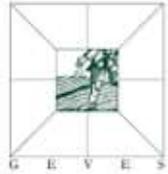


Les **4^{èmes}**
Rencontres
du Végétal

[recueil des communications]



INH

*De la science du végétal
à la culture du paysage*



*Vers la protection intégrée de demain :
nouveaux concepts, nouvelles méthodes, nouveaux outils*



16 / 17 janvier 2007
Institut National d'Horticulture - Angers

EDITORIAL

En 2007, les Rencontres du Végétal ont pour thème « **Vers la protection intégrée de demain : nouveaux concepts, nouvelles méthodes, nouveaux outils** ». Le développement de la protection intégrée ne peut plus être considéré comme le simple prolongement des méthodes actuelles de lutte phytosanitaire. Il oblige à reconsidérer les connaissances sur lesquelles s'appuie la protection des cultures contre les bioagresseurs par la prise en considération du **fonctionnement écologique des peuplements végétaux**. La mise au point de nouveaux moyens de maîtrise de la santé des plantes exige un effort particulier de recherche et d'expérimentation dans ce domaine, afin de proposer à terme des **systèmes de culture moins sensibles aux risques parasites**.

Mises en œuvre à l'initiative de l'ESA, du GEVES, de l'INH, de l'INRA et de l'Université d'Angers, en relation avec l'ASTREDHOR, le CTIFL, la FNAMS, le GNIS et l'ITEIPMAI, les Rencontres du Végétal ont l'ambition d'offrir un **espace de dialogue aux acteurs de la recherche et à ceux de l'expérimentation et de la recherche-développement, tant publics que privés**. Elles leur donnent l'opportunité de construire ensemble des stratégies innovantes d'expérimentation dans les **domaines de l'Horticulture (fruits, légumes, ornement), des Semences et du Paysage**.

Dans ce contexte, les Rencontres du Végétal ont également la vocation de mettre à la disposition d'un public de chercheurs, d'enseignants et de professionnels, **les résultats les plus récents des recherches aussi bien fondamentales qu'appliquées** conduites dans les différents secteurs du végétal spécialisé.

Marianne LEFORT

Présidente du Conseil Scientifique des Rencontres du Végétal

SOMMAIRE GENERAL DES SESSIONS

Session plénière :



PROTECTION INTEGREE : CONCEPTS, ECHELLES.5

Sessions thématiques :



VERGERS ET VITICULTURE..... 17



PRODUCTIONS DE PLEIN CHAMP 41



PRODUCTIONS SOUS SERRES ET ABRIS..... 69



JARDINS ET ESPACES VERTS 103

Session plénière :



EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION ET PROTECTION INTEGREE 137

Session plénière et Table ronde :



OU EN EST LA PROTECTION INTEGREE DANS LES DIFFERENTS
POLES EUROPEENS SUR LE VEGETAL SPECIALISE ? 147

SOMMAIRE DE LA SESSION



BASES ECOLOGIQUES DE LA PROTECTION INTEGREE DES CULTURES. 7

PHILIPPE LUCAS



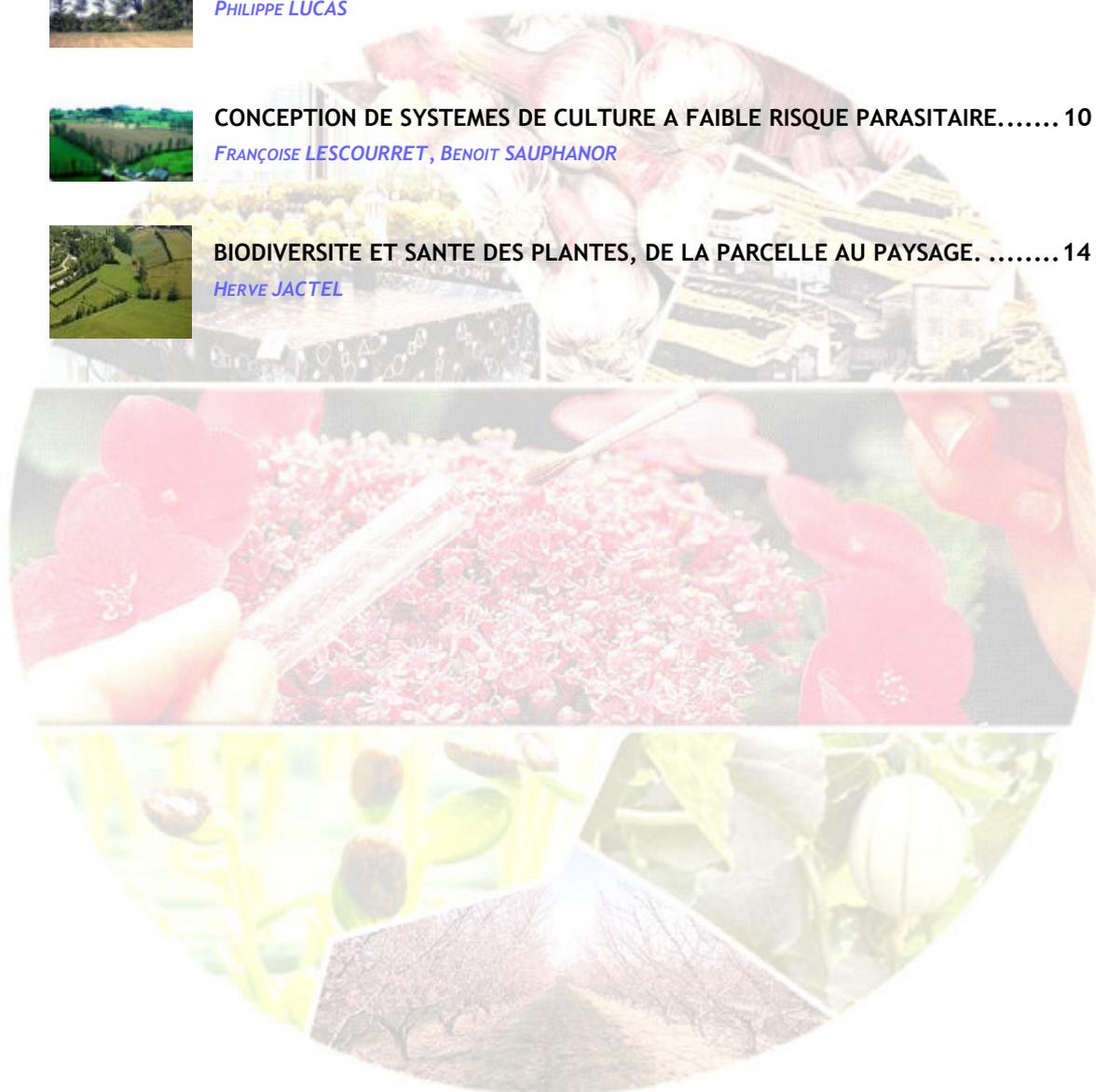
CONCEPTION DE SYSTEMES DE CULTURE A FAIBLE RISQUE PARASITAIRE..... 10

FRANÇOISE LESCOURET, BENOIT SAUPHANOR



BIODIVERSITE ET SANTE DES PLANTES, DE LA PARCELLE AU PAYSAGE. 14

HERVE JACTEL



Protection Intégrée ; concepts, échelles

CONFERENCE

✓ Bases écologiques de la protection intégrée des cultures.

PHILIPPE LUCAS

INRA - Agrocampus Rennes - UMR BiO3P - B.P. 35327 - 35653 LE RHEU

Introduction

Les progrès accomplis dans l'efficacité de la protection des cultures contre leurs parasites, ravageurs et adventices ont largement contribué à l'amélioration quantitative et qualitative de la production agricole depuis plus de 30 ans. La recherche publique a participé à l'accroissement des connaissances dans ce domaine, en mettant au point des méthodes d'identification et de détection des bioagresseurs¹, en analysant les relations plantes-bioagresseurs et sélectionnant des variétés et des géniteurs plus résistants ou plus tolérants, en analysant les relations bioagresseur-milieu et proposant des modèles prédictifs des épidémies, en concevant les bases scientifiques de méthodes de lutte biologique...

Cependant, malgré la diversité des possibilités de maîtrise des bioagresseurs dont ces connaissances sont potentiellement porteuses, l'agriculture a privilégié la lutte chimique, les acquis de la biologie étant, avant tout, utilisés pour raisonner les conditions d'application des pesticides ou, éventuellement, pour concevoir des recours lorsque les pesticides apparaissent trop peu efficaces ou sont indisponibles.

Malgré les efforts de la recherche privée pour mettre au point des molécules au profil toxicologique et écotoxicologique répondant aux exigences accrues des services de l'homologation, l'importance de l'emploi de produits pesticides soulève aujourd'hui de nombreuses réticences sociales avec la prise de conscience des impacts environnementaux, les inquiétudes sur les conséquences en terme de santé humaine et la volonté de consommer des produits obtenus sous d'autres conditions d'agriculture.

Sans remettre fondamentalement en cause le recours à des pesticides, il apparaît évident que les stratégies de protection des cultures devront être diverses en fonction des choix économiques des exploitants, des souhaits des consommateurs, des attentes de la société. Ainsi, récemment, les Ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement ont demandé à l'INRA et au Cemagref la réalisation d'une expertise scientifique collective afin de faire état des connaissances scientifiques permettant d'aller vers une réduction de l'utilisation des pesticides et une limitation de leurs impacts². Dans ses conclusions, le rapport d'expertise propose différentes options de réduction de l'utilisation des pesticides qui vont d'un raisonnement accru des interventions chimiques à une remise en cause des systèmes actuels des cultures jugés comme générateurs de risques phytosanitaires élevés et donc, par construction, très dépendants de l'utilisation des pesticides.

Lutte raisonnée, lutte intégrée et protection intégrée des cultures

La lutte raisonnée a pour objectif l'utilisation de pesticides à un niveau strictement nécessaire par rapport à des seuils d'intervention définis idéalement sur la base d'une relation entre coût des pertes induites par un non traitement et coût d'une application de pesticide. Ces seuils sont généralement définis pour des cultures conduites de façon conventionnelle c'est-à-dire avec un fort niveau de productivité. Dans ce contexte, l'optimisation de la lutte raisonnée permet d'éviter les traitements inutiles.

La lutte intégrée prend en compte des moyens biologiques (auxiliaires ou biopesticides...) et biotechniques (confusion sexuelle, piégeage, etc.) susceptibles de se substituer aux moyens chimiques de lutte. Sa mise en œuvre se heurte à la disponibilité d'alternatives réelles à l'utilisation des pesticides soit qu'elles n'existent pas pour un certain nombre de bioagresseurs, soit qu'elles n'aient qu'une efficacité partielle comparée à celle des pesticides.

¹ Parasites, ravageurs, adventices des cultures

² Aubertot et al. 2005 : Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. *Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, INRA et CEMAGREF (France), 64 p.

La notion de protection intégrée élargit le champ des possibilités d'intervention à d'autres facteurs spécifiques de la culture. Les définitions sur la Protection Intégrée (IPM : *Integrated Pest Management*) sont nombreuses³ et leur contenu a évolué au cours du temps, en fonction de prises de conscience sur les effets non intentionnels des méthodes de lutte et les enjeux environnementaux, de l'évolution du contexte économique, de la mise en place de cahiers des charges, d'obligation de résultats, etc.. Complétant les modalités d'application utilisées en lutte intégrée, elle inclut les autres composantes des agro-écosystèmes, comme les caractères de résistance ou de tolérance variétale à l'égard des organismes nuisibles, les mesures phytotechniques (mode de conduite de la culture, travail du sol...), l'environnement végétal envisagé en tant que réserve d'organismes utiles. L'intégration simultanée de ces différents éléments permet de valoriser les potentialités des facteurs biotiques et abiotiques du milieu, de maintenir ainsi la plante cultivée dans un état physiologique et sanitaire équilibré, et de rendre possible un système de protection phytosanitaire de la culture conforme aux exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques⁴.

Les bases du raisonnement de la protection intégrée

Pour certains, la démarche vers une protection intégrée des cultures procède par étapes à partir du mode conventionnel de production et de protection, en passant progressivement par la lutte intégrée (*integrated pesticide management*) puis la protection intégrée (*integrated pest management*), la protection « bio-intensive » (*biointensive pest management*) et enfin la conception de nouvelles stratégies de gestion des agro-écosystèmes (*integrated ecosystem design and management*)⁵. Les étapes successives proposées correspondent à un abandon des traitements non justifiés, à une substitution progressive de moyens biologiques de lutte aux moyens chimiques, enfin à une redéfinition du système de culture sans que le passage entre ces deux dernières étapes ne soit toujours clairement explicité. Pour d'autres, parfois sans exclure cette première approche, la solution passe par l'ajout progressif d'intrants à partir d'un « écosystème quasi naturel » (*nearly natural ecosystem*). Le choix des intrants privilégie tout élément de gestion répondant à une contrainte biologique identifiée de manière à ramener cette contrainte à un niveau économiquement acceptable⁶. Dans les deux cas, les démarches proposées s'apparentent à la méthode d'essai et erreur et restent empiriques, sans référence précise aux concepts de l'écologie guidant les choix de pratiques. L'exemple des vergers de pommier, au sujet desquels une somme importante de connaissances sur la biologie des principaux bio-agresseurs a été accumulée, permet néanmoins d'illustrer les bases sur lesquelles repose la conception de systèmes de protection intégrée et d'en expliciter les fondements écologiques⁷.

Cette nécessité de fonder les stratégies de protection intégrée sur des fondements écologiques a été développée lors d'un colloque organisé par l'Académie Nationale Américaine des Sciences sur le thème « *Plants and populations : Is There Time?* »⁸. Le modèle dominant de construction des stratégies de protection intégrée consiste à combiner des techniques sans réflexion suffisante sur leur compatibilité et leurs interactions remettant ainsi en cause, sinon leur efficacité immédiate, a minima leur durabilité à moyen terme. Quelques exemples illustrent à quel point certaines alternatives utilisant des agents de lutte biologique miment le mode d'action des pesticides, sans prendre en compte certains traits de vie de ces organismes vivants qui vont conditionner leur efficacité comme leur capacité de survie et de multiplication dans l'environnement dans lequel ils sont introduits, voire leur aptitude à occuper les niches des cibles qu'ils sont sensés atteindre. D'autres exemples montrent la limite à la combinaison de méthodes mises au point et testées pour leur efficacité, une à une, et dans un cadre environnemental ou agronomique autre que celui dans lequel elles doivent être ensuite intégrées. Enfin, l'efficacité même incomplète de certaines méthodes, (par exemple dans le cas de champignons entomopathogènes) qui peut être un handicap pour une efficacité à court terme (et qui va justifier la sélection en laboratoire des

³ Définitions IPM, site web : <http://www.ippc.orst.edu/IPMdefinitions/preamble.html>

⁴ Voir Ferron P., 1999 : Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application p. 19-28. In Fraval A. et Silvy C. (dir) La lutte biologique (II). *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, n° 19, Paris, 274 p.

⁵ Hill SB et al., 1999 : Evolving ecosystems approaches to fruit insect pest management. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 73, 107-110.

⁶ Brown MW, 1999 : Applying principles of community ecology to pest management in orchards. *Agriculture Ecosystems & Environment* 73, 103-106.

⁷ Prokopy RJ, 2003 : Two decades of bottom-up, ecologically based pest management in a small commercial apple orchard in Massachusetts. *Agriculture Ecosystems & Environment* 94, 299-309.

⁸ Thomas MB, 1999 : Ecological approaches and the development of "truly integrated" pest management. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96, 5944-5951.

souches les plus efficaces) peut être un avantage à moyen long terme en maintenant des sources d'inoculum susceptibles de contaminer les générations suivantes d'insectes.

Cette analyse rejoint celle de Ehler et Bottrell⁹ sur la situation de la protection intégrée aux Etats-Unis. En 2000, soit trente ans après la directive Nixon inscrivant la protection intégrée comme élément de politique nationale des États-Unis et sept ans après l'engagement de Bill Clinton d'étendre la pratique « IPM » à 75 % du territoire agricole à l'horizon 2000, les estimations de l'Union des Consommateurs (*Consumers Union*) faisaient état d'un chiffre de 4 à 8 %. L'échec de cette politique s'explique, selon ces deux chercheurs américains, par un défaut de pluridisciplinarité (*society has problems, universities have departments*) et d'intégration, mais aussi par une approche frileuse de la protection intégrée qui a consisté à proposer des ensembles de pratiques non chimiques ou à risque moindre (*mixing non chemical or reduced-risks alternatives*) sans avoir une réelle connaissance de l'effet de ces pratiques sur l'ensemble de l'agrosystème, et notamment sur les bioagresseurs non cibles ou secondaires et sur les auxiliaires les affectant. C'est donc une approche écologique du fonctionnement de l'agrosystème qu'ils revendiquent (*developing ecological understanding of pest-antagonist relationship rather than treating symptoms*), une vision dynamique de la nuisibilité (dynamic thresholds are needed), le développement d'approches de terrain (*priority to field-oriented research projects*), la mise en place d'instruments de mesure objectifs (le plus simple aujourd'hui à utiliser reste la réduction de l'utilisation des pesticides, mais ne peut suffire), enfin la formation de prescripteurs ou agents accompagnant la mise en place de la protection intégrée sur le terrain.

Les conditions de mise en œuvre et d'évaluation de la protection intégrée

La dynamique des bioagresseurs se déroule à des pas de temps et des dimensions de l'espace qui vont au-delà de la durée d'une culture ou des limites de la parcelle dans laquelle elle est cultivée. Les opportunités de gestion de ces dynamiques doivent donc prendre en compte ces dimensions.

Il s'agit, dans un premier temps, d'identifier les différents processus gouvernant ces dynamiques, d'analyser les mécanismes de régulation de ces processus qu'ils fassent appel à des caractéristiques biotiques du système (compétiteurs, antagonistes, prédateurs, parasitoïdes, ...) ou abiotiques (distances entre plantes, entre parcelles, caractéristiques physico-chimiques du sol ou substrat de culture, du climat, ...). Cette décomposition peut être réalisée pour un ensemble de bioagresseurs d'une culture, d'une succession de cultures voire d'une mosaïque de cultures et déboucher sur une typologie de processus ayant en commun mécanismes (de survie, de dissémination, de déclin, ...) et/ou lieux et/ou temps de manifestation pouvant être justiciables de moyens de contrôle identiques, voire mis en œuvre aux mêmes pas de temps et/ou lieux d'espace.

Ces moyens de contrôle seront reconnus pertinents même en cas d'efficacité partielle à partir du moment où ils apportent une contribution significative, en association avec d'autres moyens, pour construire des stratégies de protection des cultures. C'est alors la stratégie qui est évaluée comme une alternative à la lutte chimique et non les méthodes y contribuant, prises une à une.

Il est permis de faire l'hypothèse que la mise en œuvre de ces ensembles de moyens exercera, sur les populations de bioagresseurs, des pressions de sélection moins fortes car basées sur des méthodes à mode d'action différent, agissant sur des étapes successives du cycle des dynamiques de bioagresseurs et en assurera ainsi une plus grande durabilité.

Par analogie, il est permis de penser qu'utiliser des méthodes à effets partiels, « diluées » dans le temps et dans l'espace entraînera des perturbations moindres sur les composantes biotiques, voire abiotiques de l'environnement.

Une telle analyse du fonctionnement des agrosystèmes et des impacts sur les écosystèmes associés, les possibilités d'expérimentation qu'offrent les agrosystèmes, les pas de temps raccourcis auxquels les états du milieu sont modifiés, doivent pouvoir constituer des objets d'étude attractifs pour les sciences écologiques et ouvrir de nouvelles pistes pour les sciences agronomiques.



⁹ L.E. Ehler and D.G. Bottrell : The illusion of Integrated Pest Management. *Issues in Science and Technology* Spring 2000

CONFERENCE

✓ Conception de systèmes de culture à faible risque parasitaire.

FRANÇOISE LESCOURRET, BENOIT SAUPHANOR

PSH, équipe Ecologie de la Production Intégrée
INRA - Unité Plantes et Systèmes des Cultures Horticoles - Domaine de St Paul
Site Agroparc - 84914 AVIGNON Cedex

Introduction

La conception de systèmes de production économiquement viables et à faibles impacts environnementaux passe par la prise en compte des concepts fondamentaux de l'écologie, s'adressant en particulier aux relations entre les communautés vivantes et leur milieu. Les communautés biologiques se caractérisent par leur composition spécifique, leur diversité, et leur organisation fonctionnelle, composantes de la biodiversité. L'intégrité des milieux résulte de cette biodiversité, et représente leur capacité de résistance et de résilience lorsque surviennent des perturbations occasionnelles. L'hypothèse biodiversité-productivité-durabilité des milieux est aujourd'hui abondée par différentes approches, de la modélisation aux observations en milieu réel, en passant par des expérimentations en mésocosme. Le milieu naturel modifié que constitue la parcelle agricole force la présence d'une plante cultivée, et s'oppose à la concurrence des phytophages et pathogènes. A cette perturbation majeure que constitue l'élimination d'un échelon trophique s'ajoute l'altération des communautés d'auxiliaires lorsqu'on recourt à la protection chimique. Ces altérations peuvent s'atténuer si l'on remplace les pesticides par d'autres voies de régulation, ciblant spécifiquement un bioagresseur, ou mettant à profit des interactions trophiques en cascade agissant à la fois sur la ressource nutritive via la conduite de la plante et sur les auxiliaires via le raisonnement de la lutte et la structure paysagère. Si différents composants des réseaux trophiques de milieux cultivés ont été bien étudiés (plantes et bioagresseurs notamment), seules quelques écoles (Wageningen, université de Berkeley) ont abordé la modélisation écologique de réseaux d'interactions pour des systèmes associant une culture, des bioagresseurs et des prédateurs ou parasitoïdes.

Toutefois ces travaux n'explicitent encore que partiellement le fonctionnement des systèmes. Le raisonnement se concentre le plus souvent sur quelques bioagresseurs majeurs, occultant les interactions au sein des cortèges de bioagresseurs et les multiples réponses des espèces à un même système. Et les effets sur ces interactions de la structuration spatiale du parcellaire, des pratiques culturales, des perturbations occasionnelles aux complexes d'auxiliaires, ou de la réponse adaptative des bioagresseurs à leurs environnements modifiés ne sont que partiellement pris en compte. L'adaptation des espèces est potentiellement à même de s'opposer à des voies de protection aussi bien chimiques (résistance aux insecticides) que biologiques (résistance aux agents de lutte biologique) ou culturales (adaptation aux rotations de culture et aux variétés résistantes). Mais des modèles de gestion des populations associant les facteurs de sélection et de migration au sein des mosaïques de plantes-hôtes et de pratiques que constituent les milieux agricoles sont envisageables. Diverses avancées en écologie des populations et du paysage sont à ce titre exploitables, comme les modèles de métapopulation associant explicitement l'espace aux études de dynamique des populations.

Le verger, système pérenne et sous ses formes actuelles fortement anthropisé, est propice à des avancées vers l'écologisation des cultures. À côté de la performance agronomique, la régulation des populations de bioagresseurs y est une préoccupation centrale car liée à l'objectif économique de production et à l'objectif de qualité des fruits (qualité gustative, mais surtout visuelle selon les critères du marché). La pression antiparasitaire y est donc très intense. Des progrès prometteurs en termes de raisonnement des interventions, amorcés dans les années 1980, se sont vus contrer par l'évolution des bioagresseurs ainsi que par une exigence croissante de réduction des coûts de production. La simple mise en oeuvre de techniques de protection alternatives ou du raisonnement de la lutte chimique ne permet pas de faire face à ces

exigences. La définition de systèmes de culture à faible risque parasitaire passe donc par la prise en compte de l'ensemble des interactions précitées. S'y ajoutent en arboriculture fruitière la possibilité de moduler les épidémies via une manipulation de l'architecture de l'arbre, et celle d'une stabilisation des communautés biologiques sur la durée de vie de la parcelle par une meilleure maîtrise du régime de perturbations.

Démarche de conception de systèmes de culture

La conception de systèmes de culture à faible risque parasitaire peut s'appuyer sur une double démarche :

- conception de règles de choix cultureux diminuant le risque parasitaire. Il s'agit de la vision la plus classique en protection, où la notion de « choix cultural » a été souvent limitée aux décisions de lutte chimique. Un positionnement temporel ou spatial intelligent des traitements, un agencement spatial de variétés optimisant la défense contre un bioagresseur, les règles d'un mode de conduite (arbres fruitiers) défavorable au développement d'un parasite, relèvent de ce registre de conception.
- conception associant plusieurs techniques culturelles, ce qui va véritablement dans le sens de la protection « intégrée ». Cette conception se rapproche de la notion de système de culture, qui associe dans son acception la plus complète les itinéraires techniques de la campagne à une vision temporelle plus longue qui correspond à la prise en compte des rotations ou, dans des systèmes pérennes comme les vergers, aux choix de plantation et au vieillissement des plantes.

Pour dépasser la complexité infinie et les problèmes de reproductibilité des schémas expérimentaux propices à ce 2^{ème} type de conception, la communauté internationale des agronomes au sens large propose une conception assistée par modèles. Ce type de conception fait l'objet d'une réflexion approfondie notamment en Australie (CSIRO), aux Pays-Bas (Université de Wageningen), et en France au sein du département INRA Environnement et Agronomie (EA). Jusqu'à une date récente, la performance majeure considérée a été le rendement des cultures, mais l'évolution des besoins conduit à considérer d'autres performances comme la qualité des produits et le risque parasitaire. Comme dit plus haut c'est du reste l'association de ces différentes performances, auxquelles il faudrait ajouter des critères économiques (comme les coûts liés aux temps de travaux, très pénalisants en arboriculture) qui prend du sens en regard de la notion de durabilité de l'agriculture.

