#### UMR 1062

**CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations**  
(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)  
Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

#### Programme « Écologie et gestion de la diversité des communautés de nématodes phytoparasites »

Chercheurs impliqués : Patrice Cadet (IRD), Mireille Fargette (IRD), Thierry MATEILLE (IRD)

#### UMR C53

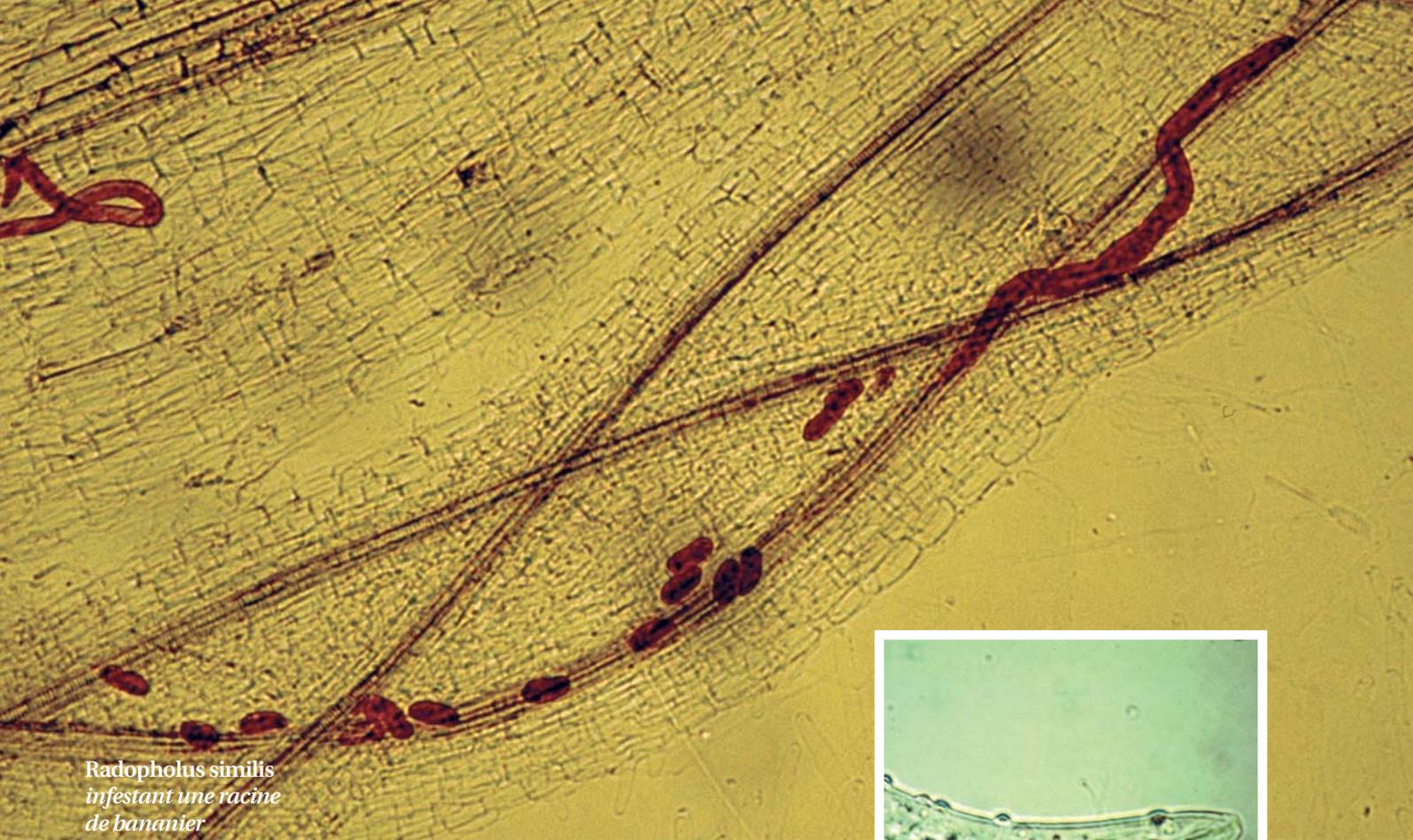
**PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/ Université de la Réunion)**  
Directeur : Bernard Reynaud,  
[bernard.reynaud@cirad.fr](mailto:bernard.reynaud@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Bernard Reynaud, Serge Quilici, Philippe Ryckewaert, Frédéric Chiroleu, Jean-Philippe Deguine

**UPR Horticulture, Département « Productions fruitières et horticoles »**  
(Flhlor, Cirad)

Responsable : Philippe Vernier  
[philippe.vernier@cirad.fr](mailto:philippe.vernier@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Dominique Bordat, Laurence Arvanitakis



*Radopholus similis*  
infestant une racine  
de bananier

© T. Mateille

## Bactéries nématoparasites et environnement tellurique

La lutte biologique contre les nématodes reste peu développée ou ne s'applique qu'à des situations agronomiques et économiques très particulières (systèmes intensifs, cultures de serre, cultures à haute valeur ajoutée). En outre, sa capacité à réguler le développement des nématodes à un seuil économiquement tolérable, surtout dans les régions chaudes tropicales, subtropicales et méditerranéennes, demeure insuffisante à cause de la faible adaptation des organismes antagonistes exotiques aux conditions climatiques ou au milieu tellurique et en raison de la spécificité d'hôte. Les conditions d'acclimatation sont souvent basées sur des modèles de laboratoire sans (ou faible) prise en compte de l'impact de l'environnement. Les interactions du sol et de la plante, milieux naturels (partiels ou entiers) du développement des nématodes phytoparasites, avec les organismes antagonistes, sont mal connues.

La bactérie *Pasteuria penetrans* a été trouvée sur plus de 200 espèces de nématodes appartenant à plus de 90 genres différents. La cible favorite de *P. penetrans* est le genre *Meloidogyne*. *P. penetrans* réduit les populations de nématodes en empêchant leur reproduction. Cette bactérie étant un parasite obligatoire des nématodes phytoparasites, donc incapable de se reproduire en absence d'hôte, il s'établit un équilibre de densité-dépendance qui régule le niveau des populations des deux organismes. *P. penetrans* est ubiquiste. On le trouve pratiquement dans toutes les régions cultivées tempérées du globe. Cependant, son abondance est très hétérogène et cela, quelle que soit l'échelle de répartition. En outre, cette hétérogénéité constatée à l'échelle internationale se retrouve à celle du pays, des périmètres maraîchers et même de la parcelle. De ce fait, l'hétérogénéité des conditions telluriques constitue certainement une des causes fondamentales de la variabilité des résultats agronomiques obtenus.

*Pasteuria penetrans*  
infestant une  
racine de  
bananier



© T. Mateille

Bien que les populations de nématodes soient généralement plus importantes dans les sols légers, on trouve une forte proportion de nématodes infectés dans les sols argileux à sablo-argileux. Le transport des spores de *P. penetrans* dans des colonnes de sol a montré que les spores étaient rapidement lessivées dans les sols sableux tandis qu'une interaction très forte (de type adsorption) se produit dans les sols argileux, empêchant l'extraction de près de 50% des spores inoculées dans ces sols. Ce stock inextractible serait par conséquent indisponible à parasiter des nématodes dans les sols trop argileux.

L'adhésion des spores procède de deux étapes distinctes : une "approche" de la cuticule du nématode, phénomène biophysique aléatoire, au déterminisme encore inconnu, et la fixation cuticulaire biochimique proprement dite ou attachement. L'adhésion est tout d'abord influencée par l'environnement électrochimique des nématodes et des spores de *P. penetrans*. L'adhésion des spores de *P. penetrans* serait déterminée par le degré de saturation des radicaux libres des glycoprotéines de surface des deux organismes en fonction de la concentration ionique de la solution du sol, dont les cations assureraient de véritables ponts ioniques. Mais la solution du sol intervient aussi en diminuant les répulsions hydrophobiques entre les organismes.