Le principe général d'une conception de systèmes techniques assistée par modèles est de faire dialoguer des modèles avec des scénarios qui peuvent être vus comme des ensembles de règles de choix flexibles (de type Si.. Alors, à la parcelle et pour la campagne) ou des options de gestion fixes (allocation de cultures). Ceci montre qu'il n'y a pas antagonisme entre les deux types de conception précités, le 1er type de conception étant capable d'alimenter le second. Les scénarios doivent être cadrés par les contraintes techniques incontournables à identifier (tours d'eau en lien avec un système d'irrigation, par exemple, qui contraignent fortement la protection) mais notre sentiment est que dans une démarche de recherche ils ne doivent pas être bridés par les contextes économiques actuels et doivent rester prospectifs.

La sanction de ce dialogue entre modèle et scénario est une évaluation avec pour critères un profil de performances (cf. supra). Les étapes de la démarche sont la simulation de scénarios, l'optimisation ou le classement de ces scénarios, et la mise à l'épreuve du ou des « meilleurs » scénarios, si possible en vraie grandeur. Le classement, pour lequel il existe des méthodes multicritères, est bien adapté à une gamme raisonnable de scénarios candidats, l'optimisation à des cas de simulations intensives dans de larges gammes de contextes (climatiques notamment).

Pour alimenter cette démarche dans un processus de recherche, plusieurs étapes sont à mettre en place au rang desquelles l'identification des pratiques et des contraintes qui pèsent sur les producteurs, l'analyse du fonctionnement et des performances des systèmes sol-plantes, et l'analyse à différentes échelles des interactions cultures-bioagresseurs-auxiliaires, en évaluant chaque fois l'influence des pratiques sur ces fonctionnements et interactions. C'est cette approche conduite sur un cas d'étude, le verger, par une d'équipe associant les départements de recherche INRA EA et Santé des Plantes et Environnement, que nous allons brièvement décrire¹⁰.

¹⁰ Associés dans ces travaux : M. Berling, JC. Bouvier, JF. Debras, P. Franck, C. Gibert, I Grechi, C. Lavigne, F. Lescourret, D. Plénet, M. Reyes, B. Ricci, R. Rieux, MH. Sauge, B. Sauphanor, JF. Toubon.

Identification et évaluation des pratiques au sein d'une mosaïque agricole

La caractérisation des pratiques et des paysages est destinée à identifier les indicateurs de pilotage utilisés par les producteurs, et les contraintes impliquées dans l'organisation des systèmes de culture.

Parmi les aspects à prendre en compte figure en premier lieu l'analyse de l'évolution des performances agronomiques et de certaines pratiques, sous l'influence des politiques agricoles et des contextes économiques. Les données recueillies permettent de construire des références mobilisables lors de phases de diagnostic/évaluation et de suivre des trajectoires d'exploitations. En particulier pour l'adoption de cahiers des charges de type Production Fruitière Intégrée, pour la conversion en Agriculture Biologique, ou pour faire face aux changements réglementaires. Une phase préalable de définition des variables et indicateurs les plus pertinents et de structuration des données acquises dans un cadre multi-échelle est imposée par la complexité des systèmes à décrire.

Les règles d'interventions techniques sont formalisées en s'appuyant sur des indicateurs d'état de la culture ou du milieu, contribuant ainsi à la connaissance du fonctionnement et des contraintes pesant sur des points particuliers des systèmes (irrigation, conduite de l'arbre, choix et succession des interventions) et à l'activation des actions dans les modèles.

Les impacts de pratiques agricoles sur la biocénose des cultures et de leur environnement proche sont évalués par l'analyse du fonctionnement et de la réponse aux perturbations de groupes biologiques occupant différents habitats et niveaux trophiques (au sein notamment des lombriciens, arthropodes et oiseaux). Aux principales voies d'évaluation que constituent les biomarqueurs, la bioindication et les indicateurs agri-environnementaux, est associée l'analyse de la relation entre pratiques, relations fonctionnelles et capacité de régulation au sein de réseaux trophiques.

Enfin les descripteurs des systèmes de culture et de leur environnement proche sont spatialisés à l'aide de Systèmes d'Information Géographique pour identifier et hiérarchiser les éléments jouant un rôle déterminant dans la dynamique des complexes bioagresseurs - auxiliaires. Des simulateurs de paysage agricole, aptes à représenter des scénarios paysagers mis au point à partir de descripteurs de l'occupation du sol, de la distribution spatiale des habitats et du verger (structure, conduite, pratiques), sont ainsi mobilisables pour la conception de nouveaux systèmes techniques et paysages.

Interactions fonctionnelles au sein des communautés biologiques

↳ à l'échelle locale, des résultats dans ce domaine sont d'ores et déjà acquis ou en cours de consolidation. En verger de pêchers, des techniques culturales innovantes basées sur l'arrachage manuel des pousses et le pilotage de l'irrigation par restriction hydrique améliorent la qualité du fruit, tout en réduisant l'incidence des monilioses. Le couplage d'un modèle d'élaboration de la qualité des fruits et d'un modèle de contamination permet ici de simuler des scénarios techniques, illustrés par l'effet d'une modulation de la croissance des fruits sur les craquelures de l'épiderme (voies d'entrée de la maladie).

L'intensité de la taille hivernale du pêcher influence positivement la croissance du couvert végétal et le degré d'infestation par le puceron vert, lui-même affectant la croissance végétative. L'intensité de la fertilisation azotée, jusqu'à un certain seuil, favorise également le développement du puceron en lien possible avec la présence accrue de composés de défense de la plante.

En pommiers la conduite centrifuge des arbres (suppression sélective d'organes végétatifs et fructifères au centre de la couronne) modifie la dynamique de pousse, le micro-climat et la pénétration de la lumière au sein de la couronne, et module à long terme la production et la qualité des fruits. Elle réduit les infestations d'acariens rouges, du puceron cendré et les contaminations primaires de tavelure, mais semble au contraire favoriser les attaques de carpocapse en relation avec un taux accru de pénétration des insectes au centre de la couronne.

↳ à l'échelle plus globale d'un bassin de production en Basse vallée de la Durance, des analyses géostatistiques préliminaires sur un réseau de parcelles de pommiers et poiriers témoignent d'un effet important de paramètres de structuration du paysage, comme la superficie en vergers ou le linéaire de haies dans l'environnement proche (100 à 500 m), sur les captures d'adultes et les infestations de carpocapse. L'influence des autres composantes de l'environnement et des

pratiques est à l'étude. La structuration des populations sera décrite au moyen de marqueurs neutres (microsatellites) et sélectionnés (systèmes impliqués dans la détoxification ou l'inactivation des insecticides), renseignant indirectement sur la dispersion des populations. A ce titre la caractérisation des individus pour leur résistance au virus de la granulose, acquise très récemment dans quelques vergers en agriculture biologique de la zone d'étude, sera un indicateur précieux des échanges entre populations. En perspective un modèle de dynamique spatiale du bioagresseur, pouvant être conçu comme un couplage entre dynamique locale (modèles déjà disponibles) et échanges, serait propice à l'identification des déterminants de la croissance et de la dispersion des populations de l'insecte, en lien avec la distribution spatiale des pratiques et la structure paysagère.

Appréhender des systèmes complexes

Les dispositifs utilisés et les modèles en cours d'élaboration à partir des éléments précédemment décrits rendent accessible cette démarche de définition de systèmes techniques. La réponse évolutive des bioagresseurs pourra dans une certaine mesure être prise en compte, notamment par une connaissance des altérations pléiotropes du cycle biologique (reproduction, phénologie) d'insectes résistants, ainsi que par l'étude de la dispersion des allèles de résistance au sein du paysage agricole. La réponse individuelle des espèces, notamment d'insectes, aux changements climatiques est également modélisable. Et la généralité des modèles retenus les rend potentiellement transposables à des couples plante-bioagresseurs répondant à des schémas d'interaction proches de ceux qui sont actuellement décrits, du moins en arboriculture fruitière. Des similarités peuvent en effet exister dans les interactions pêcher- puceron vert et pommier-puceron cendré, ou pêcher-moniliose et pommier-tavelure, mais également dans les dynamiques de population du carpocapse des pommes et de la tordeuse orientale du pêcher.

La réponse de systèmes complexes est toutefois moins prévisible. L'action sur la plante d'un cortège de bioagresseurs en lieu et place d'un bioagresseur majeur, ainsi que la redondance fonctionnelle qui se traduit souvent par des substitutions de consommateurs primaires ou de chaîne trophiques en réponse à de fortes perturbations, peuvent mettre en échec des systèmes de régulation trop spécifiques. Les épidémies de tordeuse orientale du pêcher, en émergence en France mais répandues en Italie et aux USA dans les vergers de pommiers-poiriers en protection spécifique contre le carpocapse des pommes, en constituent un exemple parmi d'autres. Un raisonnement par catégories de dommages maintiendrait la compréhension du fonctionnement de plantes attaquées, mais moins certainement celle de l'évolution de chaque bioagresseur. Cette difficulté d'anticipation est particulièrement handicapante pour des cultures dont le cycle de production se déroule sur une vingtaine d'années, sans certitude que les choix culturaux, variétaux ou d'aménagement paysager répondent à l'évolution de la demande sociétale.

A la conception de paysages et systèmes techniques assistée par modèles succède une étape d'évaluation avec pour critères les performances agronomiques, sanitaires, économiques, et environnementales. La phase de mise à l'épreuve en situation réelle, en partenariat avec les acteurs du développement agricole, devra permettre de confronter cette évaluation au verdict d'un milieu complexe, ainsi qu'aux attentes et à la capacité d'engagement des arboriculteurs.



CONFERENCE

✓ Biodiversité et santé des plantes, de la parcelle au paysage.

HERVE JACTEL

INRA - UMR1202 BIOGECO - Equipe Entomologie Forestière & Biodiversité
69, route d'Arcachon - 33612 CESTAS

L'histoire des productions agricoles, mais aussi forestières, témoigne d'une réduction continue de la diversité des plantes cultivées. L'immense majorité des parcelles cultivées sont des monocultures et bientôt la moitié du bois d'industrie proviendra des forêts de plantation. Or, dans le même temps, les agriculteurs ont enregistré un accroissement notable des problèmes phytosanitaires, nécessitant le recours quasi systématique aux pesticides pour limiter les pertes de rendement. Nombreux sont donc ceux qui associent l'augmentation du risque sanitaire à celle des surfaces de cultures monospécifiques. Dans l'analyse des causes, il est pourtant parfois difficile de distinguer ce qui ressort de la simplification des communautés végétales cultivées per se et des autres caractéristiques de la production agricole et forestière moderne, comme l'intensification des pratiques culturales et le recours à des espèces exotiques ou à des variétés améliorées. Pour trancher ce débat, deux méta-analyses de la littérature scientifique internationale ont été entreprises pour comparer, pour une même espèce végétale agricole ou forestière, le niveau moyen de dégâts commis par une même espèce d'insecte ravageur selon que cette plante était gérée en peuplement pur ou mélangé avec d'autres plantes. Les deux études, qui analysent plus d'une centaine de cas, parviennent à la même conclusion que la gestion en mélange des plantes cultivées réduit significativement le niveau moyen de dommages engendrés par les insectes herbivores.

Au-delà de ce constat, il convient de rechercher les mécanismes écologiques qui expliquent la relation entre diversité des plantes et résistance aux insectes ravageurs. Quelques auteurs ont suggéré une meilleure résistance individuelle des plantes cultivées, l'association avec d'autres espèces végétales conduisant à une vigueur accrue via des processus de facilitation. D'autres indiquent que les mélanges végétaux présenteraient des conditions microclimatiques moins favorables au développement des populations d'insectes herbivores. Mais un consensus émerge pour considérer que les deux principales causes de la moindre sensibilité des mélanges végétaux aux insectes ravageurs sont d'une part la réduction de l'accessibilité aux ressources et d'autre part le renforcement du contrôle biologique par les ennemis naturels. Lorsqu'une espèce végétale est cultivée en association avec d'autres plantes moins appétantes pour l'herbivore ce dernier dispose d'une quantité de ressources alimentaires réduite en quantité et en qualité, ce qui limite ses capacités d'accroître ses populations et donc ses dégâts. Par ailleurs, la phénologie du développement de ces différentes espèces végétales étant variée, l'insecte a moins de chance de réaliser une bonne coïncidence temporelle entre la présence de son stade actif (chenille par exemple) et la présence du stade sensible de sa plante hôte (jeune plantule par exemple). De nombreuses espèces d'insectes herbivores repèrent leur plante hôte grâce à une perception fine de stimuli visuels ou olfactifs. En cas de mélange de plantes, ces signaux attractifs sont plus complexes à interpréter, voire brouillés par des messages répulsifs, conduisant à une moindre capacité de localisation et donc d'exploitation de la plante cultivée par le ravageur. De nombreux travaux montrent également que les communautés végétales riches en espèces favorisent le maintien d'une plus grande diversité d'organismes prédateurs ou parasitoïdes d'insectes. Trois facteurs expliquent ce phénomène. Tout d'abord l'augmentation de la diversité végétale se traduit en cascade par une plus grande richesse en herbivores qui constituent autant de proies relais ou de substitution pour les prédateurs, ainsi capables de maintenir des populations plus stables. Ensuite les mélanges de végétaux constituent des systèmes plus riches en micro-habitats que les monocultures, offrant davantage de refuges aux prédateurs ou parasitoïdes pour affronter des conditions climatiques défavorables ou échapper aux super-prédateurs ou hyper-parasitoïdes. Enfin, de nombreuses espèces d'ennemis naturels, notamment au stade adulte, ont besoin de substances alimentaires de complément pour assurer leur survie ou améliorer leur capacité

d'exploration du milieu à la recherche de leur proie. La production de pollen ou de nectar par les plantes associées aux espèces cultivées peut permettre de satisfaire à ces besoins.

Il faut cependant de souligner que tous les mélanges végétaux ne sont pas synonymes de réduction du risque sanitaire. La proportion relative de plantes non hôtes peut par exemple se révéler trop faible pour assurer la mise en place des mécanismes de régulation évoqués auparavant. Mais dans la majeure partie des cas où les communautés riches en espèces de plantes se révèlent autant, si ce n'est plus, infestées que les monocultures il apparaît que les insectes à l'origine des dégâts possèdent des traits de vie particuliers. Ce sont d'abord les espèces hétéroéciques (ou hétéroxènes), comme de nombreux pucerons, qui ont besoin d'exploiter plusieurs espèces hôtes pour boucler leur cycle épidémiologique. Pour ces insectes, l'association de ces plantes hôtes dans le mélange permet la succession des ressources, favorisant la dynamique des populations de ravageurs. Ce sont aussi les insectes ravageurs polyphages (ou généralistes), qui peuvent exploiter une large gamme de plantes hôtes. Dans leur cas, le risque est grand que ces insectes exploitent d'abord les espèces les plus appétantes, accroissant leurs niveaux de populations pour basculer ensuite, par un phénomène de contagion, sur les autres espèces végétales, qui auraient été sans doute moins endommagées si elles avaient été cultivées seules.

Il apparaît donc que l'augmentation de la diversité des plantes peut se révéler un moyen efficace de prévention du risque de dégâts par les ravageurs à condition de bien connaître l'écologie des insectes incriminés mais aussi de bien raisonner la composition, tant qualitative que quantitative, des mélanges végétaux. La gestion du risque sanitaire ne saurait cependant se limiter à la constitution de ces associations végétales à l'échelle de la parcelle. Premièrement les gestionnaires souligneront que la culture simultanée de plusieurs espèces dans une même parcelle peut s'avérer techniquement trop complexe, voire trop coûteuse, le gain attendu sur la réduction des dégâts ne compensant pas l'investissement consenti. Deuxièmement, la biodiversité végétale est loin de se trouver uniquement à l'échelle de la parcelle, elle est également distribuée à l'échelle du paysage, soit sous forme d'une mosaïque de parcelles de différentes compositions, soit sous forme de milieux interstitiels riches en espèces comme les haies, les bandes enherbées, les bosquets. Enfin, puisque la grande majorité des espèces d'insectes présentent des stades mobiles, il est certain que la dynamique de leurs populations ne se cantonne pas aux limites de la parcelle mais qu'elle comprend des phases de dispersion dans un espace plus large, plus ou moins favorable à leur survie.

De plus en plus d'études, réalisées à cette échelle, indiquent que les parcelles situées au centre de mosaïques hétérogènes sont significativement moins infestées que celles localisées dans de vastes monocultures. Pour ne citer que quelques exemples, nous avons récemment montré que le niveau moyen d'attaques de la processionnaire du pin est plus faible dans les plantations de pin maritime situées au cœur d'une mosaïque associant des peuplements purs de pin et îlots d'essences feuillues que dans celles de même âge et même gestion mais situées au milieu d'une mosaïque seulement constituée de parcelles de pin. De même, Thies et al. (2003) ont montré que le niveau de dégâts provoqués par un coléoptère ravageur dans des parcelles de colza était réduit quand diminuait la proportion de surface utilisée par la culture du colza dans le paysage alentour.

Les mêmes mécanismes écologiques que ceux évoqués pour l'échelle parcelle semblent supporter la relation entre diversité des paysages et réduction du risque sanitaire. L'hétérogénéité de la mosaïque paysagère s'accompagne à la fois d'une augmentation de la diversité des habitats et d'un accroissement de leur fragmentation. Le plus grand nombre de parcelles ou d'habitats interstitiels de compositions végétales différentes accroît la disponibilité en refuges ou en proies de substitution pour les ennemis naturels des insectes herbivores. Il peut cependant aussi favoriser les ravageurs polyphages ou hétéroéciques. Les effets de la fragmentation sont plus complexes et correspondent à trois processus. Le premier est une réduction de la surface totale de l'habitat considéré mais aussi de chacun de ses fragments (ici les parcelles cultivées). Conformément au principe de dépendance entre ressource et développement, cet effet de la fragmentation du couvert végétal tend à limiter les capacités de multiplication des populations d'herbivores. La deuxième conséquence de la fragmentation est l'augmentation des distances entre fragments. Elle limite donc les flux de gènes, d'individus ou d'espèces d'herbivores entre fragments, le risque de mortalité augmentant avec la distance et donc la durée de dispersion. La

dynamique spatiale des populations de ravageurs exploitant des parcelles isolées s'en trouve par conséquent perturbée, limitant le risque de pullulation. Il se peut cependant qu'elle contrarie également la dynamique des ennemis naturels. Pour compenser cet effet délétère, un aménagement particulier peut être envisagé pour favoriser le déplacement des prédateurs, comme la mise en place de corridors. Enfin la fragmentation se traduit par une augmentation relative de la longueur des bordures et de leurs effets. Il est ainsi connu que les conditions microclimatiques sont moins tamponnées sur les bords qu'à l'intérieur des parcelles, ce qui peut dégrader les conditions de développement des insectes ravageurs. De même les zones non cultivées entre limites de parcelles constituent souvent des linéaires favorables à la dispersion des ennemis naturels.

L'augmentation de la diversité végétale, aussi bien des espèces cultivées que sauvages, à l'échelle du paysage apparaît donc comme une voie prometteuse pour la prévention du risque sanitaire. Elle montre une efficacité certaine et elle est probablement plus simple à mettre en œuvre d'un point de vue technique car elle se fonde sur le principe de juxtaposition dans l'espace de différentes structures végétales plutôt que sur la gestion de mélanges intimes. Elle pose cependant deux problèmes majeurs. Le premier réside dans la complexité des mécanismes écologiques en jeu, affectant à la fois les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels. Il est en effet possible que des phénomènes de seuil interviennent dans les relations entre surface, isolement des parcelles et dynamique spatiale des populations, posant la question d'un juste équilibre entre diversité et fragmentation. Le second problème est celui de l'aménagement du territoire avec ses corollaires de conflits d'usage, de partage des coûts etc. S'il convient d'affecter une part de la surface agricole ou forestière à des fonctions non productives (zones refuges par exemple) il reste en effet à déterminer qui va décider de la surface et de la localisation de ces espaces protégés et qui sera chargé de leur gestion à long terme.



SOMMAIRE DE LA SESSION



L'INFLUENCE DU PAYSAGE SUR LES INSECTES RAVAGEURS EN VITICULTURE.19

MAARTEN VAN HELDEN, FREDERIC GIL, GILDAS GOUJET, JOSEPHINE PITHON, GUILLAUME PAIN



ENVIRONNEMENT DU VERGER : INTERET DE LA BIODIVERSITE VEGETALE.21

SYLVAIN SIMON, BENOIT SAUPHANOR



IMPACT DU PAYSAGE SUR LES POPULATIONS DE CARPOCAPSE, RAVAGEUR DES POMMIERS ET POIRIERS, A L'ECHELLE D'UN BASSIN DE PRODUCTION.23

BENOIT RICCI, PIERRE FRANCK, JEAN-FRANÇOIS TOUBON, BENOIT SAUPHANOR, JEAN-CHARLES BOUVIER, CLAIRE LAVIGNE



AMENAGEMENT AGROECOLOGIQUE DU PAYSAGE : APPLICATION DANS LE TERRITOIRE DE L'AOC SAUMUR CHAMPIGNY.25

GUILLAUME PAIN, ROBIN GOFFAUX, JOSEPHINE PITHON, MAARTEN VAN HELDEN



UN RESEAU SOCIOTECHNIQUE DE VITICULTEURS, ACTEURS DU DEVELOPPEMENT DE LA BIODIVERSITE.27

FRANÇOIS SARRAZIN, ANNIE SIGWALT



UNE REDUCTION SUBSTANTIELLE D'INTRANTS EN CULTURE COMMERCIALE DE POMMES DE TABLE N'EST ENVISAGEABLE QU'EN RAISONNANT L'ENSEMBLE DE L'ECOSYSTEME « VERGER ».29

MARC LATEUR, LAURENT JAMAR, DIANE DOUCET, BRUNO LEFRANCO



EFFET DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES MONILIOSES EN VERGER DE PECHERS.32

VINCENT MERCIER, CLAUDE BUSSI



INTERET DE L'UREE COMME OUTIL DE LUTTE PROPHYLACTIQUE CONTRE LA TAVELURE DU POMMIER.34

XAVIER CRETE



STRATEGIES D'ASSOCIATION DE METHODES DE LUTTE A EFFET PARTIEL CONTRE LA TAVELURE DU POMMIER.36

FREDERIQUE DIDELOT, GILLES ORAIN, LAURENT BRUN, ARNAUD LEMARQUAND, VALERIE CAFFIER, LUCIANA PARISI



L'EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES PRATIQUES VITICOLES A L'AIDE DES INDICATEURS INDIGO®-VIGNE : LA GESTION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES, DE L'EROSION DU SOL, DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE, DE LA MATIERE ORGANIQUE, DE L'AZOTE ET DES RISQUES DE GEL.38

MARIE SCHOLTUS-THOLLET, CHRISTIAN BOCKSTALLER, PHILIPPE GIRARDIN



EFFETS DE LA CONDUITE CENTRIFUGE SUR LE DEVELOPPEMENT DES BIO-AGRESSEURS EN VERGERS DE POMMIERS.40

SYLVAIN SIMON, CARLOS MIRANDA, LAURENT BRUN, HUBERT DEFRENCE, PIERRE-ERIC LAURI, BENOIT SAUPHANOR

COMMUNICATION ORALE

✓ L'influence du paysage sur les insectes ravageurs en viticulture.

¹MAARTEN VAN HELDEN, ²FREDERIC GIL, ³GILDAS GOUJET,
⁴JOSEPHINE PITHON, ⁴GUILLAUME PAIN

¹UMR INRA/ENITA Santé Végétale 1065 - CS 40201 - 33175 Bordeaux
²Université d'Angers ; ³ENITA Clermont Ferrand, ⁴Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale et
Agroécologie, Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers - B.P. 30748 - 49007 Angers

Orateur : MAARTEN VAN HELDEN

Viticulture et zones écologiques réservoirs

Selon les règles de la protection intégrée en viticulture 5 % de la SAU doit être aménagé en zone écologique réservoir. Cette mesure a pour objectif de sauvegarder une biodiversité générale dans des paysages à forte dominance agricole. Ces zones écologiques réservoirs peuvent aussi constituer un habitat pour des insectes nuisibles ou auxiliaires de la culture (biodiversité fonctionnelle). Une diversité accrue d'insectes auxiliaires peut diminuer la pression des insectes ravageurs, effet positif qui pourrait fortement faciliter l'acceptation d'une telle mesure par les viticulteurs. Ces aménagements peuvent aussi produire un effet négatif sur les insectes ravageurs viticoles (présence d'hôtes alternatives, barrières à la migration ...). Ces effets ne sont pas pris en compte dans l'approche de la conservation par l'aménagement du paysage car ils ne sont pas faciles à estimer.

La pression d'insectes ravageurs viticoles est très variable d'une parcelle à l'autre et entre années, mais malgré cela, le niveau relatif des populations semble assez constant au sein des parcelles d'une année à l'autre. Il semblerait donc que des facteurs liés à la parcelle ou à son environnement auraient une influence notable sur la 'vulnérabilité' parcellaire.

Objectifs

L'objectif principal est de développer une méthode à une échelle spatiale appropriée afin d'explorer les liens entre les caractéristiques locales (parcellaires) et paysagères et la pression des insectes ravageurs. Premièrement, un suivi simple des insectes ravageurs a été mis en place. Deuxièmement une analyse par SIG (employant une typologie basée sur l'occupation du sol) a permis de calculer des paramètres de composition du paysage (% occupation du sol) à différentes échelles (buffers de 100 à 500 mètres de rayon autour des pièges) sur les appellations de Saumur-Champigny (49) et Pessac-Léognan (33). Des liens entre l'abondance des insectes ravageurs et la composition du paysage ont été mis en évidence par des tests de corrélations non-paramétriques.