Une gestion raisonnée des facteurs du milieu, susceptibles d'améliorer l'efficacité des organismes indigènes variés et fréquents et basée essentiellement sur une parfaite connaissance du milieu et la maîtrise des systèmes et itinéraires culturaux (irrigation, travail du sol, amendements organiques, rotations culturales, lutte génétique), permet de concevoir une gestion méso-biologique intégrée des nématodes phytoparasites tout à fait pertinente et efficace.

**Contact : Thierry Mateille, [mateille@supagro.inra.fr](mailto:mateille@supagro.inra.fr)**

# L'agroécologie, *une autre vision de* l'agriculture durable

*Le défi agroécologique est de prévenir les risques de pullulations ou d'infestations, plutôt que de lutter contre elles ou de les faire disparaître, par la gestion de populations : peuplements végétaux et populations des bioagresseurs, selon des échelles élargies de temps et d'espace. Ce raisonnement nouveau fait appel à des disciplines assez récentes : écologie du paysage, gestion de l'espace, biologie de la conservation, etc. Les caractéristiques physico-chimiques du sol sont déterminantes sur la structure spatio-temporelle des communautés. Par exemple, le sol interagit également sur les complexes nématode/antagoniste microbien en fonction des compartiments microbiens concernés et des flux d'organismes entre ces compartiments.*

## Gérer les populations par une approche agroécologique

Les agroécosystèmes sont aujourd'hui devenus les objets de nouveaux enjeux économiques, sociaux et environnementaux :

- produire en quantité, en qualité tout en garantissant la sécurité sanitaire des aliments ;
- préserver des risques pour l'environnement et la santé ;
- restaurer des situations écologiquement dégradées ;
- proposer des alternatives sociales aux activités agricoles ou des aménagements du paysage.

Les intoxications aiguës et chroniques, la pollution des milieux et des chaînes trophiques, la réduction de la biodiversité sont les conséquences secondaires, mais importantes, des traitements phytosanitaires à base de matières actives toxiques.

L'ambiguïté de la situation n'échappe à personne : cette voie chimique de protection des cultures ne donne pas satisfaction. La gestion agroécologique va dans le sens d'une valorisation de la biodiversité animale et végétale en mettant l'accent sur la gestion des peuplements végétaux, cultivés ou non cultivés (forme, structure et taille ; arrangement ; composition). La démarche vise aussi à préserver les populations d'auxiliaires en place, ce qui correspond à l'une des voies du concept de la lutte biologique. Le rôle des corridors biologiques pour la faune utile est par exemple privilégié, tant à l'échelle locale qu'à l'échelle du paysage.

L'approche agroécologique intègre différentes composantes en privilégiant le caractère écologique de la gestion : la chimie est le tout dernier recours. Mais l'agroécologie conserve aussi l'objectif de produire durablement ; l'approche est ainsi

recommandée aussi bien pour une agriculture intensive que pour des systèmes plus traditionnels, en cherchant à éviter l'apparition des conséquences négatives et non intentionnelles de l'agriculture industrielle et en valorisant les savoirs locaux.

L'une des techniques agroécologiques privilégiées est l'association des espèces végétales. À quelques exceptions près, la monoculture est considérée comme une impasse dans un contexte de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Le choix actuel tend vers des systèmes multi-espèces, basés sur l'association temporelle ou spatiale de plusieurs espèces à fonction de production ou encore d'une espèce à fonction de production et d'une ou plusieurs espèces à fonctions de service. Ces associations favorisent la faune utile, restaurent la biodiversité et contribuent à des retours vers des équilibres écologiques précédemment disparus.

Enfin, la gestion des peuplements végétaux et des populations des bioagresseurs met en lumière trois enjeux méthodologiques majeurs sur le plan scientifique : l'intégration et l'interdisciplinarité (écologie, agronomie, protection des cultures, socio-économie, etc.) ; le changement d'échelles, l'obtention de données locales devant être traduites pour la prise de décision à l'échelle globale (bassin versant, commune, paysage, etc.) ; la prise en compte de seuils nouveaux (et évolutifs), à l'échelle du paysage et dans un raisonnement à long terme, prenant en compte à la fois des critères économiques (seuils classiques de tolérance), des critères sociaux (décisions partagées et acceptées) et des critères environnementaux (respect de l'environnement, préservation de la biodiversité, réduction des risques d'intoxication, etc.)<sup>\*</sup>. •••

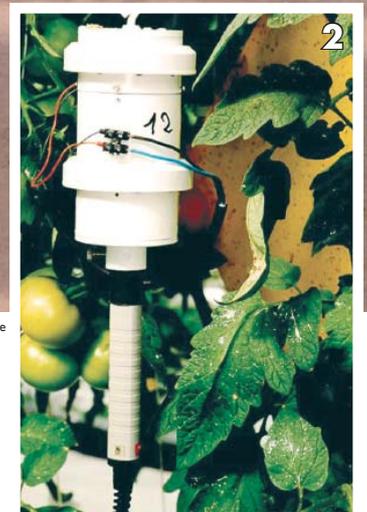
<sup>\*</sup> Texte rédigé par Jean-Philippe Deguine (Cirad), [Jean-Philippe.deguine@cirad.fr](mailto:Jean-Philippe.deguine@cirad.fr)



1. Serre de productions de tomate au Maroc

2. Sonde hygro-thermique dans le couvert de tomate en culture sous abri

© Th. Matelle



© J. Fargues

## Stratégies prophylactiques vs écologiques : tomates sous serre et gestion des ravageurs

Depuis une dizaine d'années, des progrès considérables ont été réalisés en matière de protection intégrée des cultures légumières en Europe, la tomate étant la culture la plus emblématique de cette évolution. En 2000, l'Europe comptait 26 producteurs d'ennemis naturels pour la protection phytosanitaire ; parmi eux, on trouvait les trois producteurs les plus importants à l'échelle mondiale couvrant 75% du marché des auxiliaires biologiques utilisés sous serre.

En tomate sous abri, dix espèces d'auxiliaires, parmi lesquelles la punaise prédatrice *Macrolophus caliginosus* et les parasitoïdes *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus* ou *E. mundus*, ainsi que plusieurs préparations entomopathogènes d'origine fongique sont disponibles pour lutter contre les aleurodes *Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*.

La présence de populations de *B. tabaci* vectrices de virus TYLC/ *Tomato Yellow Leaf Curl* a remis en cause la notion de seuil de nuisibilité de l'aleurode et a nécessité une réadaptation totale de la stratégie d'application des auxiliaires dans un contexte prophylactique de protection intégrée fondé sur l'utilisation de filets « insect-proof » (à maille très fine). En effet, le recours aux filets « insect-proof » diminue les risques d'intrusion des bio-agresseurs mais il crée des conditions de confinement (élévation de la température et augmentation de l'humidité ambiante) qui ont des répercussions sur la biologie des ravageurs et surtout sur celle des auxiliaires disponibles sur le marché qui peuvent se révéler moins efficaces.

Les programmes de recherche français s'inscrivent dans une démarche de gestion du risque *Bemisia* en raison des contraintes réglementaires concernant l'arrachage des cultures présentant des symptômes de TYLC. En revanche, dans le Nord de l'Espagne, la réglementation autorise un arrachage sélectif limité aux seuls plants ostensiblement contaminés. Les cultures sous abri sont disséminées au sein d'écosystèmes hétérogènes comprenant aussi des cultures de plein champ et des surfaces non cultivées qui peuvent jouer un rôle de réservoir pour les insectes auxiliaires naturels. Les chercheurs catalans ont ainsi pu développer une stratégie "écologique" favorisant les colonisations spontanées des cultures par les auxiliaires indigènes tels que *E. mundus* et les mirides prédateurs (*M. caliginosus* et autres). En cas de pullulations exceptionnelles d'aleurodes, des lâchers d'auxiliaires issus d'élevage sont effectués pour compléter l'action des bio-défenseurs naturels. La stratégie "écologique" peut être optimisée par une politique d'aménagement des zones de bordure des exploitations maraîchères sous abri à l'échelle d'un bassin de production. La gestion du risque *Bemisia* constitue un défi majeur qui remet en cause l'ensemble de la filière tomate.

Les stratégies mises en œuvre s'inscrivent dans un contexte écologique et socio-économique régional et elles concernent l'ensemble du système de culture. Elles ont toutes comme dénominateur commun un objectif de production de qualité, garante de la durabilité des systèmes de productions légumières européennes.

**Contacts : Jacques Fargues, [fargues@supagro.inra.fr](mailto:fargues@supagro.inra.fr) et Olivier Bonato, [Olivier.Bonato@mpl.ird.fr](mailto:Olivier.Bonato@mpl.ird.fr)**

## Le cas des nématodes phytoparasites

Les nématodes représentent un groupe biologique monophylétique très diversifié, l'un des plus importants du règne animal (26 000 espèces) et des plus abondants sur terre. Ubiquistes, ils sont présents dans tous les milieux et possèdent des modes de vie variés. Ils existent, en particulier dans les sols, sous forme de communautés soumises à des interactions supposées être à l'origine des assemblages d'espèces; ils peuvent ainsi être des indicateurs du fonctionnement des systèmes qu'ils occupent. Ces propriétés en font un modèle de premier ordre pour mener des études comparatives sur les interactions hôtes/parasites, l'évolution des résistances aux biocides et celle due aux pratiques agricoles ou à la gestion des paysages. Le groupe des nématodes phytoparasites apparaît de ce fait pertinent pour acquérir des connaissances sur les communautés et les interactions biologiques et environnementales qui les régissent, pour mesurer l'importance des phénomènes historiques (phylogénie,

phylogéographie) dans l'évolution des traits de vie et leur adaptation écologique, de même que pour comprendre le fonctionnement de leurs milieux.

De plus, la complexité des interactions sol-nématodes en termes fonctionnels et l'effet des aptitudes de résistance ou de résilience des sols sur les pathologies végétales en font un enjeu écologique, et donc agronomique, de tout premier ordre. Au plan économique, les pertes de récolte dues aux nématodes phytoparasites des vingt plantes entrant dans l'alimentation de base de la population mondiale sont considérables à l'échelle mondiale. Les méthodes culturales, variétales et biologiques, développées comme alternatives à la lutte chimique ou associées à elle, sont ciblées sur quelques espèces. Elles conduisent ainsi à une érosion spécifique des communautés sans forcément modifier leur effet pathogène global.

Afin d'aborder les questions de gestion des milieux complexes tels que le sol, l'objectif des recherches entreprises au CBGP (UMR 1062 Inra, Montpellier SupAgro, Cirad et IRD), au sein du programme « Écologie et gestion de

la diversité des communautés de nématodes phytoparasites », ont pour objectif de comprendre les règles d'assemblage des communautés de nématodes phytoparasites, à travers l'étude des relations interspécifiques (histoire évolutive, coexistence d'espèces, dispersion) et des contraintes biotiques et abiotiques exercées par leur environnement (plante hôte, prédateurs, contraintes physico-chimiques). La finalité des recherches concerne la gestion (durabilité des méthodes de contrôle des nématodes) en intégrant une meilleure connaissance de l'effet des pressions anthropiques sur l'érosion spécifique dans les communautés et des attendus en termes de bioindicateurs des états de santé des sols (voir encadré).

Le CBGP dispose pour cela d'un laboratoire de quarantaine NS2 (agrément préfectoral) géré en plate-forme (extraction des nématodes à partir de sols et de racines ; chloration ; autoclavage ; optique ; CIV) dans lequel est déposée la collection de référence MNHN/IRD (15 000 lames, 2 300 types). Les programmes ont également accès à la plate-forme de biologie moléculaire du CBGP. ■

## Gestion agroécologique horticole des tropiques à la Méditerranée

L'objectif de l'Unité Propre de Recherche « Horticulture », Département « Productions fruitières et horticoles » (Flhor; Cirad) est de contribuer à sécuriser l'approvisionnement en produits horticoles des villes du Sud, dans les pays méditerranéens et tropicaux en voie de développement. Sécuriser l'approvisionnement consiste à assurer la sécurisation alimentaire, la pérennisation de la production horticole et la sécurisation environnementale. Au sein des produits horticoles l'unité se limite aux produits maraîchers, plantains, racines et tubercules, dont les caractéristiques principales sont la périssabilité et la saisonnalité. L'objectif visé se décline en trois domaines : réduire la charge de résidus de produits phytosanitaires dans les produits horticoles, réduire l'impact négatif de la production des produits horticoles sur l'environnement et améliorer l'accès des producteurs au marché.

Les questions de recherche sont ainsi organisées selon deux axes :

- Proposer une production agroécologique et définir la qualité des produits. Comment faire diminuer les résidus de pesticides et de nitrates dans les produits horticoles et l'environnement ? Comment participer au maintien de la fertilité du sol ?
- Améliorer la compétitivité des filières.

Comment mettre au point des outils d'organisation des filières (accès au marché, transferts et échanges techniques) ? Comment identifier et faire reconnaître les autres fonctions de l'agriculture périurbaine (aménagement de l'espace et gestion des espaces verts, partages des ressources avec la ville et pollution de l'eau, liaison consommateur-producteur) ? Le laboratoire de Biodiversité entomologique et d'Écologie Évolutive en agrosystème maraîcher de l'équipe étudie les interrelations plantes/ravageurs/parasitoïdes sur divers systèmes : plantes maraîchères/*Liriomyza*/Hyménoptères, chou/*Plutella xylostella*/Hyménoptères et depuis peu, plantes légumières/*Bemisia*/Hyménoptères. Les recherches en cours portent notamment sur les comportements de ponte des parasitoïdes vis-à-vis de patchs d'hôtes dans le but de sélectionner de nouveaux agents de lutte sur la base d'une optimisation des capacités reproductives des femelles. L'équipe s'intéresse également à la différenciation biologique et génétique des populations d'origines géographiques différentes chez les couples espèce hôte-espèce parasitoïde.

Contact : Dominique Bordat, [dominique.bordat@cirad.fr](mailto:dominique.bordat@cirad.fr)

### Les principales équipes

#### UMR 1062

##### CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations

(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)

Directeur : Denis Bourguet,  
[bourguet@supagro.inra.fr](mailto:bourguet@supagro.inra.fr)

##### Programme « Écologie et gestion de la diversité des communautés de nématodes phytoparasites »

Chercheurs impliqués : Patrice Cadet (IRD), Mireille Fargette (IRD), Thierry Mateille (IRD)

#### UMR C53

##### PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, Cirad/ Université de la Réunion)

Directeur : Bernard Reynaud,  
[bernard.reynaud@cirad.fr](mailto:bernard.reynaud@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Bernard Reynaud, Serge Quilici, Philippe Ryckewaert, Frédéric Chiroleu, Jean-Philippe Deguine

##### UPR Horticulture, Département « Productions fruitières et horticoles »

(Flhor, Cirad)

Responsable : Philippe Vernier,  
[philippe.vernier@cirad.fr](mailto:philippe.vernier@cirad.fr)

Chercheurs impliqués : Dominique Bordat, Laurence Arvanitakis

© M.S. Garcin



*Acarien phytoséide prédateur, auxiliaire s'attaquant aux acariens ravageurs, sur limbe de feuille de vigne*

## Gestion agroécologique des populations d'acariens dans les vignobles

Les acariens constituent des ravageurs importants des vignobles. Les dégâts causés par ces ravageurs se sont fortement accrues à partir des années 50, avec l'utilisation massive de produits phytosanitaires, et tout particulièrement d'insecticides. Plusieurs hypothèses ont été

avancées pour expliquer ces pullulations mais les deux plus probables sont le développement de résistances aux produits utilisés contre les insectes et les acariens (esters phosphoriques insecticides-acaricides) chez ces ravageurs et, parallèlement, la destruction de la faune auxiliaire par ces produits polyvalents. Ces deux hypothèses ont donné lieu à la mise en œuvre de différentes stratégies de lutte.