Résultats

Il existe une corrélation positive significative entre l'abondance d'Eudémis (*Lobesia botrana*) et le % du buffer planté en vigne et cette corrélation est plus forte pour un buffer de 500 mètres (Spearman $r = 0.59$, $p < 0.05$) que pour un buffer de 100 m ($r = 0.39$). Cette espèce semble répondre de manière positive à la disponibilité de cette ressource, ce qui est typique pour un spécialiste fonctionnelle. La réponse est différente selon les deux stades de développement (larve ou adulte) et les trois générations observées.

Au contraire, on observe une corrélation négative entre l'abondance des adultes et larves de la cicadelle verte (*Empoasca vitis*) et le «% en vigne». Les corrélations semblent se renforcer avec la taille du buffer, jusqu'à 300 mètres (100 m $r = - 0.22$, ns ; 300 m $r = - 0.38$, $p < 0.05$). Ceci peut être lié à la présence d'hôtes d'hivernation de cette espèce dans la flore environnante (complémentation), à la présence d'hôtes alternatifs d'été (supplémentation) ou à une interférence due aux migrations hivernales importantes de cette espèce.

Pour le Cochylis (*Eupoecilia ambiguella*) et la cicadelle de la flavescence dorée (*Scaphoideus titanus*) les effectifs échantillonnés étaient insuffisants pour l'analyse.

Ces premiers résultats montrent que l'échelle pertinente d'étude de la composition du paysage varie selon les espèces d'insectes ravageurs. Il faut étudier le voisinage sur un rayon d'au moins 500 mètres pour Eudémis (ce qui est supérieur à la mobilité supposée de l'individu) et de 300 à 400 mètres pour la cicadelle verte (très inférieur à la mobilité supposée de l'individu). En ce qui concerne l'Eudémis, il est possible que des ennemis naturels influencent les populations à une échelle large (> = 500 m). Pour la cicadelle verte, un effet filtre des zones 'non-vigne' sur la dispersion pourrait constituer un facteur explicatif. Selon l'éco-éthologie des différentes générations d'insectes (hibernation, migration), les interactions avec le paysage peuvent être différentes. En fonction des mécanismes impliqués il est possible que plusieurs phénomènes, opérant à différentes échelles spatiales expliquent la distribution observée.

Conclusion

Ce travail doit être approfondi pour procéder à une analyse plus fine de la composition ainsi que de la configuration du paysage et pour répéter l'échantillonnage de l'entomofaune pendant plusieurs années. Ces prolongements devraient permettre de mieux décrire les paramètres du paysage impliqués et leur échelle d'impact 'biologique'.

∞ The impact of local and landscape parameters on the presence of vine insect pests.

Ecological compensation areas could play a role in the control of certain pests by increasing natural enemies, but pests could also respond to such landscape elements. Vine pests Empoasca vitis, Scaphoideus titanus (Cicadellidae), Lobesia botrana and Eupoecilia ambiguella (Tortricidae) were monitored at a regional scale and land cover was analysed. L. botrana was positively correlated with % of vine inside a 100 m buffer and age of the vineyard. This positive response suggests it to be a functional specialist responding to vine resource density. E. vitis, a generalist feeder, was more numerous in diversified landscapes. Increasing buffer size resulted in increasing correlation strength for both species. These preliminary observations will enable us to improve our experimental design to better understand the factors determining these insects' distributions. The influence of landscape seems significant but could be operating either through direct influence on the pest species or through predation pressure.



COMMUNICATION ORALE

✓ Environnement du verger : intérêt de la biodiversité végétale.

¹SYLVAIN SIMON, ²BENOIT SAUPHANOR

¹INRA - UERI Gothenon - 26320 SAINT-MARCEL-LES-VALENCE

²INRA Centre d'Avignon - PSH, Equipe EPI - Domaine St Paul - Agroparc - 84914 AVIGNON Cedex 9

Orateur : **BENOIT SAUPHANOR**

L'incidence de l'environnement végétal et de sa diversité sur la communauté d'arthropodes du verger de poirier et son cortège d'auxiliaires a été étudiée à partir de 8 sites présentant diverses situations agro-écologiques (protection du verger, environnement végétal).

L'environnement proche des vergers, qui est celui étudié dans le cadre de cette étude, correspond à un périmètre de 100 mètres à partir de la limite de parcelle.

La diversité végétale a été mesurée par : (i) la richesse botanique (printemps, été, automne) du couvert herbacé de l'inter-rang du verger ; (ii) le nombre d'essences des haies bordant la parcelle et le nombre d'essences présentes dans l'environnement proche : haies, bosquets, ripisylves,... (la richesse végétale permise par ces deux zones est désignée par richesse arbustive totale) ; et (iii) l'occupation du sol dans un périmètre de 100 mètres autour de la parcelle. La communauté d'arthropodes a été décrite par des indices écologiques : richesse (nombre de familles du peuplement), indices de diversité de Shannon et équitabilité (ce dernier mesure la répartition des effectifs dans le peuplement pour les taxons récoltés), calculés au rang taxonomique de la famille.

La protection phytosanitaire a un impact certain sur les populations d'arthropodes du verger. Concernant l'environnement végétal *sensu stricto*, des corrélations significatives (corrélation de rang de Spearman) sont relevées entre descripteurs de la diversité végétale et du peuplement d'arthropodes : (i) richesse du couvert herbacé et équitabilité du peuplement d'arthropodes du verger (corrélation positive) ; (ii) importance des surfaces non dédiées à la production (jachères, bosquets), richesse arbustive totale d'une part, et richesse du peuplement d'arthropodes, richesse du cortège d'auxiliaires, diversité des auxiliaires (corrélations positives), effectifs de printemps de psylle du poirier (*Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera : Psyllidae) (corrélation négative) d'autre part ; (iii) importance des surfaces en formation arbustives (bosquets), richesse arbustive totale et diversité des phytophages du verger (corrélations positives).

Par ailleurs, l'analyse des corrélations entre richesse et diversité des auxiliaires d'une part, et richesse arbustive d'autre part indique une corrélation significative pour la richesse arbustive totale (cf. supra) alors que les corrélations calculées pour la richesse de la haie ou celle de l'environnement proche au-delà de la haie prises séparément ne sont pas significatives.

Ces résultats indiquent que la richesse du couvert herbacé a principalement une incidence sur l'équitabilité du peuplement du verger (pas de prépondérance d'un taxon et répartition plus équilibrée du peuplement), ce qui peut s'interpréter en termes de stabilité de l'agrocénose. Les surfaces de l'environnement ayant une incidence sur la diversité du peuplement du verger correspondent à formations végétales non cultivées : bois, jachères. Cette incidence peut être positive, avec une richesse et une diversité accrues pour les auxiliaires (favorisés par l'importance des surfaces en jachère et en bosquets et les ressources qu'elles leur procurent), et potentiellement négative, avec accroissement de la diversité des phytophages lorsque l'environnement arbustif du verger (bosquets, haies) augmente. Cette diversité de phytophages (souvent polyphages) ne s'est toutefois pas accompagnée d'une augmentation de la diversité des ravageurs et des dégâts dans les vergers étudiés.

Enfin, le rôle de relais permis par la haie de bordure de verger est illustré la corrélation significative (positive) entre la richesse arbustive totale, permise par la haie de bord de verger et les formations arbustives de l'environnement proche, et les richesse et diversité des auxiliaires du verger, alors qu'aucune corrélation n'est significative entre la diversité d'auxiliaires du verger et la richesse des essences de la haie ou celle des essences de l'environnement prises séparément.

En conclusion, certains aménagements du système de production ont une incidence pour la communauté d'arthropodes du verger et présentent de ce fait un intérêt dans un but de protection des cultures. Ces aménagements gagnent à être raisonnés afin de limiter les risques d'interactions

préjudiciables à la production (aspects phytopathologiques) tout en fournissant des ressources successives (abri, nourriture) aux auxiliaires. Au vu des résultats de la présente étude, de tels aménagements, qui contribuent également à la structuration du paysage agricole, sont à envisager et à étudier à une échelle dépassant le cadre de la parcelle.

≡ *Orchard environment : role of plant diversity.*

The effect of plant diversity on the arthropod community and the beneficial complex of the pear orchard was studied in 8 sites presenting diverse pest management regimes and plant environments. Besides protection strategies, which had a significant effect on the arthropod communities, some of the parameters and indices describing plant diversity and arthropod populations were significantly correlated (Spearman's rank correlation) : (i) a higher plant richness in the orchard alleys induced a higher orchard arthropod equitability, which is in favour of a more stable community ; (ii) the areas of the surroundings (within 100 m from the orchard) which had an effect on the orchard arthropod community were uncultivated lands (woods, fallow fields), to the benefit of the orchard arthropod diversity (total, beneficial and, for woods only, phytophagous). However, detrimental effects due to the increase in phytophagous arthropod diversity were not monitored in the studied orchards. The effect of tree richness on the beneficial arthropod richness and diversity of the orchard was not significant unless both border hedgerow richness and tree richness in the orchard surroundings were cumulated, which is in favour of designing the connectivity of arboreal habitats at a regional scale within agroecosystems.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Impact du paysage sur les populations de carpocapse, ravageur des pommiers et poiriers, à l'échelle d'un bassin de production.**

**BENOIT RICCI, PIERRE FRANCK, JEAN-FRANÇOIS TOUBON, BENOIT SAUPHANOR,
JEAN-CHARLES BOUVIER, CLAIRE LAVIGNE**

INRA, Unité Plantes et Systèmes de culture Horticoles, Domaine Saint Paul, Site Agroparc,
84914 AVIGNON Cedex 9

Orateur : **BENOIT RICCI**

Contexte

Le carpocapse (*Cydia pomonella*, Lépidoptère) est un des principaux ravageurs du pommier et du poirier en France. En région PACA, le carpocapse peut effectuer deux à trois générations par an selon les conditions climatiques (Audémard 1976) et la très faible structuration génétique des populations en France (Bués et al. 1995, Franck et al. en cours) semble indiquer qu'il migre sur de grandes distances, confirmant des tests de vol en laboratoire (Schumacher et al. 1997). Les dégâts sont causés par les larves qui perforent les fruits. Le carpocapse est l'objet d'une dizaine de traitements par an en région PACA. Il existe des résistances, souvent croisées, à certains insecticides (Sauphanor et al. 1998). Des différences phénologiques entre individus résistants et sensibles ont été observées au laboratoire et modélisées (Boivin et al. 2003, 2005). De plus, contrairement à ce qui est observé avec des marqueurs neutres, il existe une structuration spatiale pour la résistance (Sauphanor et al. 2000).

Des contraintes techniques et sociétales incitent les arboriculteurs à s'orienter vers une démarche de protection intégrée en utilisant des alternatives ou compléments à la lutte chimique comme la prophylaxie ou la confusion sexuelle. Cependant cette démarche est souvent raisonnée à l'échelle d'une ou de quelques parcelles alors que les capacités migratoires du carpocapse suggèrent des actions à l'échelle d'un bassin de production (Meynard et al. 2003, Judd 2005). De plus, une démarche de production intégrée nécessite une bonne compréhension du fonctionnement global des agro-écosystèmes, c'est-à-dire des parcelles cultivées mais également des milieux non cultivés et des populations (de bio-agresseur et auxiliaires) hébergées par ces deux milieux en interaction. C'est dans cette optique que se place cette étude.

Zone d'étude et relevés de populations

La zone d'étude se situe en basse vallée de la Durance, elle couvre environ 7 x 10 km au Sud d'Avignon. Cette zone a été choisie car elle représente une unité géographique bien délimitée et contient suffisamment de diversité, à la fois en termes de structure des vergers et des pratiques phytosanitaires. Une base de données contenant une description de cette zone a été associée à un Système d'Information Géographique. Elle contient des informations sur le paysage (incluant vergers en production, vergers abandonnés, haies et d'autres éléments du paysage comme le réseau routiers ou le réseau hydrographique). 75 parcelles commerciales de pommiers et poiriers ont été tirées au hasard sur cette zone. Un questionnaire auprès des exploitants nous a renseignés sur quelques caractéristiques essentielles de ces parcelles (âge des arbres, variété, phytoprotection). Nous avons ensuite caractérisé le paysage local autour de ces parcelles en calculant les densités des variables paysagères (par exemple proportion de surface en verger) dans des zones « buffer » de largeur variables (de 100 à 1500 m). Nous avons enfin effectué un suivi hebdomadaire de la population de carpocapses adultes par piégeage (phéromones + chairmones) et un relevé de dégâts précoces (fin de 1^{ère} génération) sur 52 de ces parcelles. Des bandes pièges permettant de capturer les larves diapausantes ont également été posées sur l'ensemble des parcelles.

Analyses en cours

Les relevés de populations montrent une grande hétérogénéité entre parcelles. Ces données sont en cours d'analyse à l'aide de modèles linéaires généralisés afin de savoir si la prise en compte des variables paysagères améliore notre compréhension des niveaux de populations de carpocapses par rapport à la seule prise en compte des variables décrivant la parcelle.

≡ *Impact of landscape characteristics on populations of the codling moth, an orchard pest in South-East France.*

Integrated pest management may necessitate actions at a landscape scale when pests migrate over long distances. The codling moth (Cydia pomonella) is a major orchard pest in South-Eastern France with large flying ability. Populations of codling moth were monitored weekly from April to end September in 52 commercial apple and pear orchards. Early damages were also recorded in June in these orchards and diapausing larvae were trapped at the end of the growing season. In parallel, a land cover analysis allowed characterizing buffer zones surrounding sampled orchard, thus defining local landscape characteristics for each of them. By analysing the impacts of both orchard and landscape characteristics on population levels of codling moth, we ask whether landscape characteristics should be accounted for, or even managed, in programs of integrated pest management. By changing the size of buffer zones, we also question the scale at which landscape characteristics may act.



COMMUNICATION ORALE

✓ Aménagement agroécologique du paysage : application dans le territoire de l'AOC Saumur Champigny.

¹GUILLAUME PAIN, ¹ROBIN GOFFAUX, ¹JOSEPHINE PITHON, ²MAARTEN VAN HELDEN

¹ Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale et Agroécologie - Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers
55, rue Rabelais - B.P. 30748 - 49007 ANGERS Cedex 01

² UMR INRA/ENITA Santé Végétale 1065 - 1, cours Gal de Gaulle - 33175 BORDEAUX

Orateur : **GUILLAUME PAIN**

Protection intégrée et écologie du paysage

L'emploi systématique de produits phytosanitaires en agriculture est de plus en plus remis en question. Dans divers systèmes de production comme en particulier en viticulture, des alternatives sont recherchées à l'utilisation notamment d'insecticides pour répondre à une évolution de la réglementation (restriction dans l'utilisation de certaines molécules), à un souci d'image commerciale et à une diminution des coûts de production.

En lutte biologique par conservation, il est démontré que l'aménagement des zones interstitielles non productives dans un espace agricole peut permettre d'accroître la biodiversité et favoriser la présence d'auxiliaires. Les travaux en entomologie sont le plus souvent ciblés sur une ou un petit nombre d'espèces, ou sur des espaces réduits (bords de champ, « conservation headlands », haies, bandes enherbées) correspondant au territoire d'une exploitation ou au voisinage proche des pièges. Pourtant, il a été mis en évidence l'effet de la structure du paysage sur la distribution de certains insectes nuisibles ou auxiliaires. Chez les insectes, l'échelle de perception varie en fonction des espèces, et la structure du paysage dans un rayon de plusieurs kilomètres peut expliquer une partie de la présence des individus en un point. Il serait donc souhaitable d'être en mesure de proposer des aménagements sur des espaces plus vastes que le territoire d'une exploitation.

L'écologie du paysage a, depuis une vingtaine d'années, développé des concepts aidant à prendre en considération l'hétérogénéité des espaces vastes dans l'étude de nombreux fonctionnements écologiques, y compris dans des espaces cultivés. La conservation de la biodiversité constitue l'objectif principal tandis que les objectifs agroécologiques d'intégration de l'activité agricole dans un système écologique vaste et de gestion d'un agrosystème sont moins abordés. Ferron et Deguine présentent l'aménagement de l'espace rural comme une des voies à explorer pour améliorer la gestion des populations de « bio-agresseurs ».

Objectifs

L'objectif du travail présenté ici est de proposer une méthode d'analyse du paysage cultivé, mobilisant les résultats et concepts issus de l'écologie du paysage, pour proposer une action collective à l'échelle d'un territoire supra exploitation visant à maintenir la biodiversité, voire à stimuler la biodiversité fonctionnelle. Après un exposé de la démarche mise au point nous proposons de l'appliquer au territoire de l'AOC Saumur Champigny.

Application au territoire de l'AOC Saumur Champigny

Ce territoire, situé à l'est du département du Maine et Loire, inclus dans le Parc Naturel Régional Loire Anjou Touraine. Depuis deux ans, le groupe professionnel viticole de l'AOC Saumur Champigny conduit un projet « paysage Saumur Champigny » visant à maintenir la biodiversité dans le territoire de l'AOC et à augmenter l'efficacité de contrôle des insectes nuisibles de la vigne la faune auxiliaire. Cette proposition de communication fait écho à l'analyse de l'action des acteurs

sociaux de ce territoire, faite par François Sarrazin, sur les conditions de réussite d'un tel projet " paysage et biodiversité " et sur la promotion des produits et du territoire engendrée par l'action des viticulteurs.

≡ ***Agroecological landscape planning : a case study in the Saumur Champigny vineyard (Appellation d'Origine Contrôlée).***

The systematic use of pesticides is becoming less and less acceptable and in many agricultural systems, including viticulture, alternatives are being sought, in particular to the use of insecticides. Biological control has shown that the provision of non productive semi-natural habitats in farmland can enhance biodiversity and beneficial species. Much entomological work is limited to the field scale but relationships between insect distributions and landscape structure at larger scales have been detected. Using approaches from landscape ecology (traditionally used for conservation aims) it should be possible to develop planning tools at the landscape scale for agroecological purposes.

This study presents a method for analysing farmland landscapes, based on concepts from landscape ecology, which should lead to proposals for collective actions which could be undertaken by groups of farmers (or wine-growers) wishing to maintain or enhance functional biodiversity. We have applied this method in the Saumur Champigny vineyard, in which farmers are already working together on a "landscape and biodiversity" programme. This work is linked to a sociological analysis, presented by François Sarrazin.



COMMUNICATION ORALE

✓ Un réseau sociotechnique de viticulteurs, acteurs du développement de la biodiversité.

FRANÇOIS SARRAZIN, ANNIE SIGWALT

Laboratoire de Recherche et d'Etudes de Sciences Sociales
Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers - 55, rue Rabelais - BP 30748 - 49007 ANGERS Cedex 01

Orateur : *FRANÇOIS SARRAZIN*

Cette proposition de communication veut se faire l'écho d'une analyse paysagère de l'écologue (Guillaume PAIN), dans le développement de la biodiversité dans les espaces cultivés des productions pérennes, par la prise en compte de l'action volontaire d'acteurs professionnels, mobilisés pour la promotion de leur production et de leur territoire. En effet, l'analyse des conditions de développement de la biodiversité implique de considérer la population des acteurs sociaux favorables à celle-ci, leur organisation, leur dynamique sociale et professionnelle, leurs relations avec leur environnement proche.

Une étude de cas réalisée au sein de l'AOC viticole de Saumur Champigny permet de montrer que cette opération de développement de la biodiversité bénéficie de facteurs favorables, interprétables sociologiquement. Elle est construite autour de la question de départ suivante : comment se crée et s'organise un groupe de viticulteurs autour d'une démarche de développement de la biodiversité en viticulture ?

Dans le contexte actuel de la concurrence internationale, la notion de typicité est pour le vignoble français une marque de qualité permettant aux vins français de se démarquer et de s'affirmer sur les marchés avec des produits typiques, difficilement imitables. En effet, la typicité d'un vin peut être comparée à une empreinte résultant d'un système complexe de facteurs défini par le terroir, produit de la valorisation particulière des aptitudes viticoles naturelles d'un territoire par une communauté de viticulteurs grâce à des usages et des savoir-faire, capables d'exprimer les potentialités naturelles à travers le produit. Le terroir est donc déterminé par une série de facteurs : les facteurs naturels du milieu (sol, roche, environnement), le climat du millésime, le cépage mis en place et les facteurs humains d'intervention (choix d'un itinéraire technique, savoir-faire). De cette chaîne de facteurs, résulte un produit final caractérisé par sa typicité et son authenticité. Le système inclut alors un territoire dans lequel des exploitants mettent en oeuvre des pratiques et développent des stratégies en collaboration avec des élaborateurs et des metteurs en marché. C'est de manière collective que les acteurs du système sont responsables de la construction d'un produit typique. Expliquer ce lien du produit à un terroir doit permettre ensuite de pouvoir l'explicitier et donc de communiquer efficacement sur le produit (INRA UVV).

Le développement de la biodiversité trouve sa place dans cet environnement spécifique, où la dynamique professionnelle locale va être le facteur explicatif de la diffusion de cette innovation. L'unité d'analyse des facteurs sociologiques du développement d'une initiative n'est pas l'individu ou une somme d'individus idéalement proches, mais un « groupe professionnel local » qui correspond à un ensemble de viticulteurs travaillant dans des conditions semblables et ayant des occasions nombreuses et répétées sur des périodes longues de se rencontrer, de parler, de coopérer à des actions diverses. Ainsi s'établissent des « réseaux de dialogue » détenteurs et élaborateurs de « systèmes de normes » techniques, commerciales et plus généralement professionnelles. Ce groupe professionnel local renvoie à une structuration informelle de la vie professionnelle locale.

Toutefois dans certaines circonstances, nous pouvons voir émerger un « réseau sociotechnique local » comprenant des personnes qui vont se choisir pour échanger entre eux et se

faisant produire des références et donc de la connaissance technique permettant ainsi de constituer un nouveau système de normes, à partir d'une base expérimentale. Ce réseau sociotechnique local peut se transformer en « groupe d'études » dès lors qu'il va y avoir une association entre agriculteurs et chercheurs pour produire des références nouvelles quant à la question en cours.

Enfin il est possible de faire référence au « système sociotechnique local » lorsque des viticulteurs sont en situation d'interactions régulières et d'interdépendances réciproques pour l'élaboration d'un produit typique destiné à une série de marchés clairement identifiés qui imposent la maîtrise des mêmes systèmes de normes techniques formalisées dans des cahiers des charges.

L'étude de cas des viticulteurs de l'AOC Saumur Champigny permet de constater l'existence d'initiatives individuelles, qui vont bénéficier d'un appui scientifique et qui vont trouver leur place dans l'organisation professionnelle de l'appellation. L'innovation par rapport à la culture technique technicienne de la modernisation viticole est réelle, le changement y apparaît comme une construction sociale collective. Par ailleurs la redéfinition en cours de l'appellation par la requalification de son terroir et donc l'analyse de ses pratiques justifie l'examen approfondi de l'action du développement de la biodiversité.

En première analyse, nous pouvons constater que l'innovation correspond à un réseau de dialogue éclaté, c'est-à-dire ouvert donc fragile, mais inversement intégré d'une double manière par l'organisation professionnelle, à savoir le syndicat professionnel et la coopérative de transformation et de commercialisation. C'est autour de ce paradoxe que l'étude de cas constitue une contribution tout à fait pertinente à la réflexion proposée. L'ensemble des concepts présentés ci-avant permet d'expliquer les comportements individuels et collectifs observés.

≡ ***A sociotechnical network of wine growers which are the actors of the development of the biodiversity.***

In the present context of the international competition the notion of typical products is for the French vineyard a brand of quality which allows the French wines to distinguish and to assert themselves on the markets. The development of the biodiversity finds its place in this specific environment where the professional local dynamic is the explanation of the spreading of this innovation in the bosom of the wine growers.

The case study of the wine growers of the Label of Origin Saumur Champigny allows to notice that there are a lot of individual initiatives which benefit from a scientific support and which find their place in the professional organization of the Label of Origin : the professional syndicate and the process and marketing wine cooperative.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Une réduction substantielle d'intrants en culture commerciale de pommes de table n'est envisageable qu'en raisonnant l'ensemble de l'écosystème « verger ».**

MARC LATEUR, LAURENT JAMAR, DIANE DOUCET, BRUNO LEFRANCQ

Centre Wallon de Recherches Agronomiques - Dépt Lutte Biologique & Ressources phylogénétiques
9, rue de Liroux - B-5030 GEMBLoux (Belgique)

Orateur : **MARC LATEUR**

La production fruitière intégrée a déjà fait de grands pas en visant à produire des fruits de haute qualité en donnant la priorité aux méthodes écologiquement plus sûres, en minimisant les effets secondaires indésirables et l'utilisation des produits agrochimiques afin d'améliorer la protection de l'environnement et la santé humaine. Cependant, vu l'importance du nombre d'interventions fongicides nécessaires pour obtenir des fruits sans symptômes de maladie, d'énormes progrès restent encore à réaliser. A l'analyse des données publiées dans le rapport sur l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en agriculture réalisé par le Ministère fédéral belge des Classes Moyennes et de l'Agriculture (Demeyere & de Turck, 2002), il apparaît que la consommation de produits fongicides en agriculture reste toujours très importante. En Belgique, ceux-ci représentent 46 % de l'ensemble des produits utilisés. Au niveau de la culture fruitière, cela équivaut à une consommation totale de 25 à 30 kg de matières actives par hectare et par an dont toujours plus de 80 % sont des fongicides. Il apparaît aussi que ces statistiques concernant les volumes de pesticides utilisés doivent être interprétées avec beaucoup de prudence dans la mesure où elles ne donnent aucune indication sur la nature des substances actives concernées et, de là, sur les risques d'impacts négatifs associés à leur utilisation, notamment sur la santé publique. Le contrôle des maladies des plantes par l'usage de fongicides classiques reste la méthode la plus efficace mais elle se heurte à plusieurs difficultés, notamment sur les plans de la protection de la santé et de l'environnement mais aussi par rapport aux risques d'apparition de pathogènes résistants. Tout récemment, en France, la lutte chimique contre la tavelure s'est trouvée confrontée à de sérieux problèmes de résistance, malgré l'aide de fongicides appartenant à neuf familles chimiques différentes, dont six familles multisites (Micoud et Remuson, 2006). Il faut noter, en outre, qu'en Belgique à l'heure actuelle, le coût des traitements visant la protection des cultures est le troisième poste le plus important après la main d'œuvre et la conservation dans les frais de l'entreprise de l'arboriculteur.