Les acariens auxiliaires les plus efficaces et les plus présents dans les parcelles appartiennent à la famille des Phytoseiidae. Prédateurs généralistes, ils se nourrissent de leurs proies lorsque celles-ci sont présentes mais peuvent aussi s'alimenter sur du pollen. Ces prédateurs peuvent donc être potentiellement présents de façon durable dans les parcelles. Ils présentent néanmoins de faibles potentialités de développement (faible fécondité), ce qui interdit leurs élevages en masse pour la réalisation de lâchers inondatifs. Des lâchers inoculatifs en faible quantité dans les parcelles ont donc été réalisés dans un premier temps. Cependant, même si ces introductions se sont soldées par des succès dans quelques cas, dans de nombreuses situations, elles n'ont pas abouti aux succès escomptés sans que, à ce jour, des éléments d'explication valables aient pu être avancés. Étant donné les investissements demandés par de telles stratégies de contrôle biologique et les succès relatifs

obtenus, d'autres solutions devaient donc être recherchées. Dans ce cadre, une augmentation naturelle des populations de Phytoseiidae avait été observée dans différents vignobles européens lorsque le choix des traitements phytosanitaires était raisonné en fonction de leurs effets non-intentionnels sur ces prédateurs. Des observations sur plus de 10 années d'expérimentations ont permis de montrer l'importance des abords non cultivés des parcelles dans la dynamique de ce processus, mettant ainsi en évidence l'impact de la diversification végétale des agrosystèmes comme support de la biodiversité en auxiliaires. Ainsi, certaines essences végétales sont particulièrement favorables aux Phytoseiidae. Ces études ont montré parallèlement la dispersion des prédateurs depuis les milieux non cultivés dans les parcelles de vigne avec, comme vecteur essentiel, le vent. Cependant, les mécanismes conduisant à l'installation des Phytoseiidae dans les parcelles n'ont pas pu être bien caractérisés, ceux-ci dépendant de divers facteurs rentrant en interaction (conditions de développement des plants de vigne, stress hydrique, proximité des zones boisées, espèces de Phytoseiidae considérées, capacités de compétition et de dispersion, liens avec leur plante hôte, etc.). Des travaux scientifiques sont poursuivis afin de déterminer l'impact de la diversification des milieux sur la structuration des communautés de prédateurs.

Ces études concernent la présence de haies ou de bois dans les abords non cultivés des parcelles, mais sont à l'heure actuelle étendues à l'impact de la diversification floristique à l'intérieur des parcelles, avec des études concernant, d'une part, l'enherbement des parcelles de vigne et, d'autre part, la gestion agroforestière (projet PIRAT avec le site pilote de Restinclières au Nord de Montpellier) de ces mêmes parcelles. Dès à présent, les premiers résultats sur ce dernier volet montrent une modification importante de la faune trouvée sur les arbres plantés dans les parcelles de vigne.

**Contacts : Marie-Stéphane Tixier-Garcin, [garcin@supagro.inra.fr](mailto:garcin@supagro.inra.fr) et Serge Kreiter, [kreiter@supagro.inra.fr](mailto:kreiter@supagro.inra.fr)**

© Région Languedoc-Roussillon

*Vigne en région Languedoc-Roussillon, une culture à haute valeur ajoutée*





© T. Mateille

**Nécroses de *Radopholus similis* sur racines de bananier**

## Biodiversité parasitaire et santé des sols : cas des nématodes phytoparasites

L'intensification de l'agriculture conduit à des situations épidémiques. Celles-ci ont pour conséquence l'évolution de la composition spécifique et fonctionnelle des communautés de pathogènes. C'est en particulier le cas des nématodes phytoparasites. Dans ce contexte, la lutte contre les ravageurs, rendue d'autant plus urgente, amplifiée par là même les déséquilibres induits. Face à cette difficulté, il est envisagé un changement de paradigme dans lequel le nématode ne serait pas seulement considéré comme un agresseur mais comme l'un des partenaires à part entière de la biocénose tellurique dont on souhaite préserver la capacité de résistance/résilience.

Les systèmes agricoles fortement anthropisés présentent en général des communautés de nématodes peu diversifiées (moins de 10 espèces phytophages/échantillon de sol). Quelques-unes des espèces peuvent être à la fois très fréquentes et très abondantes. Ces espèces colonisatrices, très agressives en l'absence de compétition, provoquent des dégâts importants sur la plante. Sous un mode de culture intensif, les méthodes de lutte reposent nécessairement sur de substantiels apports d'intrants et peuvent aboutir à des impasses autant économiques qu'écologiques. *A contrario*, dans les systèmes agricoles faiblement anthropisés (agriculture extensive, itinérante, jachère, etc.), ou dans des systèmes agricoles plus "respectueux" du milieu (agriculture biologique), la diversité en nématodes est généralement plus importante. Des études menées sur la mise en jachère ont montré que les communautés se diversifient avec l'âge de la jachère et que la pathogénie globale des communautés sur une culture céréalière consécutive (mil) diminue avec l'augmentation de la diversité des nématodes phytoparasites, sans diminution de l'effectif global de la communauté.

Dans les systèmes naturels peu anthropisés, la diversité spécifique des communautés de nématodes est importante (une vingtaine d'espèces dans les dunes littorales atlantiques et méditerranéennes, par exemple), sans que des dégâts spécifiques leur soient attribués. Les recherches menées sur la pathologie des plantes liée aux nématodes phytoparasites ("lutte génétique et culturale") et celles menées sur la sensibilité des nématodes à des micro-organismes antagonistes ("lutte biologique") montrent que les approches binaires hôte-parasite à finalité thérapeutique sont souvent limitées au court terme.

La diversité d'une communauté en nématodes phytoparasites peut renseigner : i) sur le niveau de perturbation d'un milieu (anthropisation) et sur l'aptitude d'un milieu à faciliter ou non des phénomènes épidémiques ; ii) sur la capacité « tampon » ou sur la capacité de « récupération » d'un sol. L'approche comparative de milieux aux caractéristiques contrastées (niveaux d'anthropisation différents) sert à comprendre la structuration des communautés dans les systèmes agricoles et les milieux fragilisés. Les méthodes statistiques d'analyse des données environnementales permettent de dégager des hypothèses qui seront ensuite testées.

Trois grands types de chantiers sont identifiés :

- **les milieux cultivés** : dans les systèmes de culture maraîchère biologique, la gestion des nématodes phytoparasites implique la diversification des cultures, l'usage des rotations avec des plantes non-hôtes ou mauvais hôtes, l'usage d'engrais verts, l'emploi d'amendements organiques naturels. Toutes ces méthodes concourent à une augmentation de la diversité biologique des sols, source de compétitions biologiques importantes. Par conséquent, bien que fortement intensives, les situations d'agriculture biologique permettent d'analyser, sur l'ensemble d'une communauté de nématodes phytoparasites, les conséquences des méthodes employées contre les espèces ●●●

### Autres équipes concernées par ce thème

#### UMR I062

#### CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations

(Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD)

Directeur : Denis Bourguet,  
bourguet@supagro.inra.fr

#### Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »

Chercheurs impliqués : Jacques Fargues (Inra),  
Olivier Bonato (IRD), Frédéric Pellegrin (IRD),  
Nathalie Gauthier (IRD), Claire Vidal (IRD)

#### Équipe « Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »

Enseignants-chercheurs impliqués :  
Serge Kreiter (Montpellier SupAgro),  
Marie-Stéphane Tixier-Garcin (Montpellier SupAgro)



*Hoplolaimus pararobustus*  
infestant une racine de bananier

© T. Mateille

## Biodiversité parasitaire et santé des sols : cas des nématodes phytoparasites

••• « économiquement majeures » (espèces galligènes du genre *Meloidogyne*), sans les biais induits par les traitements chimiques. La culture maraîchère méditerranéenne représente un modèle privilégié pour développer ces recherches car elle intéresse des surfaces croissantes en agriculture biologique, avec des situations contrastées de part et d'autre de la Méditerranée que nos approches comparatives peuvent exploiter. Les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon représentent environ 40% des 2 000 ha cultivés en agriculture biologique en France. Les surfaces cultivées en agriculture biologique dans les pays du Maghreb connaissent une expansion plus rapide (environ 8 000 ha au Maroc). Les recherches sont développées dans le cadre du projet Nematus « Approche intégrative de la gestion des nématodes phytoparasites en systèmes maraîchers méditerranéens et sahéliens » (financement ministère des Affaires étrangères/Projet Duras).