Parmi les quelques variétés de pommiers qui dominent le marché actuel, on retrouve des variétés qui ont été sélectionnées principalement pour leur productivité précoce et soutenue, leur présentation, leur aptitude à la conservation et au transport, leur qualité suffisante et leur adaptation à la culture intensive. Par contre, elles sont quasiment toutes extrêmement sensibles à au moins l'une des principales maladies et le plus souvent, à la tavelure (*Venturia inaequalis*) (Kemp, van Dieren 1999, Lateur et al. 2001). La conséquence directe de cette sensibilité aux maladies est l'utilisation d'une protection phytosanitaire extrêmement intensive et en particulier pour lutter contre les maladies. Les traitements fongicides en cultures commerciales de pommier représentent, dans nos régions et suivant les années, entre 60 et 85 % de l'ensemble des traitements phytosanitaires annuels dont environ 70 % sont orientés pour lutter contre la tavelure (Trapman, van der Scheer 1993 ; Anonyme 1996 ; Anonyme 1999). Grâce au développement des techniques de production intégrée plus respectueuses de l'environnement, il est possible, en culture de pommes, de réduire sensiblement le nombre de traitements insecticides et de quasi réduire à néant l'usage d'acaricides. Par contre, malgré les avertissements de traitement et malgré l'arsenal de matières actives pouvant avoir des propriétés systémiques et curatives, le nombre de traitements fongicides restera très élevé tant que les variétés cultivées présenteront une telle sensibilité vis-à-vis, essentiellement, de la tavelure. En effet, chez les arboriculteurs qui appliquent les techniques de lutte intégrée, on n'observe qu'une très faible réduction de la proportion de fongicides utilisés. Il semble bien que seul l'usage de variétés nettement moins

sensibles aux maladies permettra de réduire de façon substantielle le nombre de traitements fongicides. Il n'est pas nécessaire d'avoir recours à des variétés totalement résistantes à la tavelure pour permettre une réduction tout à fait significative du nombre de traitements. En effet, des travaux menés par le GAWI et le CRRG, dans le cadre d'un projet INTERREG et les résultats de notre parcelle expérimentale conduite en production biologique démontrent qu'en combinant l'utilisation de variétés plus tolérantes aux maladies et les technologies nouvelles liées aux logiciels d'avertissements, il est possible d'obtenir une excellente protection fongicide à l'aide de trois à quatre fois moins de traitements. Dans le contexte économique et sociétal actuel, il apparaît crucial de proposer à l'arboriculteur de nouvelles variétés commerciales pour le renouvellement et la diversification de l'assortiment variétal actuel. Ce renouvellement devrait idéalement intégrer, outre les aspects économiques et de marketing, les aspects de qualité gustative et de 'look' des fruits, les aspects phytotechniques mais également le facteur de résistance ou de tolérance variétale face aux principales maladies. La plupart des programmes de sélection pour la résistance aux maladies existant à ce jour se sont d'abord focalisés sur la résistance à la tavelure. Ceux-ci se sont concentrés quasi exclusivement sur le gène *Vf*, et conférant une résistance totale à la tavelure. Les croisements entre des variétés commerciales - sensibles - et ce pommier ont produit plus d'une trentaine de variétés. En 1993, une nouvelle race de tavelure pouvant contourner la résistance conférée par le gène *Vf* est apparue, contournant le mécanisme de résistance lié à ce gène. Depuis lors, d'autres races virulentes de tavelure sont apparues en Europe démontrant l'urgence d'une part, de travailler avec des sources de résistance polygénique présentes chez certaines variétés anciennes, d'autre part, de combiner par croisement, plusieurs mécanismes de résistance (résistance polygénique et monogénique). Cette approche est notamment exploitée dans nos programmes d'amélioration qui intègrent des caractères de résistance polygénique qui ont été mis en évidence parmi nos vastes collections de ressources génétiques. De plus, des expérimentations sont conduites afin de rechercher les moyens préventifs permettant d'assurer la durabilité du gène *Vf* présent dans quelques variétés commerciales.

Les démarches de production fruitière intégrée vont dans le sens d'une production qui tente d'intégrer le plus possible des moyens de lutte complémentaires afin de rationaliser l'usage des produits phytopharmaceutiques pour limiter les effets secondaires indésirables sur la faune auxiliaire et sur l'environnement. L'agriculture biologique veut aller encore plus loin dans ces démarches tout en s'appuyant sur toutes ces méthodes actuellement éprouvées et par ailleurs, elle se différencie de la production intégrée en refusant l'usage de tous les pesticides de synthèse ainsi que des engrais d'origine minérale trop facilement solubles et qui risquent de se retrouver dans les eaux de surfaces et dans les nappes phréatiques souterraines. Tous ces faits montrent l'importance des besoins de rechercher des nouvelles stratégies globales de lutte contre la tavelure en production de pomme.

Depuis six ans, un projet de recherche a été mis en place au sein de notre Département dont l'objectif est de rechercher de nouvelles stratégies de lutte contre les maladies, intégrant tous les paramètres du système de production, dans le contexte de la Production Biologique de pommes de table. Il s'agit de développer une méthode analytique et développer des bases scientifiques en vue de définir les moyens de lutte les plus efficaces contre les maladies cryptogamiques et en particulier la tavelure, tout en réduisant au maximum l'impact sur l'environnement. Parallèlement, le projet vise à expérimenter l'intégration d'un ensemble de paramètres en vue d'une gestion optimale du système écologique « verger », à savoir : (1) L'intégration de la résistance variétale par l'adaptation du choix des variétés offrant le meilleur rendement économique et la recherche de stratégies de gestion de la durabilité de la résistance monogénique *Vf* ; (2) La création d'un environnement du verger très favorable au développement de la faune auxiliaire ; (3) L'intégration de toutes les avancées épidémiologiques en matière d'avertissement, notamment l'utilisation d'un logiciel d'interprétation des risques en fonction de données météorologiques locales et l'utilisation d'un pulvérisateur tunnel expérimental permettant d'économiser jusqu'à 40 % des volumes de bouillies traitées ; (4) Le maintien d'une faible pression d'inoculum par des actions prophylactiques ; (5) La conception d'un désherbeur mécanique favorisant l'activité biologique du sol et finalement ; (6) Une conduite des arbres qui vise à établir un bon équilibre entre la croissance et le développement des arbres par l'application de techniques développées par le groupe « MAFCOT ».

- ≡ ***The only way for reducing inputs in commercial apple growing needs to develop global approaches taking into account all parameters of the agro ecosystem.***

Apple scab, caused by *Venturia inaequalis* is the most important apple disease that causes important economic losses in many apple production areas of the world. Therefore very intensive fungicide control is necessary for commercial apple production. With the use of susceptible commercial apple cultivars, apple scab control is getting more difficult, in this case crop losses caused by apple scab would be about 70 % if no control measures were taken. Even in Integrated Pest Management systems, scab is currently controlled by up to 15 to 20 applications of protective and curative fungicides during the growing season regardless of the presence of ascospores in the orchards. The use of chemicals products is still necessary for professional growers, nevertheless we have to improve their efficacy and choose the optimal combinations of factors and techniques in order to reduce input rate. Development of new approaches is necessary to take into account all factors playing a key role in the orchard ecologic agro system. Results of a research project on Organic apple growing aiming to integrate the following factors are presented ; (1) Choice of adapted varieties having low susceptibility to the major diseases together with good commercial interests and experimentation of strategies aiming to control the breakdown of Vf gene resistance present in commercial cvs ; (2) Creation of an ecological environment attractive for beneficial fauna ; (3) Use of warning system using accurate software to provide infection risk periods and use of an experimental tunnel sprayer saving up to 40 % of phytosanitary compound ; (4) Maintenance of a low infection potential ; (5) Use of accurate mechanical way for weeds control and use of organics manures and good soil management to obtain better biological activity and finally, (6) Use of a tree management that supply a suitable balance between growth and fruit production according to concepts developed by the group « Mafcot ».



COMMUNICATION ORALE

✓ Effet des techniques culturales sur les monilioses en verger de pêchers.

VINCENT MERCIER, CLAUDE BUSSI

UERI INRA, Domaine de Gotheron - 26320 SAINT MARCEL LES VALENCE

Orateur : VINCENT MERCIER

Dans la vallée du Rhône, les monilioses sont causées par trois espèces de champignon, *Monilinia fructigena* et *Monilinia laxa* et plus récemment *Monilinia fructicola*, organisme de quarantaine à la communauté européenne. Les dégâts sur fruits ou en conservation sont dus essentiellement aux 2 dernières espèces (Mercier *et al.*, 2003).

Les techniques culturales utilisées dans les vergers de pêchers influencent le développement des monilioses. Ainsi, Arnoux (1981) montre qu'en fonction de l'alimentation minérale, les attaques de monilioses s'expriment différemment. Des études réalisées dans les organismes techniques français indiquent qu'une irrigation trop abondante provoque une augmentation des pourritures sur fruits (Chamet et Cotte, 1998 ; Blanc, *et al.*, 2002). De même dans nos observations certaines techniques culturales semblent jouer un rôle important sur les dégâts de monilioses de manière indirecte soit en réduisant les portes d'entrée (microfissures) sur les fruits nécessaires pour la pénétration des spores du champignon (raisonnement de l'irrigation) soit en modifiant le microclimat de l'arbre (arrachage manuel qui permet d'augmenter la porosité de la couronne). Le pêcher est une espèce nécessitant une forte vigueur pour l'obtention d'une production économiquement rentable. Mais une vigueur mal contrôlée conduit à un excès de croissance végétative provoquant un auto-ombrage très défavorable à la qualité des fruits et par contre favorable au développement de maladies telles que les monilioses.

L'INRA, en partenariat avec le développement agricole, a démarré des expérimentations pour tester un nouveau concept de conduite du pêcher : l'arrachage manuel (Navarro et Plenet, 2002). Ce mode de conduite tend à positionner les fruits vers l'extérieur de la frondaison et à augmenter la porosité du couvert, ce qui est susceptible d'améliorer la qualité des fruits. Par ailleurs, cette gestion de l'arbre et du complexe parasitaire qui lui est associé est en très forte interaction avec la gestion des intrants, notamment de l'eau. Le pilotage des apports d'eau doit permettre de moduler la croissance en fonction du développement du végétal. Il nécessite l'utilisation d'indicateurs : les mesures micromorphométriques du diamètre des charpentières (méthode Pépista).

Dans notre expérimentation, nous avons étudié expérimentalement l'effet sur la qualité des fruits et leur sensibilité aux monilioses de la combinaison « conduite de l'arbre - irrigation » de 2003 à 2005. Une parcelle de 3500 m² de pêchers plantés en 2000 (variété de nectarine jaune tardive, cv. Nectaross) a été découpée en 2003 en quatre blocs comprenant quatre traitements constitués d'une combinaison de deux facteurs taille et irrigation avec chacun deux modalités taille classique (TAIL) ou arrachage manuel (ARR), irrigation selon bilan hydrique (IRR) ou selon micromorphométrie Pépista (PEP).

Les traitements mis en oeuvre ne pénalisent pas les temps de travaux en matière de conduite des arbres (ARR par rapport à TAIL), et permettent de limiter les quantités d'eau apportées à la parcelle à seulement environ 1/3 des quantités apportées pour la parcelle témoin (PEP par rapport à IRR). La restriction hydrique pendant la phase de grossissement du fruit présente l'avantage d'améliorer à la récolte sa teneur en sucres ainsi que le pourcentage de fruits de premier choix (indemnes de défauts), en limitant légèrement mais non significativement le calibre des fruits. Le rendement n'est pas pénalisé par la restriction hydrique, en partie du fait de la limitation de la chute des fruits induite et particulièrement marquée au stade de la prématurité. L'arrachage manuel ne diminue que légèrement le calibre du fruit à la récolte, en revanche, sa teneur en sucres est améliorée et le rendement en fruits est nettement augmenté.

Lors des trois années d'expérimentation, les premières attaques de monilioses apparaissent à partir de trois semaines avant récolte environ. Entre trois semaines et une semaine avant maturité, les attaques de monilioses sont significativement plus importantes pour les traitements taille classique par rapport aux traitements taille par arrachage manuel (5,7 % contre 2 % à 10 jours avant récolte en 2004). Pendant cette période, il n'apparaît pas de différence entre les traitements irrigation. Par contre, lors de la dernière semaine avant la récolte, il se produit une augmentation des attaques des traitements par bilan hydrique par rapport aux traitements Pépista (14 % contre 8,5 % juste avant la récolte en 2004). Le comptage réalisé sur arbre entier à la récolte confirme les résultats du suivi réalisé sur un échantillon de fruits. Et le suivi en conservation montre que ce sont les fruits issus de la combinaison taille par arrachage manuel et irrigation par Pépista qui développent significativement moins de pourritures que les autres combinaisons (39 % contre de 51 à 60 % après cinq jours de conservation à température ambiante).

Ainsi, les techniques culturales innovantes (PEP et ARR) diminuent significativement l'incidence des monilioses au verger et en conservation par rapport aux techniques culturales les plus utilisées (IRR et TAIL). L'effet de l'arrachage manuel se produit tôt en saison car il agit principalement sur les aspects induction et germination des conidies de monilioses et l'irrigation conduite par Pépista agit dans les derniers jours juste avant la récolte en limitant les microfissures sur l'épiderme des fruits. Ces résultats montrent qu'il ne faut pas limiter la lutte contre les monilioses à l'utilisation des produits phytosanitaires. L'utilisation de plusieurs techniques complémentaires à la lutte chimique peut permettre de diminuer les attaques de monilioses en verger et en conservation. Les résultats significatifs obtenus dans cette étude, sans utilisation de traitement fongicide contre les monilioses, en sont la démonstration.

≡ ***Effect of cropping practices on brown rot in peach orchard.***

Irrigation schedules based on crop evapotranspiration or micromorphometric changes (pepista method), combined with conventional or manual pruning were tested on cv. Nectaross peaches. The effects of these treatments on brown rot were observed in 2003, 2004 and 2005. During the three years of trials, the first brown rot attacks appeared approximately three weeks before harvest. Between three weeks and one week before harvest, brown rot attacks were significantly higher with conventional pruning than with manual pruning, and there was no difference due to irrigation treatments. The last week before harvest, there were more brown rot attacks on fruits irrigated with the crop evaporation monitoring system than with pepista. The counting of infected fruits carried out on the whole tree at harvest confirmed results observed during the monitoring of a fruit sample. The post-harvest monitoring showed that fruits treated with manual pruning combined with pepista irrigation developed significantly less rots than fruits treated with the other combinations.



COMMUNICATION ORALE

✓ Intérêt de l'urée comme outil de lutte prophylactique contre la tavelure du pommier.

XAVIER CRETE

CEHM - Mas de carrière - 34590 MARSILLARGUES

Depuis les années 1970, les exigences commerciales en matière d'aspect du fruit ont amené les producteurs à augmenter leur utilisation de pesticides. Dans le même temps, et malgré la mise en place de démarches de protection raisonnée, la profession est confrontée à l'apparition de nombreux phyto-agresseurs résistants aux pesticides.

Dans les vergers français, la tavelure (*Venturia inaequalis*) est la principale maladie du pommier en terme de risque économique. C'est pourquoi elle est aussi l'une des premières raisons de l'utilisation de pesticides. Au cours de ces dix dernières années, on a pu observer, dans les vergers de production, une augmentation notable des cas d'échecs de la protection. Les éléments d'explication de cette situation concernent aussi bien l'hôte et le parasite que les pratiques culturales elles-mêmes :

- évolution du panel variétal, avec le développement de variétés très sensibles,
- mise sur le marché de fongicides monosite, plus sensibles aux risques de résistance,
- érosion de l'efficacité des fongicides,
- sélection de souches de venturia plus agressives par la pression fongicide,
- dérive dans les pratiques de pulvérisation.

En tout état de cause la conséquence de cette évolution est un accroissement sensible de l'inoculum qui tend à amplifier les difficultés pour le contrôle de ce bio-agresseur.

Les techniques de lutte prophylactique ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche et d'expérimentation depuis les années soixante. Elles n'ont pas eu, jusque là, un grand succès en verger de production. Le contexte actuel semble plus favorable à leur vulgarisation.

Plusieurs techniques se sont révélées efficaces : le broyage des feuilles, leur retrait du champ ou leur enfouissement, les pulvérisations d'urée ou de champignons antagonistes.

L'utilisation de l'urée, bien qu'ayant fait la preuve de son efficacité et malgré son coût relativement réduit, n'a été que peu vulgarisée. Un certain nombre d'effets non intentionnels supposés, plus ou moins fondés, en ont toujours limité le développement. Ainsi la sensibilisation aux gelées, souvent évoquée par les arboriculteurs, repose sur une extrapolation non fondée de résultats obtenus en fertilisation. La sensibilisation des arbres aux chancres (*Nectria galligena*), autre critique fréquemment émise, repose également sur des hypothèses non vérifiées. La principale limite de l'utilisation de l'urée à l'automne est environnementale. En effet, bien qu'utilisée à une dose relativement faible, le risque de pollution nitrique à cette époque est indéniable.

Notre travail, depuis trois ans, a consisté à :

- **Vérifier l'efficacité de l'urée sur la réduction des projections d'ascospore de tavelure.** Les applications d'urée à l'automne ont toujours entraîné une réduction des projections d'ascospores de l'ordre de 50 % (piège à spore de type Marchi). Les observations sur litière ont confirmé cet ordre de grandeur (projections provoquées).
- **Tester l'intérêt de l'urée appliquée au sol au printemps :** les applications d'urée sur litière au printemps ont fait preuve d'une efficacité au moins aussi bonne qu'à l'automne.

- **Tester d'autres formulations d'urée à de plus faibles concentrations** : six formulations à base d'urée ont été testées, l'une d'entre elle s'est montrée aussi efficace que la référence pour une concentration dix fois moins importante.
- **Contrôler les éventuels effets des applications d'urée d'automne sur la phénologie du pommier** : Les applications d'urée (50 kg/ha) à différentes dates à l'automne, sur deux cultivars (Gala et Golden Delicious), n'ont pas eu d'effet sur l'évolution de la floraison au printemps suivant.

Conclusion

Les applications d'urée sont un outil efficace dans le cadre de la lutte contre la tavelure. Néanmoins, l'efficacité de la technique n'est pas suffisante seule pour envisager d'alléger le programme de lutte chimique. Cependant elle contribue à limiter les conséquences d'un échec de protection au printemps et constitue un élément de gestion des risques d'apparition de résistance du champignon aux fongicides.

Pour les années à venir, un travail sur la complémentarité des techniques prophylactiques va être engagé. L'objectif à terme étant, non seulement d'éviter les échecs de protection, mais aussi de réduire les quantités de fongicides appliqués dans les vergers.

❧ Interest of urea as a prophylactic measure against apple scab.

Since the 1970ies, higher commercial requirements regarding the aspect of the fruit have lead to a large increase in the use of pesticides. Although integrated pest management approaches have progressed for about ten years, growers must face technical problems, mainly due to the emergence of resistant strains to pesticides for many pests and pathogens.

*When considering economical aspects and pesticide use, Apple Scab (*Venturia inaequalis*) is the main apple tree disease in French orchards. For these last ten years, a significant increase in failures of the apple orchard protection has been observed. Factors likely to explain this situation are related to the host-plant, the pathogen and the cultural practices. As a consequence of this evolution, apple scab inoculum has significantly increased in the orchards, leading to increasing sanitary problems.*

From the 1960ies, prophylactic methods have been developed through many research and experimental works. However, these methods did not meet a great success among growers for the protection of the orchard. Nowadays, the context seems to be more in favour of their adoption.

Several methods, including leaf shredding, ploughing in and/or removing from the orchard, as well as urea or antagonist fungi spraying have proved to be efficient. Despite several research and experimental results, and a relatively low cost, the use of urea has not been widely developped. This is most probably due to some potential side effects, although these are not scientifically established.



COMMUNICATION ORALE

✓ Stratégies d'association de méthodes de lutte à effet partiel contre la tavelure du pommier.

¹FREDERIQUE DIDELOT, ²GILLES ORAIN, ³LAURENT BRUN, ²ARNAUD LEMARQUAND,
¹VALERIE CAFFIER, ^{1,3}LUCIANA PARISI

¹ INRA Centre d'Angers - UMR PaVé - ² INRA Centre d'Angers
UE Bois l'Abbé-La Rétuzière - 42, rue Georges Morel - B.P. 60057 - 49071 BEAUCOUZE Cedex
³ INRA-UERI, Domaine de Gotheron - 26320 SAINT-MARCEL-LES-VALENCE

Oratrice : **FREDERIQUE DIDELOT**

La lutte contre la tavelure, causée par *Venturia inaequalis*, représente une part considérable des traitements phytosanitaires nécessaires à la protection d'un verger de pommier lorsqu'il est planté avec une ou des variétés sensibles à la maladie. Ces applications fongicides régulières agissent négativement sur la faune auxiliaire et peuvent favoriser le développement de certains ravageurs. De plus, des problèmes de résistance à certaines matières actives apparaissent régulièrement et de nombreuses situations d'échecs de protection contre la tavelure sont apparues ces dernières années dans l'ensemble du verger français. Il paraît donc important, dans le cadre d'une protection fruitière intégrée, de parvenir à mieux maîtriser la maladie tout en réduisant le nombre et l'impact des traitements fongicides. Pour y parvenir, la plantation de variétés présentant une résistance partielle à la maladie, associée à d'autres méthodes à efficacité partielle et à une lutte chimique raisonnée est une alternative intéressante. Il faut cependant disposer de bonnes variétés à résistance partielle, et des moyens d'intégrer différentes méthodes de lutte suivant des stratégies simples à appliquer et sans prise de risque pour l'arboriculteur. En particulier les seuils d'application de la lutte chimique, en tenant compte des autres moyens de lutte déployés, demandent à être précisés et validés.

Pour progresser dans cette voie, nous avons tout d'abord évalué la résistance de la variété Reine des Reinettes, considérée comme peu sensible à la maladie, en absence de traitements fongicides, comparativement au comportement dans les mêmes conditions de Gala, variété sensible à la maladie, pendant trois années. Les résultats obtenus confirment l'intérêt de ce type de variété ; ils mettent en évidence un ralentissement du déroulement des épidémies sur feuilles de pousses, et une incidence de la maladie sur feuilles toujours significativement inférieure à celle de Gala, tout au long de la saison primaire. Le même type de résultat est obtenu sur fruits, avec une efficacité variable d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques.

Par la suite, nous avons entrepris l'étude de l'association de la résistance de Reine des Reinettes avec :

- 1) Une méthode de lutte prophylactique : la réduction de la litière foliaire, permettant de réduire la phase de reproduction sexuée aboutissant la formation d'ascospores projetables au printemps ;
- 2) Une lutte chimique raisonnée : le raisonnement de la lutte chimique tient compte de la gravité du risque de contamination et du pourcentage d'ascospores projetées. Toutefois, pour ne pas être amené à traiter uniquement de manière curative (une fois le seuil dépassé), des traitements préventifs sont autorisés en fonction du stock d'ascospores projetables et des prévisions météorologiques. Les parcelles traitées avec cette stratégie sont comparées à des parcelles n'ayant reçu aucun traitement.

Cette étude pluriannuelle est menée dans un verger expérimental du Maine-et-Loire (essai bloc avec trois répétitions pour chaque modalité). Les résultats de la première année d'expérimentation (2006, en cours d'acquisition) devraient permettre une première évaluation de la stratégie et des seuils proposés.

≡ **Association strategies of partial effect methods for apple scab control.**

Despite the intensive fungicide treatments applied to control the disease, scab remains the main problem in apple orchards. The use of partial resistant apple varieties can be a way to reduce the use of fungicides and to improve disease control in the future. In a orchard untreated against scab, the level of disease on the partial resistant cultivar “Reine des Reinettes” was evaluated, and compared to those of the susceptible cultivar “Gala” during 3 years. The leaf epidemic on the first cultivar was slowed down and reduced in comparison with the second one. The same conclusions can be done with the observations of harvested fruits. These observations confirm the good level of resistance of “Reine des Reinettes”.

Another trial on the same orchard has been started in 2006, on the cultivar “Reine des Reinettes” : the level of disease on plots without apple scab control is compared to those on plots with moderate fungicide applications associated with sanitation (reduction of leaf litter which contain the primary inoculum). The first results are encouraging.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **L'évaluation de l'impact environnemental des pratiques viticoles à l'aide des indicateurs INDIGO[®]-VIGNE : la gestion des produits phytosanitaires, de l'érosion du sol, de la consommation d'énergie, de la matière organique, de l'azote et des risques de gel.**

¹MARIE SCHOLTUS-THIOLLET, ²CHRISTIAN BOCKSTALLER, ²PHILIPPE GIRARDIN

¹ INRA-UJV - 42, rue Georges Morel - B.P. 60057 - 49071 ANGERS

² UMR Agronomie-Environnement Nancy-Colmar - 28, rue de Herrlisheim - 68000 COLMAR

Oratrice : **MARIE SCHOLTUS-THIOLLET**

Enjeux

Une des conséquences environnementales majeures de la viticulture actuelle est la dégradation des compartiments de l'environnement comme les eaux de surface, les eaux souterraines, l'air, le sol et les organismes auxiliaires (ou organismes non cible).

Développer des outils de diagnostic et d'aide à la décision permet d'aider les viticulteurs de concilier une bonne production de raisins et un meilleur respect de l'environnement. Les indicateurs de la méthode INDIGO[®]-VIGNE, issus des travaux en grande cultures sur la méthode INDIGO[®], permettent d'évaluer le risque environnemental pris lors de la mise en œuvre des pratiques viticoles dans les parcelles et les exploitations viticoles. L'objet de cette présentation est d'exposer les indicateurs viti-environnementaux de la méthode INDIGO[®]-VIGNE, d'illustrer ces propos par des exemples de calculs des indicateurs sur plusieurs millésimes pour des exploitations viticoles de vignobles différents et enfin de présenter les utilisations actuelles qui sont faites de ces indicateurs.

L'indicateur correspond à une vision synthétique du système. Il permet de simplifier l'information. L'indicateur est un compromis entre les résultats scientifiques et la demande d'information concise. Dans le cas ce travail appliqué à la viticulture, c'est le fruit d'un consensus entre des résultats publiés issus de la recherche agronomique et les contraintes des acteurs techniques de la filière viticole. Les indicateurs issus de la méthode INDIGO[®]-VIGNE à la différence d'indicateurs simples reposant sur des variables sont basés sur des modèles opérationnels ou système de règles de décisions. Ils sont tous construits selon les règles suivantes :

- Les indicateurs sont présentés sous forme d'indice variant de zéro (risque maximal pour l'environnement) à dix (aucun risque pour l'environnement).
- Ils sont calculés à partir des données techniques fournies par le viticulteur (pratiques culturales) et des données stables du milieu à la disposition de celui-ci (données cadastrales, analyses de sol ...), données récupérées par enquête d'une demi-journée maximum.
- Le calcul des indicateurs ne fait pas appel à des données issues de mesures de terrain répétées.
- Ils sont calculés pour chaque parcelle et pour chaque année culturale. Il est possible d'obtenir une note d'indicateur pour l'exploitation en effectuant une somme pondérée des valeurs d'indicateurs parcellaires.

Les indicateurs suivants ont été développés dans INDIGO[®]-VIGNE (Thiollet, 2003) :

- Indicateur Phytosanitaires (I_{phy}) : il permet d'évaluer l'impact potentiel sur l'environnement lié à l'application de produits phytosanitaires. Cet indicateur sert aussi à aider le viticulteur à adapter le choix des substances actives et des techniques d'application aux objectifs de la Production Intégrée pour limiter les risques pour sa santé et pour l'environnement. Il est construit à l'aide d'un système expert associé à de la logique floue.
- Indicateur Couverture Sol (I_{couv_sol}) : il permet d'évaluer le risque de perte de terre sur la parcelle en lien avec l'entretien du sol mis en œuvre par le viticulteur sur la parcelle. Il est construit à l'aide d'un modèle opérationnel développé à l'INRA de Colmar spécifiquement pour la viticulture.
- Indicateur Energie ($I_{Energie}$) : il permet d'évaluer la consommation énergétique directe liée au machinisme (prise en compte des coefficients énergétiques actualisés et sur une équation de calcul de la consommation des passages d'outils) et aux techniques de lutte contre le gel et indirecte (fabrication des pesticides et des engrais minéraux). Il est construit à l'aide d'un système expert associé à de la logique floue.

- Indicateur Matière organique (I_{MO}) : il permet d'évaluer l'effet des pratiques viticoles sur l'évolution de la teneur du sol en M.O. L'indicateur évalue si les apports d'humus (due aux résidus de récolte et aux apports) sur les 4 dernières années de culture permettent de maintenir une valeur satisfaisante si on répète ces quatre années sur une longue période. Il est basé sur des simulations utilisant le modèle Hénin-Dupuis.
- Indicateur Azote (I_N) : il permet d'évaluer les pertes d'azotes par lessivage des nitrates vers les eaux souterraines et par pollution de l'air via la volatilisation de l'ammoniac (acidification, enrichissement en N de milieu naturel pauvre) et les émissions (N_2O) dues à dénitrification et à la nitrification (gaz à effet de serre, effets sur la couche d'ozone stratosphérique). Il est issu d'une adaptation d'un modèle opérationnel original développé à l'INRA de Colmar pour les grandes cultures.
- Indicateur Anti-gel ($I_{antigel}$) : il permet d'évaluer la consommation en ressources non renouvelables (énergies fossiles, eau, ...) en fonction de la nature du moyen de lutte contre le gel mais aussi de sa fréquence d'utilisation. Il est construit à l'aide d'un système expert associé à de la logique floue.

La restitution des résultats de calculs d'indicateurs peut être faite sous forme de graphique, de tableau ou encore de carte du parcellaire du viticulteur. Les indicateurs issus de la méthode INDIGO®-VIGNE peuvent ainsi permettre une évaluation et un suivi des pratiques et a été conçue de sorte à faciliter la recherche de solution pour aider à l'amélioration des pratiques. Ils permettent : le repérage des points forts et/ou des points faibles environnementaux des différentes parcelles d'une exploitation viticole. Ils permettent également d'effectuer des suivis de parcelles ou d'exploitations inter-annuels, comme cela a été le cas pour un réseau de 50 exploitations réparties dans 4 vignobles septentrionaux (Alsace, Bourgogne, Champagne et Jura), mais aussi d'être un moyen de communication et de valorisation des efforts environnementaux mis en place par les viticulteurs.

Les indicateurs viti-environnementaux ont pour vocation de servir l'interprofession viticole pour un meilleur respect de l'environnement et une plus grande acceptabilité sociale. C'est pourquoi, les indicateurs de la méthode INDIGO®-VIGNE sont mis à disposition des viticulteurs mais aussi des conseillers techniques viticoles par l'équipe de recherche qui les a mis au point.

Un logiciel est actuellement disponible gratuitement auprès de l'UMR Agronomie-Environnement et une version de démonstration avec comme exemple pour la possibilité de calculer l'indicateur I-Phy-Vigne (Indicateurs 'gestion des produits phytosanitaires en viticulture') est en ligne à l'adresse suivante : <http://www.inra.fr/indigo/fra/demo.html>.

Il existe également un logiciel PhytoChoix, lancé en novembre 2003 et distribué par ITV-France (<http://www.itvfrance.com/public/index2.htm>) qui est un outil d'aide au choix de son programme de traitements phytosanitaires, basé sur l'indicateur I-Phy de la méthode INDIGO®-VIGNE.

Parallèlement à cela, une entreprise de conseil qui utilise la méthode a vu le jour (<http://www.envilys.com/>). Sa vocation est de proposer des diagnostics environnementaux, d'accompagner les entreprises viticoles dans leur démarche qualité/environnement, d'effectuer des projets d'étude et développement et de dispenser des formations environnementales.

De nouveaux travaux sont en cours et portent sur l'adaptation de l'indicateur I-Phy à l'échelle du bassin versant afin de proposer aux acteurs des ressources en eaux un outil de diagnostic environnemental lisible et fiable. Il s'agira par la suite de poursuivre ces travaux de recherche par la construction d'indicateurs 'gestion œnologique' et d'un indicateurs 'déchets viti-viticoles'.

≡ ***Environmental assessment of vineyards practices : INDIGO®-VIGNE indicators for pesticides, soil, energy, organic matter, nitrogen and frost management***

The development of new farming systems with better environmental performance in comparison with the current ones, requires operational assessment tools like indicators-based method. Key environmental issues are for viticulture the protection of water, air regarding nitrate and pesticide pollution, soil protection, the conservation of biodiversity The INDIGO®-VIGNE has been developed to meet this need. It can be calculated at field-ou farm scale. First, the structure of INDIGO®-VIGNE indicators will be presented, followed by some exemplary indicators' calculation for farms located in different vineyard areas during several years and finally, current uses INDIGO®-VIGNE indicators will be provided.



AFFICHE

✓ Effets de la conduite centrifuge sur le développement des bio-agresseurs en vergers de pommiers.

¹SYLVAIN SIMON, ²CARLOS MIRANDA, ¹LAURENT BRUN, ¹HUBERT DEFRANCE,
³PIERRE-ERIC LAURI, ⁴BENOIT SAUPHANOR

¹ INRA, National Institute for Agricultural Research - Unité Exp. de Recherche Intégrée
Gotheron - 26320 SAINT-MARCEL-LES-VALENCE

² Universidad Pública de Navarra - Dep. Producción Agraria - Sec. Fruticultura y Viticultura -
Campus de Arrosadia - 31006 PAMPLONA - (Espagne)

³ INRA - UMR BEPC - Equipe Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières
2, Place Pierre Viala - 34060 MONTPELLIER Cedex

⁴ INRA - PSH, Equipe Ecologie de la Production Intégrée
Domaine St Paul - Agroparc - 84914 AVIGNON Cedex 9

Orateur : LAURENT BRUN

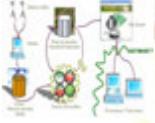
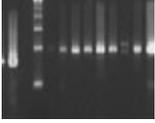
L'effet de l'architecture de l'arbre sur le développement des principaux ravageurs et de la tavelure du pommier a été étudié dans un verger expérimental situé dans la Drôme (France). Nous avons mis en évidence que l'architecture de l'arbre (modifiée par le système de conduite de l'arbre) influence le développement des bio-agresseurs du pommier. Les hypothèses émises pour expliquer ces effets observés concernent (i) la suppression de l'inoculum lors de la réalisation de l'extinction artificielle des bourgeons, (ii) la modification du microclimat au sein de la frondaison et (iii) la modification des rythmes de croissance des pousses.

⌘ *Effect of centrifugal training on pests and pathogens in apple orchards.*

*The effect of tree architecture on the development of the main apple pests and pathogens was investigated from 2002 to 2005 at the INRA Gotheron experimental station. The original Solaxe (OS) was compared to the centrifugal training (CT) system, in which the thinning out of fruiting spurs along the trunk and on the proximal and underside parts of branches modifies within-tree environment conditions. Infestation levels of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* (Passerini) and of the red mite *Panonychus ulmi* (Koch) were significantly lower in the CT than in the OS system, in 2002 and 2004 for *D. plantaginea*, and in 2003 for *P. ulmi*. For the green apple aphid *Aphis pomi* De Geer, differences between systems varied with years. Fruit damage by the codling moth *Cydia pomonella* (L.) tended to be higher in the CT than in the OS system. The incidence of the apple scab *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint. was lower in Spring (2002, 2004) in the CT than in the OS system, but increased faster in CT than in OS in Summer, with no difference in fruit damage at harvest. Due to several factors, including pest or inoculum removal when thinning out spurs, within-tree microclimate, shoot density and/or growth dynamics, tree architecture influences the development of pests and pathogens. These results open a wide field of research on the use of tree architecture as a mean to modulate pest and disease development.*



SOMMAIRE DE LA SESSION

	GESTION DE LA SUCCESSION CULTURALE ET REDUCTION DE LA PRESSION PARASITAIRE TELLURIQUE 43 <i>FRANÇOISE MONTFORT, SYLVAIN FOURNET</i>
	LUTTE GENETIQUE CONTRE LES BIOAGRESSEURS DES CULTURES : LA DURABILITE, UN NOUVEAU CRITERE DE SELECTION ? 45 <i>ALAIN PALLOIX, NATHALIE BOISSOT, VALÉRIE AYME, BÉRENGER JANZAC, HERVÉ LECOQ, CÉCILE DESBIEZ, FRÉDÉRIC FABRE, BENOÎT MOURY</i>
	DIVERSITE BIOLOGIQUE AU SEIN DES SYSTEMES CULTIVES BANANIERS AUX ANTILLES ET CONTROLE DES BIOAGRESSEURS 47 <i>JACKY GANRY</i>
	INDICATEURS BIOLOGIQUES DE LA SANTE DES SOLS ET GESTION DU RISQUE 49 <i>CÉLINE JANVIER, FRANÇOIS VILLENEUVE</i>
	QUEL PAYSAGE AU SERVICE DE LA PROTECTION BIOLOGIQUE DES CULTURES LEGUMIERES ? 52 <i>MAARTEN VAN HELDEN, GUILLAUME PAIN</i>
	LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION DES NEVROPTERES (CHRYSOPE ET HEMEROBES) 54 <i>JOHANNA VILLENAVE, ELIZABETH RAT-MORRIS</i>
	LE DIAGNOSTIC DES MALADIES DES LEGUMES : UNE EXPERTISE COMPLEXE EN VOIE DE DISPARITION 56 <i>DOMINIQUE BLANCARD, SOPHIE CHAMONT, JEAN-MARC ARMAND</i>
	INTEGRATION DES OUTILS D'AIDE A LA DECISION : RISQUES PHYTOSANITAIRES ET PREVISIONS METEOROLOGIQUES 58 <i>SÉBASTIEN SEROT</i>
	DE LA RECONNAISSANCE A LA DECISION : RETOUR D'EXPERIENCE BRETONNE SUR L'AGRICULTEUR « ACTEUR » 60 <i>JEAN-MICHEL COLLET</i>
	APPLICATION DE LA PCR DANS L'ANALYSE DE LA QUALITE SANITAIRE DES SEMENCES A LA SNES 62 <i>RENÉ MATHIS, LAËTITIA PORCHER, CORINNE GUIMIER, VALÉRIE OLIVIER, LAURENT GUYOT, NADINE VALETTE, ISABELLE SERANDAT, MYRIAM AVRILLON, JOËL LECHAPPE, VALÉRIE GRIMAUULT</i>
	EVOLUTION AU SEIN DU GENRE <i>PHYTOPHTHORA</i> DES ESPECES IMPLIQUEES DANS LA MALADIE DE LA BAGUE DE LA CAROTTE. CONSEQUENCES EN TERMES DE GESTION DE LA MALADIE 63 <i>DANIELLE BRETON, FRANÇOISE MONTFORT</i>



SENSIBILITE *IN VITRO* DE CHAMPIGNONS PATHOGENES TELLURIQUES AUX COMPOSES ALLELOPATHIQUES PRODUITS PAR DES BRASSICACEES. PERSPECTIVES POUR LA GESTION DES MALADIES LIEES AU SOL. 65

NATACHA MOTISI, CORALINE RAVENEL, FLORA LIMACHE, FRANÇOISE MONTFORT



INTERET DES PHEROMONES DANS LA RECHERCHE DE MOYENS DE PROTECTION CONTRE LES TAUPINS. 67

FRANÇOIS VILLENEUVE, YVES NOUET, ERIC SCLAUNICH, LEEN SCHOEN, FRÉDÉRIK SIRI, PIERRE TAUPIN



COMMUNICATION ORALE

✓ **Gestion de la succession culturale et réduction de la pression parasitaire tellurique.**

FRANÇOISE MONTFORT, SYLVAIN FOURNET

UMR BiO3P - INRA Centre de Rennes - Domaine de la Motte - BP 35327 - 35653 LE RHEU Cedex

Oratrice : **FRANÇOISE MONTFORT**

La gestion des bioagresseurs telluriques est par nature complexe, et les agriculteurs sont d'autant plus démunis que le contexte est en pleine évolution : pour la profession légumière, la « manière de produire » devient un enjeu primordial : il lui faut maintenant savoir gérer les risques parasitaires dans un contexte de limitations des pratiques de désinfection des sols et avec une réglementation phytosanitaire européenne nouvelle.

Spécificités du parasitisme tellurique et méthodes de gestion

Les bioagresseurs liés au sol présentent plusieurs spécificités : ils réalisent dans le sol tout ou partie de leur cycle (selon qu'il s'agit de parasites strictement telluriques ou d'agents pathogènes à phase aérienne) et une de leurs principales caractéristiques est leur faible capacité de dispersion ; les propagules à l'origine de l'épidémie sont généralement localisées dans ou sur le sol, souvent en foyers dans la parcelle, et nombreux sont les exemples où ce sont les travaux du sol qui occasionnent leur dispersion maximale (intra ou inter-parcelles). Dans le sol, quand ils ne sont pas en phase infectieuse sur une plante-hôte, ils vivent sous forme saprophytique sur des résidus de matière organique et/ou survivent sous forme dormante (organes de résistance). Les épidémies qu'ils provoquent sont qualifiées de polyétiques, c'est-à-dire que plusieurs cycles de plantes sensibles, donc généralement plusieurs années, sont nécessaires pour amener la maladie à des niveaux dommageables.

Dans ce cadre, la maîtrise du parasitisme est particulièrement difficile : les sources de résistance sont bien rares, face à une importante diversité de bioagresseurs ; la gestion de l'itinéraire technique de la culture que l'on veut protéger présente un intérêt certain, qui repose généralement sur la complémentarité d'actions tactiques à efficacité partielle. Mais, pour ces épidémies qui se développent beaucoup plus lentement que celles des maladies aériennes, c'est sans conteste en amont de la culture à protéger que les risques parasitaires doivent d'abord être pris en compte : le raisonnement des successions culturales et la gestion des inter cultures sont les principaux leviers pour contenir les bioagresseurs telluriques.

En effet, les équilibres microbiens dans le sol sont très fortement influencés par l'historique de la parcelle. Afin de maintenir ou restaurer la qualité phytosanitaire des sols, le raisonnement judicieux des éléments de la rotation et de leur succession implique une très bonne connaissance des risques telluriques et des caractéristiques biologiques des bioagresseurs potentiels.

Entretenir les équilibres naturels

Tout d'abord, il s'agit de préserver les mécanismes de régulation naturelle préexistants : les exemples de résistance naturelle (cas des sols de Châteaurenard vis-à-vis des fusarioses vasculaires) ou induite par les pratiques culturales (cas du piétin-échaudage du blé, cas du *Sclerotinia sclerotiorum*) sont souvent expliqués par le développement progressif d'une microflore antagoniste. Ces équilibres naturels sont fragiles et seront brutalement rompus si des pratiques non adaptées (désinfection de sols, insertion d'une culture inappropriée...) sont mises en œuvre inconsidérément.

Rotation des cultures et rupture du cycle parasitaire

D'un point de vue technique, les rotations des cultures sont pratiquées pour maintenir la fertilité et la qualité des sols. En termes de parasitisme, le cycle de développement des agents pathogènes peut être perturbé simplement par l'insertion d'une plante de coupure, i.e. une culture non-hôte, à condition que le spectre d'hôtes soit suffisamment réduit et que l'agent pathogène ne possède que de faibles capacités de maintien dans le sol. C'est le cas du piétin-échaudage des céréales, vis-à-vis duquel l'agriculteur pratique de tous temps la rotation des cultures. Dans le cas de nématodes à kystes, tels que les *Heterodera*, la situation est plus compliquée : les différentes espèces de ce genre sont elles aussi inféodées à une espèce ou une famille botanique, mais les populations peuvent se maintenir de très longues périodes dans les sols sous forme de kystes. Il en est de même pour les trachéomycoses à *F. oxysporum* : il existe des formes spécialisées selon les hôtes, mais les chlamydospores assurent la longue conservation du parasite dans le sol.

D'autre part, force est de reconnaître qu'en cultures légumières de plein champ, la polyphagie de nombreux bioagresseurs est telle que la nécessaire diminution des populations n'est que rarement obtenue au seul moyen de la rotation, même si elle respecte l'alternance de familles botaniques différentes ; des actions complémentaires sont parfois envisageables au niveau de l'itinéraire technique : labours profonds pour enfouir les sclérotés de *Rhizoctonia solani* sensibles à une atmosphère plus riche en CO₂, culture sur planche ou billons pour limiter l'humidité du sol et donc défavoriser les Oomycètes tels que les *Pythium*, fertilisation adaptée, maintien du sol humide pendant l'initiation de la tubérisation des pommes de terre pour réduire les attaques de gale commune en pustule, élimination des adventices réservoirs potentiels de *Ralstonia solanacearum*... Malheureusement, nombreux sont les bioagresseurs pour lesquels les connaissances ne sont pas suffisantes pour appréhender les facteurs qui leur sont défavorables (citons par exemple / cf. poster / le cas de l'évolution récente des espèces de *Phytophthora* responsables de la maladie de la Bague de la carotte et la nécessité de collecter à nouveau des données biologiques de base).

Insertion de cultures à objectif assainissant

Il apparaît donc que, généralement, la succession de cultures légumières de production, si judicieuse soit-elle, ne peut à elle seule permettre de maintenir les parasites telluriques sous le seuil dommageable. On envisage maintenant de plus en plus souvent de la compléter par l'insertion dans la succession culturale d'une culture à seul objectif d'assainissement des sols : il s'agit là d'autres mécanismes, beaucoup plus actifs, visant à diminuer les densités d'inoculum ou de populations dans les sols. Citons par exemple les familles botaniques pouvant officier comme leurres, vis-à-vis d'espèces fongiques (exemples du glaïeul / *Sclerotium cepivorum* des *Allium*, de l'avoine / Oomycètes) ou vis-à-vis de nématodes (exemples des Tagetes, du radis fourrager, du millet perlé, du Ricin...vis-à-vis des Tylenchidés) : la germination des organes de conservation ou l'éclosion des kystes est induite par certaines substances chimiques émises par les 'plantes-leurres', sans que le parasite ne puisse ensuite s'y développer. Les faux-semis peuvent également induire les mêmes conséquences sur les bioagresseurs, nématodes par exemple. Un autre mécanisme, très étudié actuellement à l'échelle internationale, est celui de la « biofumigation » : la culture, puis le broyage et l'enfouissement à un stade donné, de certaines Crucifères (à haute teneur en certains glucosinolates) ou Alliacées pourrait permettre de réduire les problèmes de bioagresseurs telluriques (adventices, champignons, bactéries, nématodes). En l'état actuel, les potentialités de la biofumigation vis-à-vis de cibles variées sont avérées (cf. poster), mais très dépendantes des conditions techniques de mise en œuvre : d'importants travaux de recherche-développement devront être réalisés afin d'adapter cette technique selon les systèmes de culture.

Conclusions

La diversité des productions légumières de plein champ et les spécificités du parasitisme tellurique rendent bien complexe la mise au point de stratégies de gestion un peu moins dépendantes des intrants phytosanitaires. Cette courte synthèse démontre cependant une certaine diversité des possibilités de maîtrise des bioagresseurs telluriques, à condition de raisonner sur une échelle temporelle bien plus large que celle de la culture proprement dite et donc de pouvoir disposer pour la limitation des problèmes telluriques de « créneaux d'assainissement ». Les marges de manœuvre sont réduites pour ces cultures à haute valeur ajoutée, et la faisabilité et les conséquences non-intentionnelles des innovations encore peu explorées. Les nécessaires progrès en matière d'expérimentation et d'évaluation de stratégies de protection intégrée impliquent une approche « systèmes » multidisciplinaire à l'interface recherche-développement.

≡ Crop rotations and soil-borne pest management.

The specific characteristics of soil-borne pests and their great diversity on field vegetables make their control complicated. But soil is a closed environment, in which the dispersal of inoculum or populations is rather limited, with spatial extension often mostly due to cultivation practices. Moreover, these polyetic epidemics develop more slowly than air-borne diseases. So there are opportunities to act for reducing primary inoculum at the succession scale, and between successive crops : the use of crop rotations to manage soil-borne diseases and nematodes, according to their intrinsic characteristics, is discussed as well as the ways to optimize the inter-crop period in order to reduce risks. The strategies have to combine preservation of the natural enemies in soil, to optimize the rotations by taking in account the hosts spectrum of the pests, and to help reducing primary inoculum in soil (cultural practices, bait crops, biofumigation). Research and development programs for studying and evaluating such strategies are needed and have to be conducted in a multidisciplinary approach.



COMMUNICATION ORALE

✓ Lutte génétique contre les bioagresseurs des cultures : la durabilité, un nouveau critère de sélection ?

¹ALAIN PALLOIX, ¹NATHALIE BOISSOT, ^{1,2}VALERIE AYME, ^{1,2}BERENGER JANZAC,
²HERVE LECOQ, ²CECILE DESBIEZ, ²FREDERIC FABRE, ²BENOIT MOURY

INRA - Centre d'Avignon, ¹UR1052 Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes
et ²UR 407 Pathologie Végétale - 84140 MONTFAVET Cedex

Orateur : ALAIN PALLOIX

La lutte contre les bioagresseurs des cultures passe par des pratiques culturales adaptées ainsi que par l'utilisation de plantes génétiquement résistantes. L'utilisation de plantes résistantes et les pratiques culturales induisent des pressions de sélection sur les populations de bioagresseurs, ce qui augmente les risques de voir émerger des individus plus adaptés dans les populations. Ces individus peuvent devenir capables de contourner les résistances : c'est-à-dire d'infecter les plantes résistantes ; ils sont alors dits virulents, et les résistances perdent de leur efficacité. Une résistance est dite durable si elle reste efficace sur de longues périodes de temps et de grandes surfaces cultivées dans des conditions favorables au développement de la maladie. La capacité des bioagresseurs à s'adapter plus ou moins rapidement aux gènes de résistance constitue la principale limite à l'utilisation de la lutte génétique. Elle réduit la durée de vie des variétés commerciales possédant des résistances, qui ont généralement fait l'objet de longues étapes de sélection. Sur le long terme, elle accélère la consommation de ressources génétiques dont on ne connaît pas les limites.