• **les milieux peu anthropisés** : on observe une grande diversité de mécanismes de régulation : dans les zones de revégétalisation des dunes côtières en oyat (*Ammophila arenaria*), les populations de nématodes endoparasites (*Meloidogyne maritima*, *Heterodera arenaria* et *Pratylenchus* spp.) seraient contrôlées par la plante hôte (spécificité de la sensibilité), par des organismes antagonistes (*Pasteuria penetrans*, *Pochonia chlamydosporia*) et par des organismes symbiotiques des racines (mycorhizes). En revanche, les populations de nématodes ectoparasites ne seraient pas contrôlées par les mêmes mécanismes mais seraient directement en compétition trophique avec les nématodes endoparasites. L'originalité de ce projet est

donc de combiner les recherches sur les régulations horizontales (compétitions interspécifiques) et verticales (plante, prédateurs).

• **les situations de transition** : les déterminants écologiques de la structuration des communautés de nématodes sont étudiés dans des situations de changement d'usage : enclaves de culture dans la forêt des Landes ou mise en culture de la savane africaine, par exemple.

L'état antécédent et l'âge des cultures sont des éléments essentiels de compréhension de l'évolution spatio-temporelle des communautés. Les recherches sont développées dans le cadre du projet NemaGEco « *Écologie intégrative des nématodes : du fonctionnement de leurs populations à leurs fonctions dans les écosystèmes* » (financement Cnrs/Ademe-EcoGer). Cette approche éco-épidémiologique est centrée sur l'étude et la gestion de la biodiversité des communautés de nématodes phytoparasites. À la fois descriptive (biologie, taxonomie, phylogénie) et fonctionnelle (compétitions interspécifiques, contraintes biologiques et édaphiques), elle permet de comprendre la dynamique des assemblages. Fondée sur le concept de résilience des milieux, cette démarche doit conduire à des stratégies de gestion durable des systèmes agricoles et de protection/réhabilitation des milieux fragilisés.

**Contacts** : **Thierry Mateille**, [mateille@supagro.inra.fr](mailto:mateille@supagro.inra.fr),  
**Mireille Fargette**, [Mireille.Fargette@mpl.ird.fr](mailto:Mireille.Fargette@mpl.ird.fr),  
**Patrice Cadet**, [Patrice.Cadet@mpl.ird.fr](mailto:Patrice.Cadet@mpl.ird.fr),  
et **Serge Morand**, [morand@supagro.inra.fr](mailto:morand@supagro.inra.fr)



© J.P. Deguine

## Gestion agroécologique des populations d'insectes piqueurs suceurs dans les systèmes de culture cotonniers

En culture cotonnière (*Gossypium hirsutum*), certains hémiptères, tels le puceron *Aphis gossypii* Glover et l'aleurode *Bemisia tabaci* (Gennadius), sont depuis deux décennies devenus des ravageurs majeurs du cotonnier dans diverses régions du monde. Leur pullulation est maintenant régulièrement observée. Cette situation phytosanitaire nouvelle a alerté praticiens et chercheurs. L'hypothèse est avancée que le changement de statut de ces insectes piqueurs-suceurs est la conséquence d'une rupture de l'équilibre établi initialement entre eux, leur environnement végétal ainsi que le cortège fourni et diversifié d'ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes, champignons entomopathogènes).

*A. gossypii* et *B. tabaci* sont distribués dans la plupart des régions cotonnières du monde ; ils sont très polyphages et ont une gamme très élevée de plantes-hôtes, ce qui leur permet de passer assez facilement d'une culture à une autre ou d'une plante à une autre en fonction des conditions. Ces insectes présentent des traits particuliers : taux de reproduction rapide, développement précoce de résistance aux insecticides, diversité morphologique remarquable et forte variabilité intraspécifique.

Comment expliquer le changement de statut de ces insectes ?

1) par l'évolution des facteurs abiotiques de l'environnement, en particulier le déficit pluviométrique observé dans de nombreuses régions tropicales depuis les années 1970 ; 2) par l'évolution des pratiques agricoles, notamment l'augmentation des surfaces cotonnières et maraîchères ; l'évolution des itinéraires techniques, des pratiques culturales et des modalités de protection phytosanitaire ayant engendré la rupture de l'équilibre préexistant dans l'entomofaune (doses d'engrais minéraux, en particulier azotés) ; 3) par les techniques de traitement phytosanitaire à faible volume ; 4) par des matières actives utilisées comme les pyréthrinoides ; 5) par des variétés cultivées, à fort développement végétatif ; 6) par l'utilisation massive de produits insecticides en cultures maraîchères.

Ce diagnostic, difficile en raison du nombre de causes possibles, permet paradoxalement d'inventorier les principaux paramètres à

prendre en compte pour concevoir à terme une gestion durable des populations d'insectes. L'objectif est, d'une part, de rompre avec les pratiques ou habitudes passées pour éviter une aggravation de la situation et, d'autre part, d'adopter une démarche et des pratiques nouvelles, permettant un retour à une situation d'équilibre.

À partir des observations, expériences et réflexions, les bases de cette démarche agroécologique sont proposées. Elles s'appuient sur le concept de protection intégrée dans le contexte d'une agriculture durable qui s'efforce de concilier les avantages de deux stratégies différentes : l'une, considérée comme prioritaire, privilégiant une approche écologique de la régulation des populations et considérant de ce fait l'agroécosystème comme le niveau d'organisation et d'intervention préventives ; l'autre reposant sur l'emploi curatif, au niveau de la parcelle, de techniques variées, parmi lesquelles les pesticides de synthèse ne doivent pas être utilisés.

Il est clair que le succès d'une telle approche ne peut être assuré que par le strict respect d'une démarche unitaire, véritablement intégrée. La phase initiale de cette stratégie intégrée vise à réduire autant que faire se peut les risques phytosanitaires et à favoriser l'action des ennemis naturels.

La deuxième phase consiste en un diagnostic de l'état sanitaire de la parcelle et de son environnement, voire de l'ensemble de l'exploitation ou des exploitations concernées par un même système de culture (notion de territoire). La dernière phase est de nature curative, visant la mise en œuvre des mesures d'intervention les moins dommageables pour l'environnement (santé humaine et diversité biologique). Il s'agit donc, au total, d'un véritable cahier des charges visant à assurer la rentabilité et donc la pérennité de l'exploitation, la conservation du potentiel agronomique des sols et la préservation des systèmes biologiques indigènes, suivant le concept de développement durable dans les systèmes de culture cotonniers.