L'enjeu est donc de maîtriser l'évolution des populations d'agents pathogènes et de diminuer les risques de contournement. Concernant la génétique et l'amélioration des plantes, il s'agit tout d'abord d'intégrer l'évolution de la population de bioagresseurs et la pression de sélection exercée par les facteurs de résistance comme nouveau critère pour choisir les gènes de résistance à utiliser, puis pour construire les génotypes (cultivars), voire pour gérer ces génotypes dans le temps et l'espace. Les critères de sélection utilisés jusqu'à présent dans les programmes de création de variétés résistantes considéraient essentiellement le niveau de la résistance conférée (totale, partielle), sa spécificité (efficace contre certaines souches ou une large gamme de souches), et parfois les mécanismes mis en jeu (blocage à différents stades du développement de la maladie). Sélectionner pour la durabilité nécessite de prendre aussi en compte l'évolution future de la population de bioagresseurs. Cette nouvelle approche pose la question : quels critères (qualitatifs et/ou quantitatifs) le sélectionneur peut-il s'approprier afin de comparer différents gènes de résistance et différents génotypes ?

Les études de génétique des populations de bioagresseurs, ainsi que la connaissance des déterminants moléculaires de la pathogénicité délivrent les premières réponses (Lecoq et al. 2004). Le processus de contournement d'une résistance peut-être décomposé en 3 principaux événements (*Figure*) : ① la mutation et/ou la recombinaison au sein du génome du bioagresseur qui permet l'apparition d'un individu virulent,

② la multiplication des variants virulents,

③ leur dispersion dans l'environnement (parcelle, région de culture). Le succès des processus 2 et 3 est soumis aux pressions de sélection dues à l'environnement (plante hôte, pratiques culturales) et aux contraintes internes au bioagresseur (mode de reproduction, de dispersion). De plus, toute mutation peut affecter l'aptitude de l'organisme à se reproduire et à se disperser dans l'environnement, aptitudes regroupées sous le terme de « pouvoir adaptatif » (*fitness*). La dissection du processus d'adaptation à la résistance en composantes élémentaires permet de comparer la durabilité de différentes résistances en recherchant des relations entre la fréquence ou la rapidité de contournement de ces résistances et les mutations requises pour leur contournement ainsi que l'effet de ces mutations sur le pouvoir adaptatif du bioagresseur.

- *Comparaison de différents gènes de résistance.* L'analyse expérimentale ainsi que bibliographique sur différents couples hôte-bioagresseur, montre que la fréquence d'apparition de mutants virulents en laboratoire, ainsi que la rapidité de contournement au champ diminuent lorsque le nombre de mutations requises augmente (Harrison 2002). La fréquence de contournement dépend non seulement

du nombre mais aussi du type de mutation requise (Ayme et al. 2006a), certaines substitutions (transitions) étant intrinsèquement plus probables que d'autres (transversions). L'effet de ces mutations sur le pouvoir adaptatif du bioagresseur est également déterminant : seuls les mutants virulents les moins affectés dans leur capacité à se multiplier et/ou à se disperser deviennent prévalents en culture (Leach et al. 2001). Ainsi, parmi les gènes de résistance disponibles, il est possible de choisir le plus durable en considérant le nombre et la nature des mutations requises pour son contournement, ainsi que l'effet de ces mutations sur le pouvoir adaptatif. Ces critères sont d'intérêt générique, mais ils nécessitent de connaître les mutations déterminant le contournement et de pouvoir mesurer la capacité du bioagresseur à se multiplier et se disperser.

- *Comparaison de différentes combinaisons de gènes de résistance.* Les observations empiriques ont tendance à montrer que les cultivars possédant des résistances polygéniques ou des combinaisons de gènes majeurs ont montré une résistance plus durable que les résistances monogéniques (Parlevliet 2002). Deux hypothèses explicatives sont avancées : d'une part, le contournement simultané de plusieurs gènes requiert de nombreuses mutations ce qui rend peu probable l'apparition de mutants virulents, d'autre part, si la résistance est quantitative (partielle), la sélection des mutants virulents est moins efficace. Peu d'approches expérimentales ont permis de comparer rigoureusement la durabilité relative des résistances monogénique et polygénique. Des données récentes (Ayme et al. 2006b) montrent qu'un gène majeur (résistance monogénique) facilement contournable voit sa durabilité fortement augmentée lorsqu'il est introgressé dans un fond génétique partiellement résistant (résistance polygénique). Ainsi, des gènes de résistance à effets faibles (QTL dits « mineurs ») interviendraient en contre sélectionnant les mutants virulents vis-à-vis du gène majeur. L'expérimentation montre aussi que si des variants virulents vis-à-vis d'un gène majeur ont été présélectionnés lors de l'utilisation d'une variété à résistance monogénique, ceux-ci s'adaptent ensuite plus facilement à la résistance polygénique et acquièrent des mutations supplémentaires. En terme de stratégie de sélection, il apparaît nécessaire de sélectionner directement les combinaisons de gènes pertinentes, car leur exploitation progressive compromettra la durabilité des futurs cultivars.

L'analyse des mécanismes d'évolution des populations de bioagresseurs et de l'impact des gènes de résistance de l'hôte sur cette évolution délivre déjà des critères utiles pour la sélection de variétés à résistance durable. L'approche permet aussi de proposer des paramètres en vue de modéliser l'apparition de variants virulents, puis leur dispersion à différentes échelles. Les modèles ont pour objectif de simuler des scénarios d'évolution des populations de bioagresseurs en réponse à différents modes de gestion des gènes de résistance et de pratiques culturales.

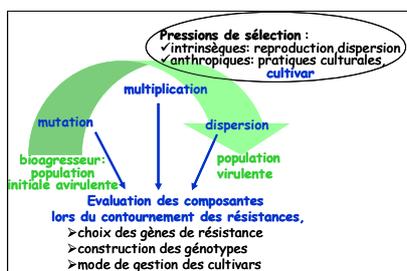


Figure : Scénario du contournement d'une résistance et composantes exploitables pour l'amélioration de la durabilité des résistances.

≡ Durability of disease resistance in plants : new criteria for breeding programs ?

Resistance breakdown by plant pathogen populations is the main limitation to the success of resistant cultivars. The plant pathogen evolution in response to the cultivation of resistant plants has been dissected into elementary components (mutation - multiplication - dispersion) that provided new criteria to evaluate a priori the relative durability of distinct resistance genes, gene combination and management practices. However, this requires a detailed knowledge of the genetic control of pathogenicity and of the dynamics of plant pathogen populations. This approach is also useful to construct models that will assist the breeder in cultivar selection and the agronomist in management practices.

Ayme et al. 2006a, *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 19 : 557-563. / Ayme et al. 2006b, *PHM-revue horticole*, 484 : 31-35.
 Harrison B.D. 2002, *Euphytica* 124 : 181-192.
 Leach et al. 2001, *Annu.Rev.Phytopathol.* 39 : 187-224.
 Lecoq et al. 2004, *Virus Research* 100 : 31-39.
 Parlevliet J.E. 2002, *Euphytica* 124 : 147-156



COMMUNICATION ORALE

✓ Diversité biologique au sein des systèmes cultivés bananiers aux Antilles et contrôle des bioagresseurs.

JACKY GANRY

Directeur-Adjoint du Cirad-flhor Chargé des Affaires Scientifiques CIRAD-FLHOR TA 50/PS4
Boulevard de la Lironde - 34398 MONTPELLIER Cedex 5

Enjeux

Les Antilles françaises sont dominées par deux grandes productions végétales : la banane et la canne à sucre. La banane est traditionnellement une monoculture monovariétale soumise à une très forte pression parasitaire. La canne à sucre est également en général une monoculture dont la diversité variétale est bien adaptée aux conditions antillaises avec une faible pression parasitaire.

La forte pression parasitaire sur bananier est due à plusieurs bio-agresseurs dont trois majeurs : *Mycosphaerella musicola*, agent fongique responsable de la maladie de Sigatoka ; *Radopholus similis*, nématode, agent causal de nécroses racinaires et bulbaires ; *Cosmopolites sordidus*, insecte « foreur » dont la larve cause des dégâts importants sur les bulbes des bananiers (galeries).

A une telle pression parasitaire est associée une forte charge phytosanitaire du fait du recours important à des pesticides, ce qui se traduit par une charge polluante relativement importante au niveau des sols et des eaux.

Les Antilles Françaises représentent un contexte tout à fait particulier par rapport à d'autres zones continentales européennes car il s'agit de milieux insulaires, avec composantes terrestres et marines, en zones tropicales, avec des cycles biologiques et physico-chimiques accélérés, fortement anthropisées, avec des risques de conflits sociétaux, alors qu'une production intensive de bananes apparaît incontournable pour maintenir un ancrage économique et social dans ces îles.

De ce fait, des alternatives doivent être recherchées en terme d'agriculture raisonnée et de gestion des milieux cultivés permettant de tendre vers une production bananière économiquement rentable, socialement utile et environnementalement acceptable.

Etat des lieux

Face à cette pression phytosanitaire dommageable pour l'environnement, se sont développées depuis les dernières années des pratiques d'agriculture raisonnée permettant de réduire les quantités de pesticides appliquées, en donnant de ce fait une meilleure image « commerciale » à la banane, tout en évitant une augmentation des coûts de production. La mise en oeuvre de telles pratiques a permis dès à présent de réduire de 50 % en 8 ans l'utilisation des nématicides et insecticides en Martinique avec des résultats sensiblement similaires en Guadeloupe.

Evolutions en cours

Une nouvelle étape apparaît indispensable pour tendre vers une production sans pratiquement plus de pesticides.

La voie préconisée est celle d'une production intégrée, impliquant en particulier la transition d'une monoculture mono-variétale vers des systèmes diversifiés.

Pour le parasitisme tellurique (nématodes), des pratiques de jachères ou de rotations culturales assurent une rupture du cycle parasitaire et une restauration de la fertilité du sol. De telles pratiques ont un double effet potentiel : une limitation de la charge phytosanitaire au niveau de la parcelle, du fait de la réduction de la contrainte parasitaire ; une réduction de la charge polluante au niveau du bassin versant du fait de « l'innocuité environnementale » des parcelles en jachère ou en rotation culturale avec des cultures à faible niveau d'intrants pesticides (canne à sucre par exemple).

Une meilleure gestion de la diversité des peuplements végétaux est recherchée pour limiter l'impact des Cercosporioses. Un dosage judicieux de variétés résistantes au sein de populations de variétés sensibles permet d'abaisser la pression parasitaire globale tout en réduisant les risques de contournement par le champignon de la résistance acquise chez les variétés résistantes. Les obtentions variétales en cours d'acquisition ouvrent des voies très prometteuses à de nouvelles pratiques agricoles basées sur un accroissement de la diversité végétale intraspécifique permettant de concilier au mieux une gestion intégrée de la lutte contre les Cercosporioses et le respect des contraintes environnementales et sociétales.

Durant la période de jachère l'introduction de plantes de service constitue une voie très efficace pour limiter le développement de plantes adventices indésirables. Il importe de s'assurer du caractère non hôte pour les nématodes des plantes de service ainsi introduites. Le maintien de ces plantes de service, comme population végétale vivante ou sous forme de mulch, permet de s'affranchir du problème des adventices durant la période d'installation de la culture du bananier. En cours de végétation, il apparaît possible d'avoir recours à la pratique d'une culture dérobée de plantes de service ombrophiles, moyennant un agencement spatial adapté des populations de bananiers et une gestion appropriée des résidus de culture.

Perspectives

Ainsi, une modification des pratiques culturales dans le système de production bananière permet d'accroître la diversité spécifique des peuplements végétaux au sein de l'écosystème cultivé, de réduire ainsi la pression parasitaire et, par voie de conséquence, les charges phytosanitaires et polluantes. Il en résulte des perspectives de meilleure cohabitation entre zones habitées, cultivées et protégées, une préservation des captages d'eau potable et in fine une augmentation de la durabilité de l'activité agricole due elle-même à un renforcement de la durabilité des résistances variétales, du cycle d'utilisation des fongicides, et surtout des systèmes cultivés. Il s'agit d'une évolution positive où l'agriculteur, la nature et le citoyen sont tous bénéficiaires. Cet accroissement de la diversité spécifique au sein des systèmes bananiers s'accompagne de facto d'un accroissement de la diversité des productions locales, ce qui constitue une stratégie anti-risque pour les agriculteurs en favorisant le développement de productions agricoles pour le marché local, mais également les marchés régionaux et à l'export. L'accroissement de la diversité variétale au sein du système bananier entraîne également un accroissement de la diversité des bananes proposées aux consommateurs. Ainsi, à une diversification du produit par l'origine et les pratiques (agriculture raisonnée) s'ajoute une diversification en termes de qualité du produit liée aux nouvelles variétés introduites ? Ainsi s'ouvrent des pistes pour une meilleure compétitivité du produit sur le marché européen, à condition qu'il y ait un accompagnement de la qualité jusqu'au consommateur.

≡ *Biological diversity and Pests & diseases control in banana crop systems in the French West Indies.*

Banana is a major crop in the French West Indies, where it is subjected to strong parasite pressure resulting in pesticide pollution. An increase in plant population diversity in the cultivated ecosystem is generated by changing cultural practices. This results in a decrease in parasite pressure and hence a decrease in pollutant pesticide loads. Agricultural sustainability is therefore reinforced for better coexistence of populated, cultivated and protected areas.



COMMUNICATION ORALE

✓ Indicateurs biologiques de la santé des sols et gestion du risque.

¹CELINE JANVIER, ²FRANÇOIS VILLENEUVE

¹Ctifl - Centre de Carquefou - ZI Belle Etoile - 35, allée des sapins - 44470 CARQUEFOU

²Ctifl - Centre de Lanxade - 24130 LA FORCE

Oratrice : CELINE JANVIER

La santé des sols

Le sol est une ressource fondamentale pour la majorité des cultures. C'est non seulement un support, mais aussi une source de nutriments, d'éléments essentiels... Le terme qualité des sols décrit cette capacité d'un sol à fonctionner comme un système vivant, dans le cadre d'un écosystème et d'un système d'exploitation donnés, pour soutenir la productivité biologique, maintenir la qualité de l'air et de l'eau et promouvoir la santé des plantes, des animaux et des humains (Doran *et al.*, 1996). Plus simplement, cela peut se traduire par "comment un sol fait bien ce qu'on en attend". Concernant l'aspect phytosanitaire, on peut aussi parler de santé des sols. Les agents pathogènes et les ravageurs telluriques sont des menaces pour les cultures. Il est donc important de connaître des indicateurs de la qualité des sols. Ceux-ci peuvent alors renseigner sur l'état du sol, et servir d'outils pour adapter les conduites à tenir. De tels indicateurs existent pour l'eau et l'air, avec des méthodes de mesures et des normes. Pour les sols, du fait de la complexité du milieu et de la diversité des objectifs recherchés, la définition et la mesure d'indicateurs est plus problématique.

Les indicateurs

Un indicateur peut être défini comme une variable qui fournit des informations sur d'autres variables difficiles d'accès, et qui peut être utilisée comme référence pour prendre une décision (Gras *et al.*, 1989). Ainsi, un indicateur a une fonction informative (sur le système = sur l'état de santé/la qualité du sol) et une fonction vis-à-vis de la prise de décision (pour parvenir à un objectif). Un indicateur peut provenir d'une série de mesures, d'indices calculés ou peut être basé sur des systèmes experts (Girardin *et al.*, 1999). Il existe déjà un certain nombre de paramètres qui sont utilisés comme indicateurs de la qualité des sols. Ainsi, pour ce qui concerne les caractéristiques physiques, la densité apparente, la profondeur d'enracinement et des mesures liées à la rétention ou à l'infiltration d'eau peuvent être utilisées. Le pH, la conductivité électrique, la capacité d'échange cationique et les teneurs en ions, matière organique, azote ou autres éléments minéraux, sont des mesures chimiques qui servent aussi d'indicateurs. Toutes ces mesures peuvent être réalisées assez facilement, voire en routine, sur la parcelle ou dans des laboratoires spécialisés. Pour les caractéristiques biologiques, on ne dispose pas encore de telles variables. Cependant, un certain nombre de travaux a déjà été mené afin de définir des indicateurs biologiques.

Qu'est ce qu'un bon indicateur ?

Un indicateur, et notamment un indicateur biologique, doit répondre à plusieurs critères. Il doit être sensible aux variations d'itinéraires techniques et de conditions environnementales, à une échelle de temps et d'espace appropriée. Il doit, si possible, être explicatif, afin de pouvoir servir d'outil d'aide à la décision. Il doit être compréhensible et utilisable par les acteurs de terrain. Et enfin, il doit (devrait) être facilement mesurable, et peu cher. L'indicateur unique et idéal n'existe pas. En général, on se base plutôt sur un ensemble de plusieurs indicateurs, pour décrire au mieux un système.

L'existant

Une contrainte forte des mesures biologiques est que le plus souvent elles doivent être réalisées sur des échantillons frais. Si les mesures ne peuvent pas être réalisées sur la parcelle, après le prélèvement, les échantillons doivent être conservés au frais et analysés rapidement. Enfin, certaines caractéristiques, notamment les paramètres microbiens, peuvent varier fortement d'une saison à l'autre et d'une zone de la parcelle à l'autre. L'échantillonnage, que ce soit en termes de temps ou d'espace, doit donc être bien réfléchi pour que les mesures soient représentatives. Ces mesures de caractéristiques biologiques deviennent rapidement très lourdes à mettre en œuvre. Cependant, il existe déjà des paramètres qui sont considérés comme des indicateurs. Ils sont le plus souvent appréhendés sous plusieurs angles : richesse/densité, diversité, activité et structure.

D'un point de vue macroscopique, les vers de terre ont souvent été présentés comme de bons indicateurs de la qualité des sols. Ils jouent un rôle important dans de nombreux sols et leur taille et leur mobilité fait qu'ils intègrent les caractéristiques du sol à une échelle assez grande. De plus, ils peuvent être étudiés à différents niveaux d'organisation, de l'individu d'espèce déterminée à l'ensemble de la communauté.

D'autres organismes ont aussi été utilisés comme indicateurs : certains genres d'insectes, les acariens prédateurs, les nématodes... En général, ils sont plutôt utilisés dans des approches "écologiques" de la qualité des sols.

A l'échelle microscopique, les micro-organismes sont impliqués dans toutes les grandes fonctions assurées par le sol, et sont sensibles aux variations de milieu. Ils sont donc une source potentielle d'indicateurs.

La biomasse microbienne a été proposée comme indicateur par Jenkinson dès 1966. Elle a souvent été utilisée comme unique paramètre biologique dans les études sur la qualité des sols. C'est une mesure globale, qui prend en compte tous les micro-organismes du sol. Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la biomasse microbienne. Un sol ayant une biomasse microbienne importante est souvent considéré comme un sol de bonne qualité. Cependant, la relation "biomasse microbienne/qualité des sols" n'est pas toujours vérifiée.

La densité en micro-organismes peut aussi être mesurée de façon plus ciblée. Ainsi, il est possible d'évaluer les densités de champignons et de bactéries séparément. Les champignons mycorhiziens sont aussi évalués, au travers de tests biologiques. En effet, il est reconnu que les mycorhizes ont un rôle bénéfique sur la santé des plantes, via plusieurs mécanismes (amélioration de la nutrition, capacité antagoniste contre les agents pathogènes...). Une autre possibilité, qui se rapproche alors d'une mesure d'une activité potentielle, est de cibler les genres capables de réaliser une fonction précise, par exemple, les bactéries dénitrifiantes.

Concernant l'activité des micro-organismes, elle peut être mesurée de façon globale (respiration, activités enzymatiques...), ou bien en ciblant sur certaines activités en particulier, pouvant avoir un intérêt direct pour la santé des sols (par exemple, la production d'antibiotiques). L'activité des communautés microbiennes est souvent mesurée via des techniques biochimiques.

Le futur (plus ou moins proche)

Parmi les méthodes citées précédemment, concernant les microorganismes, très peu (aucune ?) sont utilisables en routine, et il n'existe pour l'instant que très peu de laboratoires prestataires équipés (essentiellement biomasse microbienne).

Les développements actuels dans la recherche d'indicateurs biologiques se tournent surtout vers les méthodes moléculaires. Ces méthodes permettent d'avoir accès à une plus grande part de la diversité des microorganismes. En effet, il n'est plus nécessaire de passer par une phase de culture. De plus, la biologie moléculaire ouvre des voies en matière d'utilisation en routine sur des grandes tailles d'échantillons, et de miniaturisation. Les méthodes moléculaires peuvent cibler aussi bien les communautés totales, que certaines populations, ou des espèces bien précises, en fonction de la cible utilisée.

Quelques résultats

Les indicateurs biologiques, notamment microbiens, sont encore très peu utilisés sur le terrain. Cependant, des expérimentations existent, prenant en compte la composante phytosanitaire de la qualité des sols, avec en plus du suivi des micro-organismes un suivi de maladies. Quelques exemples existent sur cultures légumières. Des liens ont été mis en évidence entre une augmentation

de la biomasse microbienne, notamment après un apport organique, et une diminution des attaques de fusariose sur asperge (Hamel *et al.*, 2005) ou d'*Aphanomyces euteiches* sur haricot (Oyarzun *et al.*, 1998). Une augmentation de l'activité microbienne, mesurée par la méthode de respiration, a été associée à une diminution de l'incidence ou de la sévérité d'*A. euteiches* sur haricot et *R. solani* sur salade (Kotsou *et al.*, 2004), suite à des apports d'amendements.

Cependant, ce type d'études, avec une approche globale, reste assez rare. Un travail a été mis en place au Ctifl. Il a permis de montrer que suite à une biodésinfection dans une parcelle, les densités de micro-organismes cultivables et la biomasse microbienne ont augmenté. La structure des communautés fongiques et bactériennes a aussi été fortement modifiée. Pour ce qui concerne l'aspect phytosanitaire, ces sols se sont aussi révélés moins sensibles aux fontes de semis dues à *R. solani* sur plantules de carotte, en conditions contrôlées. Au champ, la biodésinfection semble diminuer les attaques de *Pythium* spp. A partir de cette situation, il va être possible d'"extraire" des indicateurs. Un travail est déjà en cours sur l'identification d'une population fongique associée à la biodésinfection, potentiellement indicatrice.

≡ **Biological indicators of soil health/quality.**

*Soil health/quality is quite difficult to define. It can be sum up as "how well a soil does what we want it to do". However, it is very hard to measure it, particularly when dealing with biological attributes. There is a need for indicators, to evaluate soil health, and to serve as decision making tool. Such indicators might be based on macroorganisms, such as eartworms or insects. However, microorganisms, and microbial communities, are also very interesting as a source of indicators. They can be assessed in terms of density, diversity, activity and structure. Microbial biomass is the most ancient biological indicator. However, the relation with soil health is not always obvious. Global or more specific activities can also be measured. But these methods are not yet available for routine use. Future developments are mostly turned towards molecular biology, with emphasize on possibilities of working with high numbers of samples and miniaturization. A study with a global approach has been conducted at the Ctifl. Many physico-chemical and biological parameters were assessed, together with soil health. It showed that following biofumigation in a plot, microbial biomass (but not activity) increased, and microbial community structure were modified, linked to a decreased receptivity to *R. solani* damping-off of carrots. Studies are on the way to determine which parameters could be used as indicators.*



COMMUNICATION ORALE

✓ Quel paysage au service de la protection biologique des cultures légumières ?

¹MAARTEN VAN HELDEN, ²GUILLAUME PAIN

¹UMR INRA/ENITA - Santé Végétale 1065. ENITA Bordeaux - CS 40201 - 33175 GRADIGNAN

²Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers - B.P. 30748 - 49007 ANGERS Cedex 01

Orateur : MAARTEN VAN HELDEN

Introduction

Dans leur récente synthèse sur l'évolution de la protection des cultures depuis près d'un siècle, Ferron et Deguine (2005) exposent comment nous sommes passés d'une lutte chimique «aveugle» à la protection (voire production) intégrée des cultures. Cette évolution nous a fait passer d'une volonté d'éradication des bio-agresseurs à une volonté de maintien de ceux-ci à des niveaux acceptables.

Ceci se traduit par une évolution de la prise en compte de l'environnement des parcelles dans la définition des stratégies de protection des cultures. Ceci se développe de plus en plus dans des systèmes de production de plantes pérennes (vigne, verger) mais peu en grandes cultures ou cultures légumières de plein champ. La production légumière de plein champ est une filière caractérisée par des cultures très diversifiées, cultivées en monoculture intensive sur des cycles courts, et des rotations de cultures.

La logique en protection intégrée est de gérer un agrosystème complexe intégrant des surfaces de production *sensu stricto*, des bordures de champ, mais aussi tout un paysage qui les englobe.

Dans ce papier, nous présentons les principes et hypothèses écologiques pouvant aider au développement de la lutte (ou plutôt protection) biologique par conservation en général, puis nous présentons quelques résultats scientifiques permettant d'identifier des pistes de réflexion qui nous semblent intéressantes pour la gestion et l'aménagement de l'agrosystème à différentes échelles.

Comment contrôler les effectifs des populations de bio-agresseurs ?

Pour les cultures légumières il semble illusoire de vouloir cibler un aménagement paysager sur la « lutte » contre un ravageur précis, les cultures changent chaque année et les ravageurs sont souvent polyphages. Pour pouvoir espérer une régulation efficace des bio-agresseurs une combinaison de différentes mesures, chacune à effet partiel, donnera le plus de chance de succès. Pour le « ravageur potentiel » il convient :

- d'éloigner les ravageurs dans le temps et dans l'espace (rotation, isolement de parcelles),
- d'essayer freiner leur reproduction dans la parcelle (cultures associées, plantes résistants).