**Contact : Jean-Philippe Deguine,**  
[Jean-Philippe.deguine@cirad.fr](mailto:Jean-Philippe.deguine@cirad.fr)

**1.** Récolte dans champ  
de coton en Afrique

**2.** larve de *Cheilomenes vicina*,  
coccinelle prédatrice des larves  
et adultes de pucerons  
en culture de coton

**3.** larves à ptérothèques  
du puceron d'*Aphis gossypii*





© Cirad

# Faire connaître la culture *scientifique et technique*

Le Centre Commun de Ressources Documentaires, CCRD rassemble, dans le cadre du C.I.L.B.A. (Complexe International de Lutte Biologique Agropolis) les fonds documentaires de trois laboratoires (CBGP, USDA/EBCL, CSIRO) dans le domaine de la lutte biologique ainsi que de la biologie et gestion des populations.



es missions du **Centre Commun de Ressources Documentaires**, CCRD, sous la responsabilité actuelle de Christine Silvy, sont :

- **de gérer de manière coordonnée les ressources documentaires.**
- **d'assurer des services documentaires aux utilisateurs** : aide à la recherche documentaire, à l'interrogation de bases de données, à la recherche sur Internet, à la localisation de documents.
- **de valoriser les fonds documentaires par l'élaboration d'outils et de catalogues communs**, accessibles en particulier sur le site web du C.I.L.B.A. et celui du CBGP : fichier commun des livres, fichiers des publications des chercheurs, inventaire des collections de revues courantes et archivées.
- **d'assurer la circulation et la diffusion de l'information entre les partenaires** (acquisitions, évolutions technologiques, nouvelles ressources électroniques...).
- **d'assurer l'accès aux sources externes d'information** : mise à disposition dans l'espace « micros en libre service » du CCRD de l'accès aux ressources électroniques du CBGP (bases de données, revues électroniques) : actuellement, ces accès sont en grande partie en doublons aussi bien au sein de l'UMR CBGP qu'à l'EBCL et au CSIRO (Principales bases de données accessibles : *CAB Abstracts, Agricola, CC Connect, Econlit, Web of Science, FSTA, Medline, Biosis, Zoological Record*). À mentionner également (accès public Internet), *la Bibliothèque Ouverte Montpellier Languedoc-Roussillon (BOMLR)* (projet piloté par Agropolis International, la Bibliothèque Interuniversitaire de Montpellier et le Pôle universitaire européen de Montpellier Languedoc-Roussillon). Elle donne un accès unique aux ressources documentaires des établissements de recherche et d'enseignement supérieur en Languedoc-Roussillon. Il s'agit d'une interface ouverte en accès libre sur Internet qui permet d'interroger simultanément 52 bibliothèques et unités documentaires de la région, de localiser les documents (ouvrages et/ou périodiques) et d'étendre les recherches aux ressources du Web (<http://www.bomlr.info>).
- **de constituer un réseau de collaborations national et international...**
  - △ Services de documentation, de communication et d'édition institutionnels à Montpellier (Inra, IRD, Cirad, Montpellier SupAgro)
  - △ Réseau documentaire Agropolis International (Commission Information scientifique et technique rassemblant les représentants des centres de documentation des organismes membres d'Agropolis International).
  - △ Laboratoire européen du CSIRO (Montpellier) et la *Black Mountain Library* (CSIRO, Canberra, Australie).
  - △ Laboratoire européen de lutte biologique de l'USDA (Montpellier) et *National Agricultural Library* (Beltsville, États-Unis).
  - △ Réseau documentaire Inra.
  - △ Groupe des laboratoires membres de l'IFR « Biodiversité continentale, méditerranéenne et tropicale », Montpellier.
  - △ Associations professionnelles françaises (ADBS, Association des professionnels de l'information et de la documentation) et internationales (IAALD, *International Association of Agricultural Information Specialists*).

**Christine Silvy,**  
[silvy@supagro.inra.fr](mailto:silvy@supagro.inra.fr)

# Thématiques couvertes par les équipes de recherche

(Juillet 2006)

Les différentes unités et équipes de recherche apparaissent dans les tableaux par ordre de citation dans le texte de ce dossier.

## 1. Caractériser la biodiversité dans les agro-écosystèmes

- L'outil taxinomique au service de la lutte biologique
- Prise en compte des espèces envahissantes
- Aspects réglementaires et législatifs : organismes nuisibles, quarantaine et agrément

## 2. Comprendre et évaluer la diversité et ses interactions

- Évaluer la spécificité d'hôtes et les interactions
- Caractériser la diversité génétique

## 3. Gérer les populations

- L'approche lutte biologique classique : gestion par l'introduction d'auxiliaires
- Compréhension du rôle majeur des interactions environnementales
- L'agroécologie, une autre vision de l'agriculture durable

Unité	1a	1b	1c	2a	2b	3a	3b	3c
<b>UMR 1062 CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations</b> (Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD) <i>Thématique « Systématique-Taxonomie, Phylogénie-Phylogéographie »</i> Denis Bourguet	•	•			•			
<b>UMR 1062 CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations</b> (Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD) <i>Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »</i> <i>Groupe « Processus évolutifs et gestion des bio-agresseurs »</i> Denis Bourguet	•	•			•			
<b>UMR 1062 CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations</b> (Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD) <i>Programme « Écologie et gestion de la diversité des communautés de nématodes phytoparasites »</i> Denis Bourguet			•			•	•	•
<b>UMR 1062 CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations</b> (Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD) <i>Équipe « Écologie intégrative des Systèmes Populations-Environnement »</i> Denis Bourguet		•				•	•	•
<b>UMR 1062 CBGP, Centre de Biologie et de Gestion des Populations</b> (Inra, Montpellier SupAgro, Cirad, IRD) <i>Équipe « Écologie animale et Zoologie agricole - Acarologie »</i> Denis Bourguet	•	•			•	•		•
<b>LGEI Laboratoire Génie de l'Environnement industriel et des risques industriels et naturels</b> (EMA) Miguel Lopez-Ferber				•	•	•		
<b>Unité de Recherche « Systèmes canniers »</b> (Cirad) Pascal Marnotte		•		•		•		
<b>CSIRO, Laboratoire européen</b> <i>Thématique « Bioagresseurs émergents et bio-invasions »</i> Andy Sheppard/Mic Julien	•	•	•	•	•	•		
<b>USDA-ARS, EBCL, Laboratoire Européen de Lutte Biologique</b> <i>Équipe « Lutte biologique contre les bio-invasions »</i> Walker Jones	•	•		•	•	•		
<b>USDA-ARS, EBCL, Laboratoire Européen de Lutte Biologique</b> <i>Équipe « Unité d'évaluation génétique »</i> Walker Jones		•		•	•			
<b>USDA-ARS, EBCL, Laboratoire Européen de Lutte Biologique</b> <i>Équipe « Quarantaine »</i> Walker Jones			•					
<b>UMR Institut des Sciences de l'Évolution</b> (CNRS,UM2) <i>Équipe « Génétique et Environnement »</i> Jean-Christophe Auffray		•			•			
<b>CEFE, Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive</b> (UMR 5175, CNRS, UM1, UM2, UM3, Montpellier SupAgro, Cirad) Jean-Dominique Lebreton		•			•			
<b>UPR Horticulture, Département « Productions fruitières et horticoles »</b> (Flhor, Cirad) <i>Laboratoire de Biodiversité entomologique et d'Écologie Évolutive en Agrosystèmes maraîchers</i> Philippe Vernier						•	•	•
<b>UMR C53 PVBMT (Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical),</b> (Cirad/Université de la Réunion) Bernard Reynaud		•		•	•	•	•	•

# Les formations à Agropolis International

*dans le domaine de la lutte biologique*

**A**gropolis International, au travers de ses établissements membres, universités et écoles d'ingénieurs (et institutions spécialisées dans la formation continue), propose une offre de formation complète.

Cela représente plus de 80 formations diplômantes (de bac +2 à bac +8 : technicien, ingénieur, licence, master, doctorat...) ainsi qu'une centaine de modules de formation continue (préexistants ou à la carte).

Les tableaux présentés ci-après détaillent les formations relevant du domaine de la lutte biologique. Ils précisent les niveaux de diplômes, les intitulés des formations et les établissements opérateurs.