Simultanément il faudrait stimuler la présence des ennemis naturels, et cela avant que les ravageurs commencent à se développer. A ce sujet deux types de 'zones écologiques réservoirs' (ZER) semblent importants :

- Création ou sauvegarde des *habitats d'hivernation* (autour des parcelles) permettant aux auxiliaires de se maintenir « hors saison » à proximité des parcelles (ou ils ne peuvent pas hiverner) et peuvent fournir des ressources alimentaires en été. Les sites d'hivernation sont principalement des couverts végétaux pérennes, comme des « massifs » d'essences ligneuses (forêts, bosquets, haies).
- De fournir des *ressources alimentaires* (pollen, nectar, proies) à l'intérieur des parcelles qui attirent les auxiliaires, et augmentent leur capacité de déplacement, de recherche de proies et de reproduction.

Quelles données existent ?

Il n'y a pas d'indications très précises sur la composition, la forme (haie, bande enherbée), la surface nécessaire et l'organisation spatiale des ZER. Les quelques publications scientifiques présentant des travaux concernant les cultures annuelles montrent toutefois des tendances :

- Le niveau des immigrations des insectes « ravageurs » (inoculum primaire) semblent peu influencé par la présence de ZER autour de la parcelle, même si elles contiennent des sites/plantes d'hivernation des ravageurs.
- Le développement des « ravageurs » au sein de la parcelle ne sera pas freiné directement par une biodiversité végétale, sauf s'il s'agit d'une quantité importante de plantes non-hôte (cas des cultures associées : ressource concentration hypothesis).

- La présence de ZER sous forme de massifs de plantes ligneuses (forêts, bosquets) est souvent négativement corrélée avec le nombre des insectes ravageurs dans la culture. On suppose un rôle des ennemis naturels en provenance de ces ZER.
- Ces « ZER ligneuses » semblent plus efficaces quand elles rentrent en contact direct avec les parcelles :
 - Plusieurs petits îlots (stepping stones) peuvent être plus imbriqués dans une mosaïque qu'une seule grande forêt.
 - Des haies sont parfois des vrais sites d'hivernation des auxiliaires, parfois elles jouent le rôle des voies de migration des auxiliaires à partir des forêts source (connectivité).
- Les corrélations entre « paysage » et pression de ravageurs sont les plus fortes quand on prend en compte le paysage dans un rayon de plusieurs centaines de mètres ou même quelques kilomètres autour de la parcelle.
- La présence d'une diversité botanique accrue au sein de la parcelle, que ce soit sous forme de cultures associées, de bandes enherbées ou de couverture du sol, est toujours bénéfique aux insectes auxiliaires, comme source de nourriture (pollen, nectar, proies) ou comme « abris » (natural enemy hypothesis).
- Il est important d'éviter dans cette biodiversité botanique proche de la parcelle des plantes bénéfiques aux ravageurs (exemple : chardons pour les papillons piérides, culture associée de deux plantes hôtes).

Quelles propositions pour la gestion de l'agrosystème ?

Compte tenu de la structure parcellaire des systèmes en production légumière il semble difficile de préconiser l'établissement d'aménagements pérennes en bordure de parcelle, comme des haies. Un Agro-paysage « légumier » « optimal » devrait contenir une quantité raisonnable de zones boisées sous forme de petits bosquets ou haies (minimum 5 %, optimum >20 % de la surface totale). Une organisation spatiale idéale serait alors composée d'îlots de production entourés de haies ou de bosquets, et contenant des parcelles plutôt longues et étroites que « carrées », entrecoupées de bandes herbacées. Mais, dans la pratique on observe une tendance à l'agrandissement des systèmes de production qui va très clairement à l'encontre de ces principes écologiques.

Il peut toutefois être possible d'augmenter l'hétérogénéité de l'espace agricole aux niveaux intraparcélaire (cultures associées, implantation de bandes « enherbées ») et interparcélaire (variétés des rotations, des assolements et répartition non homogène des cultures).

Par exemple, des zones de végétation herbacées permanentes dans les parcelles, gérées de façon « extensive » (beetle banks plutôt que bandes annuelles de fleurs) augmenteront considérablement l'hétérogénéité pour favoriser la biodiversité générale et, on le suppose, diminuer les risques de pullulation des bio-agresseurs.

A l'échelle du paysage, les espaces interstitiels (bord d'îlot, bord de route, talus, chemins...), situés entre les surfaces de production *sensu stricto* peuvent également jouer un rôle non négligeable pour favoriser la biodiversité. De plus, un aménagement de ces espaces peut avoir d'autres effets positifs comme la diminution de la dérive des produits phytosanitaires, du ruissellement et de l'érosion, l'amélioration du cadre de vie.

≡ Farmscaping as a pest management tool in vegetable production ?

The purpose of Integrated Pest Management is to maximise conservation biocontrol through optimisation of farmscaping practices. Vegetable growing, an agro-system involving intensive monoculture of annual crops, is often attacked by polycyclic and polyphagous arthropods. In order to reduce their impact on the crop, the immigration and reproduction of pests should be reduced and the presence of their natural enemies encouraged. Landscape features seem of little direct impact on pest insects, but natural enemies can be favoured by maintaining or installing overwintering habitats (mainly forest fragments) and by using semi-permanent herbaceous strips that provide alternative food sources to diversify (crop) habitats. "Optimal" spatial organisation should consist of production areas including several forest fragments, as well as herbaceous strips crossing individual plots. Non-productive "leftover" fragments (roads, banks, slopes) could easily be managed as ecological compensations areas. Farmscaping should also take into account other possible functions of such elements such as the reduction of pesticide drift and erosion, or even personal appreciation of the landscape.



COMMUNICATION ORALE

✓ La lutte biologique par conservation des Névroptères (Chrysopes et Hémérobès).

JOHANNA VILLENAVE, ELIZABETH RAT-MORRIS

I.N.H - Unité de Protection des Plantes - 2, rue Le Nôtre - 49045 Angers

Oratrice : JOHANNA VILLENAVE

Les problématiques de l'étude entrent dans le cadre de la lutte biologique par conservation. Cette méthode de protection des cultures implique l'utilisation de tactiques et d'approches incluant la gestion des habitats et donc de l'environnement des ennemis naturels pour augmenter leur survie, et/ou augmenter leurs performances physiologiques et comportementales, afin d'augmenter leur efficacité (Barbosa, 1998). Il s'agit donc de modifier l'environnement pour le protéger et l'enrichir en ennemis naturels.

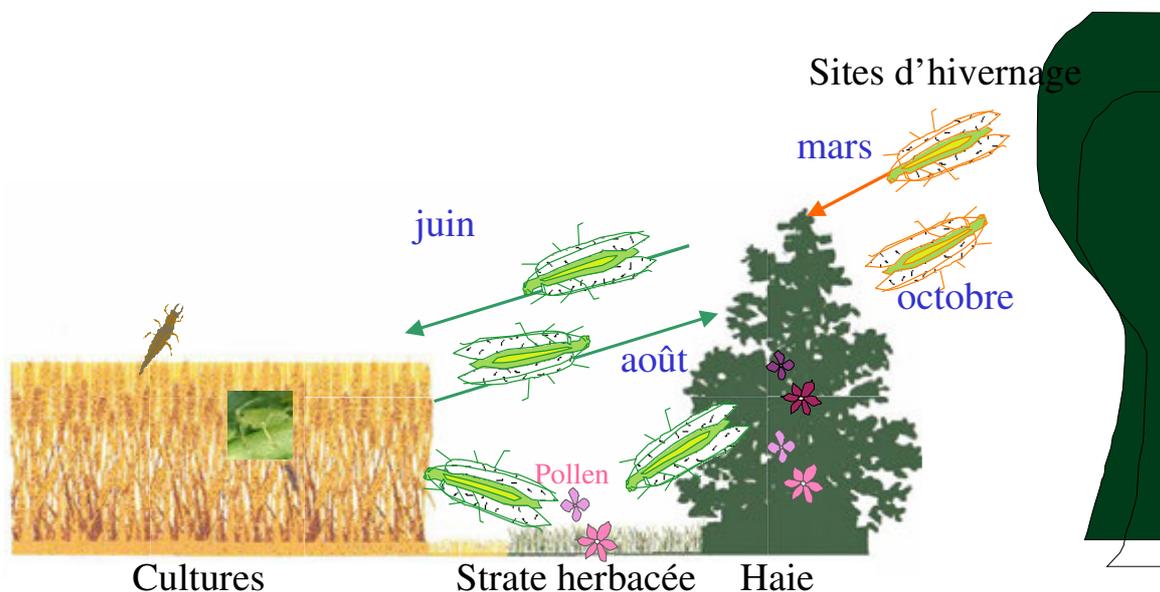
Le paysage agricole peut être considéré comme une mosaïque de patches d'habitats que peuvent être la végétation environnante et les cultures avec des sources spatio-temporelles de refuge et d'alimentation. La stratégie des insectes se traduit alors par un comportement de nomadisme entre les patches, avec des vols de dispersion et de migration, pour échapper aux conditions défavorables que constituent les cultures annuelles en tant qu'habitats temporaires (Ronce et Kirkpatrick, 2001). La végétation autour des cultures peut constituer des zones refuges servant de sites d'hivernage ou d'oviposition pour les insectes bénéfiques, et donc des sites sources ou réservoirs (Thies et Tschardt, 1999 ; Nicholls et Altieri, 2002).

Notre étude s'est axée plus particulièrement sur deux familles de Névroptères : Chrysopidae et Hemerobiidae. En effet, ces insectes sont des prédateurs polyphages, intéressants en lutte biologique (New, 1975, 1999). Si les Chrysopes sont déjà connues et préconisées en Protection Biologique Intégrée (PBI), ce n'est pas le cas pour les Hémérobès. Ce sont des insectes plus discrets, de couleur brune et difficiles à observer car ils se laissent tomber au moindre choc par thanatose. Par ailleurs, la bio-écologie des Névroptères peut être complexe, surtout pour les Chrysopes, qui peuvent changer d'habitats et de type d'alimentation au cours de leur vie. Peu de travaux ont porté sur leurs exigences écologiques (Bozsik, 1994). Les larves du genre *Chrysoperla* sont entomophages, tandis que les adultes sont glycopalynophages (Bozsik, 1992). Ainsi, les adultes se déplacent continuellement entre les sites de reproduction (cultures) et d'alimentation (environnement proche) ou les sites de repos (strate arborescente ou arbustive).

Afin de connaître précisément ces déplacements, des études ont été réalisées sur les activités de vol de deux espèces du complexe *Chrysoperla carnea* : *Chrysoperla affinis* et *C. lucasina*, espèces communes dans les agroécosystèmes bocagers de l'Ouest de la France. Pour décrire et analyser les différents types de vols pouvant exister chez ces deux espèces jumelles, différentes méthodes ont été utilisées. Nous avons réalisé des inventaires sur cultures, végétation herbacée, arbustes et arbres et une analyse du contenu du tube digestif des adultes collectés pour étudier les déplacements entre les *patches* d'un agroécosystème de cultures de choux. Des collectes par un piège à succion de 12 m de hauteur ont permis de repérer les vols de dispersion et de migration, l'analyse de la maturité reproductive des femelles collectées par ce piège, permettant de préciser le statut physiologique des femelles en dispersion. Nos résultats ont montré que les adultes ont plusieurs types de déplacements : (i) des vols de dispersion et de migration sur de longues distances avec des vols de plus de 7 m de hauteur et (ii) des déplacements de faible distance dans les agroécosystèmes étudiés, entre les sites sources que sont la végétation environnante (arbres, arbustes, plantes herbacées) et les sites puits que sont les cultures annuelles. Ces vols de faible distance peuvent avoir lieu toute l'année, même en hiver. D'après nos résultats, les adultes hivernants sont seulement en diapause reproductive et peuvent donc avoir une activité (alimentation et déplacements entre les sites d'hivernage). Ainsi les espèces jumelles du complexe *Chrysoperla carnea* peuvent adopter une stratégie de déplacement de faible distance si les

agroécosystèmes apportent refuges hivernaux et alimentation (pollen et miellat), grâce à une végétation environnante diversifiée, pouvant par exemple fleurir toute l'année.

Nos résultats permettent de proposer des aménagements de l'environnement proche des cultures par l'apport d'habitats pour attirer et maintenir les Névroptères dans les agroécosystèmes comprenant des cultures de choux sous-abri.



≡ Conservation biological control of Neuroptera (Green and brown lacewings).

Hedges and herbaceous plants increase the biodiversity in the agroecosystems. Surveys in western France showed they can shelter spontaneous auxiliaries such as Neuroptera: chrysopids and hemerobiids. In order to attract and to maintain them in field crops and surrounding environment, studies of habitat type of the dominant species *Chrysoperla affinis*, *C. lucasina*, *Micromus angulatus* and *M. variegatus*, through gut analysis were carried out along with their flight activity between these shelter areas.



COMMUNICATION ORALE

✓ Le diagnostic des maladies des légumes : une expertise complexe en voie de disparition.

DOMINIQUE BLANCARD, SOPHIE CHAMONT, JEAN-MARC ARMAND

UMR Santé Végétale INRA/ENITAB - B.P. 81 - 33883 VILLENAVE D'ORNON Cedex

Orateur : DOMINIQUE BLANCARD

Introduction

Malgré les progrès des connaissances et des techniques, les maladies des plantes, qu'elles aient une origine biotique ou abiotique, constituent encore une menace permanente pour les cultures légumières et entraînent des pertes importantes lorsqu'elles ne sont pas bien identifiées et ensuite maîtrisées. Leur diagnostic représente toujours une étape essentielle dans la gestion des maladies, c'est un préalable indispensable dont dépendra la pertinence de la ou des méthodes de lutte mises en oeuvre pour les combattre.

Avec l'essor des nouvelles technologies, qu'elles soient informatiques ou moléculaires, sont apparus des outils spécifiques de détection ou d'identification des agents pathogènes. En contrepartie, la difficulté que représente un diagnostic de terrain a progressivement été oubliée. Il convient de rappeler ce qu'est le diagnostic de terrain, considéré comme un art ou une science par certains ou assimilé maintenant à de la détection par d'autres. C'est un acte complexe qui nécessite une solide formation, une longue expérience et beaucoup d'humilité.

Le diagnostic et ses multiples facettes

Par définition, le diagnostic désigne l'action ou l'art de reconnaître les maladies par leurs symptômes. Cette définition est très restrictive au regard des connaissances nécessaires et des différentes activités qui lui sont associées dans le milieu de la phytoprotection. Actuellement, sous ce vocable, on désigne aussi bien le **diagnostic horizontal ou généraliste**, correspondant à l'identification de la cause d'une maladie sur le terrain et le **diagnostic vertical ou spécifique**, conduisant à la détection ou à l'identification d'un agent pathogène donné. Il convient d'être conscient que ces deux grands types de diagnostic n'ont pas les mêmes objectifs et ne nécessitent pas des mêmes compétences

Le diagnostic de terrain : des connaissances, une démarche, des réflexes...

Pour identifier une maladie sur le terrain, le praticien doit disposer de nombreuses **connaissances** touchant à des disciplines bien différentes. L'étendue de ce domaine de compétences est justifiée par le grand nombre et la diversité des causes de maladies biotiques et abiotiques, en particulier chez les cultures légumières.

Un bon praticien doit connaître l'ensemble des **symptômes** et des **signes** provoqués par les maladies. Son expertise ne se borne pas là, certains éléments liés à la *biologie des agents pathogènes* (mode de dissémination et nature du vecteur, conditions climatiques favorables...) lui permettent de préciser la nature exacte du **contexte pathologique**. Ce dernier, peut s'avérer insuffisant notamment dans le cadre d'une maladie non parasitaire. Grâce à de nombreuses observations et à des questions judicieuses, il va pouvoir définir le **contexte culturel** de la maladie. En fait, le diagnosticien est un véritable détective, utilisant une procédure construite à partir de son expérience et surtout de sa pratique du diagnostic. Celle-ci est constituée d'une **séquence d'observations progressives** des différents organes des plantes malades, de **questions** ayant surtout pour objectifs de préciser le contexte culturel et de réflexions permettant de faire le **tri des causes hypothétiques** et de les hiérarchiser.

Principaux outils utilisés

Dans bon nombre de situations, des examens complémentaires sont nécessaires. C'est à cette étape du diagnostic que diverses méthodes, différents outils sont indispensables, en particulier les outils sérologiques et moléculaires. Leur fiabilité, la rapidité des réponses obtenues font merveille pour établir définitivement le diagnostic. Leur spécificité à ce niveau du diagnostic ne pose pas de problème, car de nombreuses causes de maladies ont déjà été écartées. Ils permettent juste de confirmer ou d'infirmer la présence d'un agent pathogène recherché dans les tissus altérés, comme on le ferait sur des semences ou des végétaux importés par exemple. Dans certaines situations, le diagnosticien peut être confronté à un syndrome nouveau émergent qui nécessitera une étude **étiologique plus complexe**. Rappelons que l'« internationalisation » des cultures légumières, leur diversité et le mode de production notamment sont très propices à l'émergence de nouvelles problématiques phytosanitaires.

« Plant clinics » : un modèle copié mais trop vite abandonné

En France, en même temps que l'agriculture s'est intensifiée, des structures publiques se sont plus ou moins organisées pour répondre à la demande de diagnostics de terrain, en particulier le service de la protection des végétaux (SPV) et l'INRA. En 1980, devant la réussite des « extensions services » américains (« Plant Clinics »), ces deux organismes ont associé leurs moyens pour créer les GRISP (Groupements Régionaux d'Intérêts Scientifique et Phytosanitaire). Ces structures ont assuré durant plus d'une décennie le diagnostic des problématiques phytosanitaires difficiles à identifier sur le terrain. L'évolution des missions et l'avènement des recherches plus cognitives ont conduit ces deux organismes à supprimer les GRISP en 1995. Ils sont devenus des Laboratoires Nationaux de la Protection des Végétaux (LNPV), chargés surtout de mettre au point des méthodes de détection pour les parasites de quarantaine. Autrement dit, leur mission a évolué lentement du diagnostic généraliste vers le diagnostic spécifique appliqué aux opérations de nature réglementaire du ministère de l'agriculture. Actuellement ces laboratoires sont progressivement démantelés, pour cause de centralisation des compétences et des moyens. **Qui est actuellement en mesure de répondre efficacement aux besoins en matière de diagnostic phytosanitaire en France ?**

Conclusion

Notre propos sur le diagnostic de terrain ne se veut surtout pas passéiste, mais vise à rappeler que celui-ci représente encore actuellement un acte vital pour la production et le devenir d'une culture. Cette remarque est d'autant plus fondée que l'évolution de l'agriculture vers des pratiques mieux raisonnées nécessitera de plus en plus de faire appel à un réseau d'experts généralistes et de spécialistes.

Nous sommes bien conscients de l'intérêt majeur des nouveaux outils spécifiques de diagnostic. Nous souhaitons seulement qu'ils ne monopolisent pas tous les moyens et les enjeux d'aujourd'hui et de demain. Un constat alarmant s'impose sur la pénurie actuellement et à venir de structures de diagnostic d'excellence et de diagnosticiens généralistes performants capables d'animer ces laboratoires et/ou de répondre notamment aux besoins de la profession légumière.

🍷 *Vegetable diagnosis : a forgotten art.*

Plant disease diagnosis always constitutes a key stage before the implementation of efficient control measures. With the advent of molecular biology, laboratories have started to carry out diagnoses with specific molecular tools. However, somewhat forgotten is field diagnosis. In this article, after having defined what is field diagnosis, we will detail what this approach represents in terms of knowledge and practice. We also present a short inventory of the methods and tools available to make certain diagnosis in the field. Lastly, we will highlight the development of plant health clinics in France and will review the current situation.



COMMUNICATION ORALE

✓ **Intégration des outils d'aide à la décision : risques phytosanitaires et prévisions météorologiques.**

SEBASTIEN SEROT

Ctifl, Centre de Carquefou - Allée des Sapins - ZI Belle Etoile Antarès - 44470 CARQUEFOU

La mise en œuvre d'une Protection Légumière Intégrée (PLI) nécessite une prévision des risques phytosanitaires la plus précise possible et qui tient compte, si possible, des variations parcellaires. Les premiers outils ne permettant le plus souvent de donner qu'une information valable au mieux au niveau d'une micro-région.

La création de modèles de prévision qui sont des outils informatisés d'estimation des risques de développement d'une maladie ou d'un ravageur, n'est pas nouvelle, mais peut aujourd'hui bénéficier des avancées technologiques. Ce type de modèle existe déjà pour un certain nombre de bio-agresseurs (mildiou de la pomme de terre, septoriose du céleri, mouche de la carotte, mouche du chou, pyrale du maïs...) et de nombreux autres projets sont en cours d'élaboration ou d'amélioration, notamment sur poireau (modèle alternaria du poireau et de la carotte, grillure estivale de l'asperge, rouille du poireau et thrips du poireau). Ces outils d'aide à la décision ont pour but de prévoir les périodes de risques et participent, dans une réflexion globale au niveau de l'exploitation, au positionnement spécifique des interventions pour maîtriser le pathogène ou le ravageur considéré.

Ces outils s'appuient sur l'acquisition de données climatiques au champ à l'aide de stations agrométéorologiques. Ces données concernent généralement les paramètres température, humidité relative, pluviométrie, humectation, acquis et moyennés soit en données horaires, soit en données journalières en fonction du modèle. Un point important dans la réussite d'une prévision est la fiabilité des données météorologiques. C'est pourquoi, le Ctifl a développé une base de données météorologiques : Celcius. Celle-ci ne représente pas seulement une base de données mais surtout un passage obligé pour fiabiliser les données qui vont alimenter les modèles de prévision des risques.

Ces paramètres climatiques sont ensuite intégrés avec des données parcellaires dans le modèle qui renvoie des informations en lien avec le stade biologique du parasite considéré provoquant des dégâts sur la culture considérée (contamination, sporulation, émergence d'un ravageur, pic de vol...). Outre l'importance de disposer de stations météorologiques le plus prêt possible des parcelles à protéger de nouveaux outils viennent apporter une plus grande précision aux conditions climatiques propres à la parcelle considérée, par exemple les radars météorologiques qui permettent de localiser les précipitations (pluie, neige, grêle) et de mesurer leur intensité en temps réel, ou certains modèles mathématiques qui donnent les températures à la parcelle.

Ces informations sont mises en forme afin de proposer à l'utilisateur (producteur, technicien...) un paramétrage et une lecture simple permettant d'appréhender le risque lié au pathogène ou ravageur sur une culture.

Enfin, l'intégration de paramètres techniques (traitements réalisés, irrigation...) permet aux modèles de prévisions une modélisation parcellaire voire intra parcellaire des phénomènes biologiques en lien avec les choix culturels des producteurs.

Présentation d'un exemple : le modèle thrips sur poireau (*Thrips tabaci*)

Ce modèle est basé sur l'intégration de température journalière lié aux différents stades de développement du thrips afin de déterminer les périodes d'émergence des adultes qui peuvent provoquer d'importants défauts visuels de présentation du poireau voire une non commercialisation du produit.

Le faible nombre d'applications insecticides autorisées met en relief l'intérêt dans le cadre de la production de poireaux de pouvoir déterminer à l'aide du modèle les périodes d'émergence afin de positionner au mieux les traitements et maximiser ainsi leurs efficacités.

Présentation de la plateforme Inoki, serveur de modèle du Ctifl et des flux d'informations

Après avoir conçu et validé un modèle, son utilisation nécessite de nombreux intervenants et fait appel à de multiples flux de données.

Cette utilisation passe par la mise en place d'une ou d'un réseau de stations météo sur le terrain pour l'acquisition de données climatiques. Les données sont acheminées via des lignes téléphoniques classiques, GSM ou par ondes radio vers un logiciel d'acquisition qui permet de les valider. Les données validées sont intégrées dans une base de données (Celsius pour le CTIFL). Parallèlement, le producteur alimente une base de données qui regroupe les informations liées à son exploitation et ses conduites culturales (parcellaire, culture, sol...). L'adhésion à un modèle met alors en relation au sein d'un Système d'Information Global la base de donnée Celsius, la base de données parcelles et le serveur de modèle sur lequel est regroupé l'ensemble des modèles en service.

L'utilisateur interagit avec le Système d'Information Global via internet à travers une plateforme qui lui propose un accès personnalisé et hiérarchisé, l'utilisation de masques de saisie afin d'alimenter la base de donnée parcelle et/ou météo et la consultation des modèles. Le SIG est également couplé à un système cartographique qui lui permet de visualiser sur une carte ses parcelles et éventuellement un niveau de risque (code couleur).

≡ *Integration of forecast models to manage pathogens and pests for vegetable culture.*

The use of forecast models to manage pathogens and pests for vegetable culture is not new. However, the technological advances in this domain confer on these tools, field and intra-field applications.

The management of the climatic data, measured by meteorological stations, their spatializing by mathematical models, as well as the integration of the producer's interventions (treatments, irrigation...) supply to the user decision support to reason treatments against considered pathogens or pests (insects) according to a risk.

We shall illustrate by means of the thrips model on leek (Thrips tabaci) the operating of the platform Inoki, Ctifl's models server, and information stream resultant of the use of the model.



COMMUNICATION ORALE

✓ De la reconnaissance à la décision : retour d'expérience bretonne sur l'agriculteur « acteur ».