## Les formations diplômantes

Niveau	Diplôme	Intitulé de la formation	Établissement
Bac +3	Licence professionnelle	Agriculture raisonnée	Montpellier SupAgro, UPVD, LEGTA Castelnaudary
Bac +5	Ingénieur	Production végétale durable Agro-horticulture Protection des plantes et environnement Viticulture-CEnologie	Montpellier SupAgro
	Master professionnel	Santé des Plantes	Montpellier SupAgro, Agrocampus-Rennes, INH Angers, INRA Paris-Grignon
		Agronomie et agroalimentaire Mention "Agronomie et systèmes de culture intégrée"	Montpellier SupAgro, AgroParisTech
	Master recherche	Biologie, géosciences, agroressources, environnement Spécialité "Écologie, biodiversité et évolution" Parcours Biologie de l'évolution et écologie Parcours Ressources phylogénétiques et interactions biologiques	Montpellier SupAgro, UM II
Bac +8	Doctorat	Biologie des Systèmes intégrés - Agronomie - Environnement	Montpellier SupAgro, UM I, UM II, UPVD

## Les formations courtes non diplômantes

Établissement	Intitulé
Montpellier SupAgro, Inra	Les insectes d'importance agronomique : pratique de l'identification au laboratoire (5 jours)
Montpellier SupAgro	Les acariens ravageurs et auxiliaires des plantes : présentation et identification (4 jours)

# Glossaire

**Agroécologie** : étude des interactions entre plantes, animaux, homme et environnement à l'intérieur des agroécosystèmes.

**Allopolyploidie** : polyploidie résultant d'un croisement interspécifique (contenant donc deux génomes différents).

**Anthropisation** : transformation résultant de l'action de l'homme.

**Barcoding / Code barre** : méthode d'identification taxinomique des organismes eucaryotes basée sur le pouvoir diagnostique de petits fragments du génome.

**Bioagresseur** : terme couramment utilisé pour désigner des espèces nuisibles en agriculture.

**Bio-indicateur** : désigne des espèces biologiques ou animales qui, du fait de leurs particularités écologiques, constituent l'indice précoce de modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement dues à des activités humaines.

**Biopesticide** : pesticide fabriqué à partir de substances naturelles ou constituées d'organismes vivants.

**Biotype** : groupe d'organismes ayant le même génotype.

**Caryologie** : étude du noyau et des chromosomes.

**Cluster** : regroupement d'espèces.

**Co-évolution** : évolution de deux (ou plus) espèces interdépendantes, chacune s'adaptant aux changements de l'autre.

**Complexe d'espèces** : ensemble de taxa proches, difficiles à différencier d'un point de vue taxinomique ou génétique. Cytométrie en flux : la cytométrie en flux permet une mesure qualitative et quantitative des caractéristiques physiques et chimiques de cellules et de particules. On peut ainsi mesurer de nombreuses caractéristiques telles que la taille, la réfringence et tout composant ou fonction qui peut être détecté par une sonde fluorescente qui se lie spécifiquement à la cellule.

**Diagnose** : détermination des spécificités des êtres vivants.

**Diploïde** : qui possède des chromosomes par paires. La diploïdie se retrouve dans toutes les cellules, à l'exception des cellules sexuelles.

**Distance génétique** : différences quantitativement mesurées entre taxons quant à leurs fréquences alléliques. Distance entre deux gènes sur le chromosome.

**Entomopathogène** : qui peut provoquer une maladie chez les insectes.

**Épizootie** : épidémie frappant, dans une région plus ou moins vaste, une espèce animale dans son ensemble.

**Espèce allochtone** : espèce qui se trouve dans une région en dehors de sa région naturelle historiquement connue comme résultat d'une dispersion intentionnelle ou accidentelle par les activités humaines (aussi connue comme une espèce exotique ou introduite).

**Espèces cryptiques** : espèces morphologiquement peu différenciées.

**Espèces invasives (=envahissantes exotiques)** : espèces qui ont étendu leur aire d'expansion et se mettent à pulluler dans des zones qu'elles ont nouvellement colonisées. Une espèce envahissante se définit de la même façon mais est indigène à la zone où elle pullule.

**Haplotype** : l'ensemble des gènes différents qui sont situés sur un chromosome et à proximité les uns des autres.

**ITS Internal Transcribed Spacers** : fragments d'ARN utilisés comme marqueurs moléculaires.

**Lutte biologique inoculative** : technique de lutte biologique par acclimatation ; également appelée lutte biologique classique, elle parie sur l'intégration dans l'environnement et la multiplication autonome d'auxiliaires originaires d'autres milieux.

**Lutte biologique inondative** : technique de lutte biologique consistant à faire des lâchers massifs et/ou répétitifs d'organismes (organismes antagonistes du ravageur visé) dont le mode d'utilisation se rapproche davantage de celui d'un pesticide.

**Microsatellite ou SSR** : séquences présentes dans les génomes et qui sont très utilisées comme marqueurs moléculaires de par leur simplicité et leur grande répartition dans les génomes des espèces eucaryotes.

**Morphométrie** : mesures de la forme d'un individu (proportions du corps, rapports des dimensions des diverses caractéristiques morphologiques d'un animal).

**PCR Polymerase Chain Reaction** : technique permettant d'amplifier *in vitro* des séquences d'ADN par répétition de réactions d'élongation en présence d'amorces nucléotidiques spécifiques et d'une ADN polymérase.

**Phylogénie** : analyse des relations de parenté entre taxons spécifiques et supraspécifiques, entre gènes et entre fonctions physiologiques.

**Phylogéographie** : relations entre les généalogies de gènes (phylogénétiques) et la géographie.

**Polypléide** : organisme dont les cellules renferment trois ou plus de trois ensembles de chromosomes homologues.

**Résilience (des milieux)** : aptitude d'un écosystème à survivre à des altérations et des perturbations dans sa structure et (ou) son fonctionnement et à retrouver, après la disparition de ces dernières, un état comparable à la situation initiale.

**RFLP Restriction Fragment Length Polymorphism / Polymorphisme de longueur des fragments de restriction** : comparaison de profils de coupure par les enzymes de restriction suite à l'existence d'un polymorphisme dans la séquence d'une molécule d'ADN par rapport à une autre.

**Séquençage** : connaissance du nombre, de la nature et de l'ordre des nucléotides qui composent un gène.

**Systématique** : voir *Taxonomie*.

**Taxon** : Groupe d'organismes vivants qui descendent d'un même ancêtre et qui ont certains caractères communs. Les embranchements, classes, ordres, familles, espèces.

**Taxo(i)nomie** : Science, lois ou principes de classification. Systématique. Division en groupes ordonnés ou en catégories.

**Ubiquiste** : qualifie une espèce capable de s'installer dans des biotopes très divers.

**Variabilité intraspécifique** : fait référence à l'ensemble des informations (génétiques et phénotypiques) disponibles parmi tous les individus d'une espèce.

© F. Hérard

*Dolichomitus messor*  
(Hym. : Ichneumonidae),  
parasite connu de *Lamia textor*  
(Col. : Cerambycidae)  
en Europe



# Liste des abréviations

<b>ACTA</b>	Association de coordination technique agricole
<b>ARS</b>	<i>Agricultural Research Service</i>
<b>BOMLR</b>	Bibliothèque Ouverte Montpellier Languedoc-Roussillon
<b>BSES</b>	<i>Bureau of Sugar Experiment Stations</i>
<b>CAREPS</b>	Centre Rhône-Alpes d'Epidémiologie et de Prévention Sanitaire
<b>CBGP</b>	Centre de Biologie et de Gestion des Populations
<b>CEE</b>	Communauté Économique Européenne
<b>CEFE</b>	Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive
<b>CETA</b>	Collège d'Enseignement Technique Agricole
<b>C.I.L.B.A.</b>	Complexe International de Lutte Biologique Agropolis
<b>CIPV</b>	Convention Internationale pour la Protection des Végétaux
<b>Cirad</b>	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
<b>CIRES</b>	Centre Inter-organisme de Recherche et d'Expertise en Systématique
<b>CITES</b>	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages
<b>CIV</b>	Culture <i>in vitro</i>
<b>CNRS</b>	Centre national de la recherche scientifique
<b>COI</b>	Cytochrome Oxydase Sous-unité I
<b>CTIFL</b>	Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes
<b>CSIRO</b>	<i>Commonwealth Scientific and Research Organisation</i>
<b>DAA</b>	Diplôme d'Agronomie Approfondie
<b>DAISIE</b>	<i>Delivering Alien Invasive Inventories for Europe</i>
<b>DEA</b>	Diplôme d'Études Approfondies
<b>DESS</b>	Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées
<b>DRAF/SRPV</b>	Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt, Service Régional de la Protection des Végétaux
<b>DSCP</b>	<i>Double Strand Conformation Polymorphism</i>
<b>DU</b>	Diplôme Universitaire
<b>EBCL</b>	<i>European Biological Control Laboratory</i>
<b>EMA</b>	École Nationale Supérieure des Techniques Industrielles et des Mines d'Alès
<b>ENGREF</b>	École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts
<b>ESALQ</b>	<i>Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz</i>
<b>FAO</b>	<i>Food and Agricultural Organization</i> / Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>FDGEON</b>	Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles
<b>IFR</b>	Institut Fédératif de Recherche
<b>INA PG</b>	Institut national agronomique Paris-Grignon
<b>Inra</b>	Institut national de la recherche agronomique
<b>INH</b>	Institut National d'Horticulture
<b>IRAD</b>	Institut de Recherche Agricole pour le Développement
<b>IRD</b>	Institut de Recherche pour le Développement
<b>IRTA</b>	<i>El Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias</i>
<b>ITV</b>	Centre Technique Interprofessionnel de la Vigne et du Vin
<b>Isem</b>	Institut des sciences de l'évolution de Montpellier
<b>LEGTA</b>	Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole
<b>LGEI</b>	Laboratoire Génie de l'environnement industriel et des risques industriels et naturels
<b>LNPV</b>	Laboratoire National de la Protection des Végétaux
<b>LOA</b>	Lettre Officielle d'Autorisation
<b>MNHN</b>	Museum national d'Histoire naturelle
<b>MSIRI</b>	<i>Mauritius Sugar Industry Research Institute</i>
<b>PBI</b>	Protection Biologique Intégrée
<b>PIRAT</b>	Programme Intégré de Recherches en Agroforesterie à ResTinclières
<b>PVBMT</b>	Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical
<b>SASRI</b>	<i>South African Sugarcane Research Institute</i>
<b>SRPV</b>	Service Régional de la Protection des Végétaux
<b>TYLCV</b>	<i>Tomato Yellow Leaf Curl Virus</i>
<b>UMI</b>	Université Montpellier 1
<b>UMII</b>	Université Montpellier 2
<b>UMIII</b>	Université Montpellier 3
<b>UMR</b>	Unité Mixte de Recherche
<b>UPVD</b>	Université de Perpignan Via Domitia
<b>UPR</b>	Unité Propre de Recherche
<b>USDA/ARS</b>	<i>United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service</i>

Les laboratoires, organismes membres et  
partenaires d'Agropolis International impliqués  
dans le domaine de la lutte biologique

**CBGP**  
www.montpellier.inra.fr/CBGP

**CEFE**  
www.cefe.cnrs.fr

**Cirad**  
www.cirad.fr

**Csiro**  
www.csiro.au

**EMA**  
www.ema.fr

**Inra**  
www.inra.fr

**IRD**  
www.ird.fr

**Isem**  
www.isem.cnrs.fr

**Montpellier SupAgro**  
www.supagro.fr

**UMI**  
www.univ-montp1.fr

**UMII**  
www.univ-montp2.fr

**UMIII**  
www.univ-montp3.fr

**UPVD**  
www.univ-perp.fr

**USDA**  
www.ars-ebcl.org



Mars 2007 • 60 pages  
Français et Anglais

**Directeur de la publication :** Henri Carsalade

**Coordinateur scientifique :** René Sforza

**Rédaction scientifique :** Isabelle Amsallem  
(Agropolis Productions)

**Ont participé à ce numéro :** Cindy Adolphe, Laurence Arvanitakis, Marie-Claude Bon, Olivier Bonato, Dominique Bordat, Denis Bourget, Patrice Cadet, Dominique Coutinot, Jean-Philippe Deguine, Gérard Delvare, Michel Ducamp, Pierre Ehret, Mireille Fargette, Jacques Fargues, Régis Goebel, Franck Hérard, Serge Kreiter, Christian Langlais, Miguel Lopez-Ferber, Arnaud Martin, Jean-François Martin, Thierry Mateille, Sandrine Maurice, Alain Migeon, Serge Morand, Maria Navajas, Isabelle Olivieri, Jean-Yves Rasplus, Yves Savidan, René Sforza, Andy Sheppard, Christine Silvy, Marie-Stéphane Tixier-Garcin, Claire Vidal

**Remerciements pour l'icôno-graphie :**

tous les auteurs et le Cirad, Den Colong, Mireille de Freitas, Gilberto de Moraes, Alain Dutartre, Denise Navia, Mark Volkovitch, Région Languedoc-Roussillon

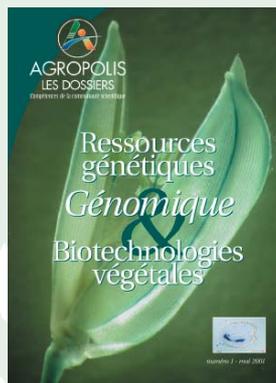
**Corrections :** Isabelle Amsallem, Marie-Claude Kohler, René Sforza, Christine Silvy, Nathalie Villeméjeanne

**Conception, mise en page et infographie :**  
Olivier Piau, [agropolisproductions@orange.fr](mailto:agropolisproductions@orange.fr)

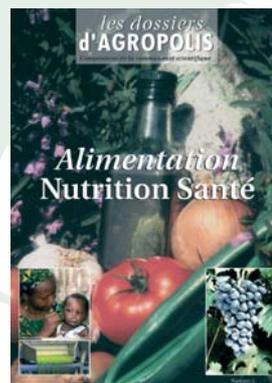
**Impression :** Les Petites Affiches (Montpellier)

ISSN: 1628-4240 • **Dépot légal :** Mars 2007

Dans la même collection



Mai 2001 • 24 pages  
Français et Anglais



Septembre 2005 • 48 pages  
Français et Anglais



Novembre 2005 • 56 pages  
Français et Anglais

— Les dossiers d'Agropolis International —

La série des « *dossiers d'Agropolis International* » est une des productions d'Agropolis International dans le cadre de sa mission de promotion des compétences de la communauté scientifique.

Chacun de ces dossiers est consacré à une grande thématique scientifique. On peut y trouver une présentation synthétique et facile à consulter de tous les laboratoires, équipes et unités de recherche présents dans l'ensemble des établissements d'Agropolis International et travaillant sur la thématique concernée.

L'objectif de cette série est de permettre à nos différents partenaires d'avoir une meilleure lecture et une meilleure connaissance des compétences et du potentiel présents dans notre communauté mais aussi de faciliter les contacts pour le développement d'échanges et de coopérations scientifiques et techniques.

**Photo couverture :** © R. Sforza



**AGROPOLIS**  
INTERNATIONAL

Avenue Agropolis  
F-34394 Montpellier CEDEX 5  
France

Tél. : +33 (0)4 67 04 75 75

Fax : +33 (0)4 67 04 75 99

[agropolis@agropolis.fr](mailto:agropolis@agropolis.fr)

[www.agropolis.fr](http://www.agropolis.fr)