JEAN-MICHEL COLLET

Ctifl / CATE - Vezendoquet - 29250 SAINT-POL-DE-LEON

Certains problèmes sanitaires, comme les pucerons de l'artichaut, se prêtent mal à des avertissements agricoles, parce que chaque parcelle est un cas particulier. Des observations sont nécessaires avant une prise de décision au cas par cas. De 2000 à 2004, une étude des rapports entre pucerons, faune auxiliaire et environnement proche des parcelles a été réalisée, avec le concours actif de groupes de producteurs. Cette étude a mis en évidence le rôle des bordures de parcelles comme sources d'auxiliaires. Il ressort également que les producteurs qui ont participé à cette action ont rapidement appris à reconnaître les principaux auxiliaires et à les intégrer dans leur prise de décision (intervenir ou pas, et comment ?).

Contexte

Les pucerons de l'artichaut, en particulier le puceron noir *Aphis fabae*, sont les principaux ravageurs de l'artichaut en Bretagne. Le puceron noir sévit surtout en mai et juin, et colonise de préférence les capitules, ce qui est commercialement préjudiciable. Les observations réalisées au CATE de 1994 à 1999 montrent qu'une faune diversifiée, comprenant des auxiliaires, peut s'installer progressivement dans les parcelles d'artichaut au cours du printemps. Les suivis de pucerons effectués par la FEREDDEC pendant cette même période donnent une image intéressante de la situation au niveau régional, mais ne permettent pas de prévoir chaque cas particulier. La difficulté vient de ce qu'il n'y a pas deux parcelles qui évoluent de la même manière, et que la répartition des pucerons sur la parcelle est aussi importante que leur nombre.

Pour couronner le tout, les traitements préventifs sont inefficaces, et il arrive que, après un traitement, les pucerons recolonisent la parcelle traitée en deux semaines.

Les essais de lutte biologique par lâchers d'auxiliaires ont eu des résultats globalement décevants parce qu'on ne maîtrisait pas les interactions complexes qui se produisent entre auxiliaires.

Cadre de l'étude

Cette étude a été faite dans le cadre d'une collaboration entre le CATE, le CTIFL, la Chambre d'Agriculture du Finistère, le SPV et la FEREDDEC Bretagne, avec le concours de 12 agriculteurs producteurs d'artichauts ; elle a été financée en partie par le Conseil Général du Finistère. Le principe était de réaliser des observations hebdomadaires dans des parcelles d'artichaut. Ces observations étaient les plus complètes possible, afin d'estimer les populations d'auxiliaires et leur évolution dans le temps.

Principaux enseignements

Sur la biologie des pucerons et des auxiliaires

Si on prend en compte les pucerons de l'artichaut et leurs ennemis naturels, on observe que les différentes espèces se succèdent dans le temps selon une séquence qui varie peu dans l'espace et se répète assez fidèlement année après année. Ce qui varie, c'est la quantité de pucerons ou d'auxiliaires.

Les bordures de parcelles, qui sont des zones non cultivées, mais entretenues, sont des réservoirs (primaires ou secondaires) d'auxiliaires qu'il faut reconnaître et ménager.

Même si des pucerons sont présents, toutes les situations avec présence de pucerons ne sont pas des situations à risque, et on peut les reconnaître.

Sur la perception qu'en ont les producteurs

Les producteurs ont un sens de l'observation développé. Ils repèrent régulièrement les différents insectes qui peuplent leur culture. Il ne leur manque (éventuellement) que de savoir qui est ami, ennemi ou neutre.

La reconnaissance des principaux éléments de la faune doit être aidée par une information la plus visuelle possible, comme pour toute démarche d'identification.

Les indicateurs doivent être simples pour être utilisables en pratique. Répartition des pucerons, dates d'installation d'auxiliaires par exemple. Le dédrageonnage (éclaircissage généralement manuel des touffes) au printemps est un moment privilégié pour évaluer la présence des pucerons, mais aussi la fréquence des auxiliaires (parasitisme, punaises anthocorides). Courant juin, les premiers œufs de chrysopes marquent la fin des problèmes de pucerons noirs.

Le partage d'une information personnalisée, en temps réel, dans les deux sens, motive davantage le producteur qu'une information régionale et contribue à sa formation. En effet, il est plus facile pour lui, dans ces conditions, de faire la correspondance entre le message et ses propres observations. De plus, un échange régulier d'informations permet d'instaurer un climat de confiance.

Attention au vocabulaire : le mot foyer est souvent inadapté quand il s'agit de décrire des concentrations de pucerons. En effet, ce mot sous-entend que les pucerons vont se multiplier et gagner toute la parcelle, ce qui n'est pas souvent vrai.

En fin de compte, il y a peu d'auxiliaires à reconnaître, et l'agriculteur est capable de le faire.

Dédramatiser : on peut prévoir l'évolution d'une population de pucerons ou diagnostiquer un manque d'auxiliaires. Des concentrations de pucerons importantes, mais ne concernant que quelques plantes, ne constituent pas un danger pour la culture.

Succès et limites

Les producteurs formés sont autonomes. Ils utilisent des produits plus respectueux des auxiliaires et traitent moins souvent, voire plus du tout.

Des formations de petits groupes (10 à 20) comprenant des visites sur le terrain, sont tout à fait envisageables.

Mais :

Durant les années 2002 et 2003, on a diffusé des avertissements agricoles trop optimistes. Les producteurs du groupe de départ gèrent (trop) bien leurs pucerons ; ils ne sont plus représentatifs. D'où la nécessité de changer périodiquement de producteurs, pour la fiabilité des avertissements, mais aussi pour informer d'autres producteurs.

Suivant le secteur où est située l'exploitation, les réservoirs d'auxiliaires sont d'importance variable. Il est plus facile de sensibiliser et former un public d'agriculteurs dans une zone riche en auxiliaires que dans une zone pauvre.

Il n'est pas facile pour la Chambre d'Agriculture de réaliser en routine un retour d'information individuel ; cet organisme diffusera plus facilement un avertissement à valeur régionale.

✂ From recognizing to decision : an experience of the grower actor in Brittany.

It may be difficult to give adverts for some pests, like artichoke aphids, because each field is a particular case. Observations are necessary before deciding anything. From 2000 to 2004, we studied the relations between aphids, natural pest control, and the environment surrounding the field, with the active participation of groups of growers. This study showed the importance of the field boundaries in the pest control. We also observed that the growers who helped this study rapidly learned to recognize the main pest controlers and that they took them into account before deciding to do something or not.



AFFICHE

✓ Application de la PCR dans l'analyse de la qualité sanitaire des semences à la SNES.

¹RENE MATHIS, ¹LAËTITIA PORCHER, ¹CORINNE GUIMIER, ²VALERIE OLIVIER,
²LAURENT GUYOT, ²NADINE VALETTE, ²ISABELLE SERANDAT, ²MYRIAM AVRILLON,
²JOËL LECHAPPE, ²VALERIE GRIMAUULT

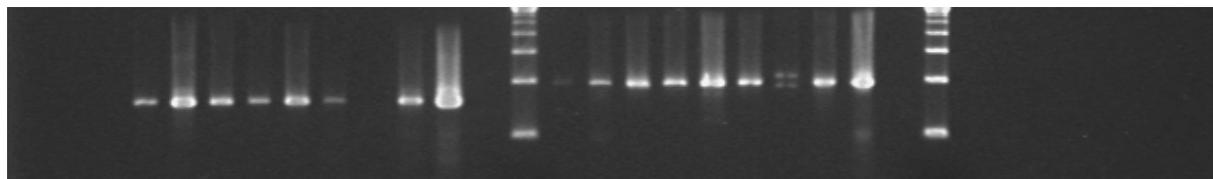
¹Laboratoire de Biologie Moléculaire - ²Laboratoire de Pathologie
Station Nationale d'Essais de Semences - GEVES - Rue Georges Morel - B.P. 90024
49071 BEAUCOUZE Cedex

Orateur : **RENE MATHIS**

L'analyse de la qualité sanitaire des lots de semences est généralement effectuée en bactériologie par des analyses microbiologiques suivies d'une identification morphologique et d'une confirmation des souches suspectes par test de pouvoir pathogène. En nématologie, seule l'identification morphologique était utilisée jusqu'à récemment. Ces techniques demandent une formation et une expérience spécifique à chaque pathogène ou parasite identifié.

Depuis quelques années la SNES a introduit la technique de PCR pour mettre au point de nouveaux protocoles d'analyses de la qualité sanitaire des semences. Ces travaux, réalisés dans le cadre de programmes propres au GEVES ou collaboratifs (Contrat Etat-Région, INRA, FNAMS, CTPS, FNPSP...), sont basés sur les données moléculaires disponibles et aboutissent à des protocoles permettant un diagnostic fiable sur la présence/absence du pathogène suspecté. Les protocoles sont ensuite testés pour leur performance et leur robustesse. Ces nouvelles méthodes peuvent s'appliquer à l'identification de pathogènes isolés ou directement à leur détection sur des échantillons de semences. Le progrès apportés en qualité d'analyse des semences porte sur la rapidité et/ou la fiabilité de la méthode. Les protocoles mis au point sont ensuite validés après étude de la reproductibilité et de la répétabilité des résultats. Cette ultime phase d'étude est réalisée selon les critères du programme de validation de méthode de l'ISTA (International Seed Testing Association) : « ISTA Method Validation for Seed Testing », qui implique, entre autre, des travaux interlaboratoires.

Certains protocoles sont déjà utilisés en routine pour l'identification des colonies suspectes pour la recherche de *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae* sur semences de carotte ou l'identification des Nématodes du genre *Ditylenchus* sur semences de Luzerne. D'autres protocoles pour la détection de pathogènes transmis par semences sont en cours de développement, des exemples et leur intérêt par rapport aux méthodes classiques seront présentés.



Résultat d'identification de différents nématodes par PCR : amplification spécifique de *Ditylenchus dipsaci* (à gauche) et amplification non spécifique (à droite)

≡ PCR application in seed health quality at the French National Seed Testing Station (SNES).

Seed health assessment is usually based on microbiological analysis, morphological identification and can be followed by pathogenicity test. These techniques are time consuming and require specific knowledge for each pathogen. This is why PCR approach is developed at SNES leading to new protocols for pathogen identification. Example of specific developments will be presented in this poster.



AFFICHE

- ✓ Evolution au sein du genre *Phytophthora* des espèces impliquées dans la maladie de la bague de la carotte. Conséquences en termes de gestion de la maladie.

¹DANIELLE BRETON, ²FRANÇOISE MONTFORT

¹SILEBAN - Route de Gatteville - 50760 BARFLEUR

²UMR-Bio3P-INRA - Centre de Rennes - Domaine de la Motte - B.P. 35327 - 35653 LE RHEU Cedex

Oratrice : DANIELLE BRETON

La Normandie est une région productrice de carotte de frais depuis plus de 60 ans. La culture est mise en place à la fin du printemps et les récoltes, très dépendantes de la demande du marché, s'échelonnent du mois d'octobre au mois d'avril de l'année suivante. Durant cette période de conservation hivernale dans le sol, des maladies peuvent affecter les racines et entraîner des pertes de rendements importantes. Parmi ces maladies, la maladie de la bague est parmi les plus préjudiciables notamment dans la zone de production de Créances (côte Ouest du Cotentin).

Historique de la maladie en France, symptomatologie et causes

La maladie de la bague est très peu répandue dans le monde ; elle a été observée pour la première fois en Tasmanie par Dowson en 1934 et attribuée à *Phytophthora megasperma*. En France, c'est dans le Nord Ouest et principalement en Normandie que cette maladie a sévit très fortement jusque la fin des années 1980 et fait l'objet d'études d'étiologie et de mise au point de méthodes de lutte. Les premiers symptômes se caractérisent par la formation d'une tache vitreuse qui, peu à peu, prend une couleur brune. Cette tache s'étend ensuite transversalement jusqu'à former un anneau, aux contours très bien délimités, autour de la racine d'où le nom de "bague". La zone malade peut progresser fortement et s'élargir alors qu'une flore secondaire principalement bactérienne envahit les tissus entraînant bien souvent une pourriture humide avec dégradation des tissus ce qui, au champ, peut aboutir à la liquéfaction de la racine et à la disparition totale de la plante. Les travaux d'étiologie ont démontré le rôle primaire d'un champignon du sol : *Phytophthora megasperma*. La recherche de solutions pour les producteurs s'est très vite orientée vers la lutte chimique et l'utilisation du métalaxyl dont l'efficacité au champ a été démontrée (Breton D. et Rouxel F., 1988) ; l'utilisation systématique de ce fongicide a permis une bonne protection contre cette maladie qui a quasiment disparu pendant une bonne dizaine d'années.

En 2002 les premiers cas de retour de la maladie de la Bague sont signalés par les producteurs et depuis la maladie ne cesse de progresser et d'affecter significativement les rendements des parcelles où la maladie est présente.

Suivi de la maladie de la bague entre 2002 et 2006

Dès le début des premiers cas de bague en 2002, les analyses réalisées au laboratoire ont mis en évidence la présence d'une espèce de *Phytophthora* différente de l'espèce *P. megasperma*, celle-ci restant cependant présente sur certains symptômes. En 2003, des analyses ponctuelles ont confirmé ces premières observations. Un suivi sanitaire mis en place en 2004, 2005 et 2006 a permis d'analyser les symptômes de bague provenant d'environ 100 parcelles. Le pourcentage de parcelles atteintes de bague où *Phytophthora megasperma* est impliqué n'est que de 10 % alors que celui où l'autre espèce de *Phytophthora* est impliquée est de 80 % ; la présence conjointe des deux espèces est mise en évidence dans seulement 4 % des parcelles.

Caractérisation de *Phytophthora* sp (*P.sp*)

Les exigences biologiques de cette espèce nouvellement apparue dans les parcelles de carotte ont été comparées à celles de *P. megasperma*. L'étude de la croissance de plusieurs isolats de chaque espèce après 12 jours d'incubation à 20°C sur un milieu de culture, fait apparaître que *P.sp* pousse en moyenne deux fois moins vite que *P. megasperma*. Cette croissance est optimale entre 15°C et 20°C pour *P.sp* qui ne pousse plus du tout à 25°C et 30°C alors que *P. megasperma* a une croissance optimale jusqu'à 25°C et pousse encore à 30°C. Ces différences se confirment quand on étudie « in vitro » le pouvoir pathogène de différents isolats à différentes températures : *P.sp* développe un symptôme à température plutôt basse (10-15°C) alors que *P. megasperma* reproduit le symptôme de bague préférentiellement entre 20 et 25°C.

L'étude du pouvoir pathogène de *P.sp* sur une gamme d'hôtes et notamment sur les plantes de la rotation est en cours.

La sensibilité au méfénoxam, seul fongicide homologué, a été étudiée sur environ 20 isolats de *P.sp* et sur quelques isolats de *P. megasperma*, en test de croissance « *in vitro* » sur un milieu additionné de différentes doses de fongicide. Il existe une variabilité de réponse selon les isolats de *P.sp*, certains pouvant pousser à des concentrations fortes de fongicide dans le milieu (100mg/l).

Identification de *Phytophthora sp*

L'observation microscopique des différents organes du champignon (mycélium, sporanges, oospores) montre que cette espèce est très proche morphologiquement de l'espèce *P.porri* qui provoque la maladie de tache blanche sur poireau mais est aussi signalée sur carotte (Ho, 1983) et de l'espèce *P. brassicae* décrite comme pathogène des Brassicacées (Man in't Velt *et al*, 2002). L'étude de critères moléculaires (séquences ITS) actuellement en cours au laboratoire devrait permettre de positionner *P.sp* par rapport à ces deux espèces et de l'identifier.

Conclusions : conséquences en termes de gestion de la maladie

Ces résultats montrent clairement une évolution au sein du genre *Phytophthora* des espèces impliquées dans la maladie de la bague de la carotte ; même s'il est toujours présent dans certaines parcelles, *P. megasperma* n'est plus l'espèce prédominante et a largement été supplanté par cette autre espèce taxonomiquement éloignée, *P.sp*. Les causes de cette évolution de population de *Phytophthora* dans les sols de Créances ne sont pas élucidées mais le constat est établi ; la question de la gestion de cette maladie avec ces nouvelles données se pose pour le producteur. En termes de gestion de la rotation tout d'abord : en effet la proximité taxonomique avec *P. porri* et *P. brassicae* doit être prise en compte et la gamme d'hôtes de cette espèce doit rapidement être précisée afin que le producteur évalue le risque éventuel de multiplication de l'inoculum pour la culture de carotte mais aussi pour les autres cultures de la rotation légumière, le poireau et les crucifères entrant traditionnellement dans les rotations de cette région de production.

En termes de lutte chimique ensuite : même s'il est clair que les résultats de sensibilité des isolats obtenus au laboratoire ne reflètent pas obligatoirement une réalité de terrain en matière d'efficacité du fongicide, force est de constater que le méfénoxam est loin de donner satisfaction aux producteurs pour protéger leur culture contre la bague. Les résultats obtenus au laboratoire ne sont donc pas surprenants ; ils fournissent un début d'explication à une situation de lutte inefficace sur le terrain et ils confirment une situation difficile pour le producteur qui ne dispose, à ce jour, d'aucune solution de lutte satisfaisante.

La recherche et la mise au point de nouveaux moyens de lutte intégrant cette situation nouvelle s'avèrent donc être la priorité première pour les producteurs. Au-delà de la recherche d'un nouveau fongicide, des voies de recherches visant à réduire des populations de *Phytophthora* et l'ensemble des bioagresseurs se dessinent (cf comm. orale « Gestion de la succession culturale et réduction de la pression parasitaire tellurique »). Cette maladie devra donc être prise en compte dans ces programmes de recherche.

≡ *Phytophthora on carrot : evolution of species involved in ring rot disease in France and consequences on crop protection.*

*The ring rot disease is one of the most severe diseases during the winter period of carrot production in Normandy in northwest of France. A vitreous spot appears on the mature root and spreads transversally to draw a well delimited ring spot ; a secondary microflora appears then and continues the tissue degradation leading to complete liquefaction and root disappearance in the soil. The disease was a serious problem until the 90's and *Phytophthora megasperma* used to be the primary pathogen. From 1990 to 2001, metalaxyl sprays protected the crop and the disease was not observed in the carrot fields. For the past four years, despite fungicide sprays, the disease has been increasing again and another species of *Phytophthora* is now more often isolated. Our results show the evolution of the *Phytophthora* species in the carrots fields and give data on biological characterisation (temperatures of growth and attack, fungicide sensibility) and on identification of this new species. Consequences on crop protection with this new *Phytophthora* species situation are then discussed.*

Bibliographie :

- BRETON D., ROUXEL F., (1988). Lutte chimique contre la maladie de la bague de la carotte due à *Phytophthora megasperma*. 2^{ème} Conf. Internationale sur les maladies des plantes, annales ANPP, Bordeaux, 8-9-10 novembre 1988, pp. 509-515.
DOWSON W.J., (1934) *Phytophthora megasperma* Dreschler in Tasmania. *Trans.Brit.Mycol*, 18, 89-90
HO. H.H. (1983) *Phytophthora porri* from carrots in Alberta. *Mycologia* 75 : 747-75.
MAN IN'T VELD W.A, DE COCK A.W.A.M, ILIEVA E, LEVESQUE C.A (2002) Gene flow analysis of *Phytophthora porri* reveals a new species : *Phytophthora brassicae* sp. nov. *European Journal of Plant Pathology* 108 : 51-62.



AFFICHE

✓ Sensibilité *in vitro* de champignons pathogènes telluriques aux composés allélopathiques produits par des Brassicacées. Perspectives pour la gestion des maladies liées au sol.

NATACHA MOTISI, CORALINE RAVENEL, FLORA LIMACHE, FRANÇOISE MONTFORT

UMR Bio3P - INRA - Centre de Rennes - Domaine de la Motte - B.P. 35327 - 35653 Le RHEU Cedex

Oratrice : NATACHA MOTISI

Introduction

A Rennes, dans l'UMR Bio3P (Biologie des Organismes et des Populations appliquée à la Protection des Plantes), les compétences de l'équipe EPSOS (Epidémiologie, Sols et Systèmes) sont axées sur l'épidémiologie et la gestion des maladies d'origine tellurique. Ces maladies sont des maladies à dynamiques lentes pour lesquelles la nature et la densité initiale de propagules infectieuses ainsi que la réceptivité des sols au développement de ces propagules sont des facteurs déterminants de la gravité des épidémies. Ces caractéristiques sont très dépendantes de l'historique culturel de la parcelle. Cependant, plus que sur des questions de restauration d'un bon état sanitaire des sols, le choix de la succession culturale est en général essentiellement basé sur des critères économiques. Et si, en grandes cultures notamment, on encourage maintenant la mise en place pendant la période d'interculture de plantes de couverture, c'est davantage pour limiter les risques d'érosion des sols et de fuites de nitrates vers les nappes que pour contribuer à réduire les bioagresseurs liés au sol (hormis dans la lutte contre les nématodes). Pourtant certaines familles botaniques sont connues pour leurs potentialités assainissantes vis-à-vis des parasites telluriques : ainsi, les Brassicacées produisent des glucosinolates, molécules dont la dégradation par une enzyme, la myrosinase, aboutit à la production d'isothiocyanates (ITC), qui altèrent différentes fonctions des microorganismes avec lesquels ils sont en contact, ce qui leur confère un effet allélopathique, fongicide ou fongistatique (Sarwar *et al.*, 1998 ; Yulianti *et al.*, 2006). La biofumigation, qui consiste à cultiver puis broyer et enfouir à un stade donné la culture assainissante, repose sur ces propriétés. Nous nous proposons donc d'aborder ici les potentialités allélopathiques de quelques Brassicacées vis-à-vis d'espèces fongiques d'intérêt, modèles dans notre équipe.

Objectifs et résultats

A l'aide d'une méthodologie simple (Charron et Sams, 1999), nous avons comparé *in vitro* la sensibilité fongique aux composés volatiles produits par le broyat des parties aériennes de différentes Brassicacées au stade floraison : plusieurs genres, espèces et lignées de Brassicacées [*Sinapis alba* (moutarde blanche), *Brassica nigra* (moutarde noire), *Brassica juncea* (moutarde brune) et *Brassica napus* (colza)] ont été testés. La croissance mycélienne de 2 champignons, *Pythium violae*, principal agent causal du Cavity spot de la carotte et *Rhizoctonia solani* AG 2-2, responsable de nécroses racinaires sur de nombreuses espèces végétales (carotte, maïs, betterave, haricot...) a ainsi été étudiée dans un premier temps. On met en évidence une très grande variabilité de réponse des 2 champignons selon les Brassicacées comparées : l'atmosphère du broyat de *Brassica napus* et de *Sinapis alba* n'inhibe quasiment pas la croissance mycélienne, alors que celle de *Brassica nigra* et de certaines lignées de *Brassica juncea* est fongistatique et, pour certaines variétés, fongicide pour les 2 espèces fongiques. D'autres lignées ou variétés de *Brassica juncea* n'induisent que peu d'effet. Il apparaît une relation entre ces résultats et les compositions en différents glucosinolates de ces diverses Brassicacées : ainsi, les 2 types de réponse au sein de *B. juncea* correspondent à 2 types de variétés, différant par leur glucosinolate majoritaire, sinigrine (*B. juncea* type européen) ou gluconapine (*B. juncea* type indien) [T. Guinet, ENESAD, comm. pers.].

Ces premiers résultats, associés aux données bibliographiques internationales disponibles, nous ont conduits à engager un programme de recherche pour analyser le mode d'action et étudier les conditions d'efficacité d'une moutarde brune insérée dans la rotation avant betterave, dans un objectif de gestion de maladies telluriques (*Rhizoctonia solani* / betterave et *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* / blé). Nous avons ainsi retenu pour cette étude *Brassica juncea* lignée 1420, pour ses potentialités toxiques dues à sa forte teneur en sinigrine, et pour des critères agronomiques de vigueur et de précocité de floraison nécessaires à une interculture d'automne. Cette variété a été sélectionnée à l'ENESAD comme moutarde condimentaire, et est de type européen à graines brunes, issue d'un croisement entre MUSTA et FICITA.

Dans ce cadre, nous avons adapté à l'étude de la survie de propagules d'inoculum la méthodologie de Charron et Sams (1999) relatée ci-dessus, pour appréhender d'éventuels facteurs de variation des effets de *B. juncea* var. 1420 :

- ✓ nature du champignon : *Rhizoctonia solani* AG2-2 et *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*,
- ✓ taille des propagules : 150 mm³ (inoculum grains d'orge frais), 10 mm³ (inoculum grains de millet frais) et 1.5 mm³ (inoculum particules d'orge séchées),
- ✓ conditions de culture de la moutarde en conditions contrôlées de photopériode et températures : type « printemps » et type « automne ».

Les résultats démontrent un effet majeur des conditions de culture de *B. juncea* sur le potentiel toxique de l'atmosphère du broyat de parties aériennes : l'intensité de l'effet inhibiteur du broyat est très dépendante des conditions dans lesquelles la moutarde a été cultivée. La taille des propagules d'inoculum agit également sur leur sensibilité, les plus grosses étant les mieux protégées.

Quelques sclérotés de *Rhizoctonia solani* placés dans les mêmes conditions ont cependant conservé leurs capacités infectieuses sur plantules de betterave.

Conclusions

Il ressort de ces travaux préliminaires des résultats intéressants pour la poursuite du programme. L'influence forte des conditions de culture de la moutarde sur l'intensité des effets s'explique vraisemblablement par une variation de la quantité de sinigrine produite selon les températures et photopériode de culture. L'influence des conditions de culture sur la quantité de biomasse produite est d'autre part bien connue (mais la quantité de biomasse n'entre évidemment pas en compte ici). Ces éléments sont des facteurs-clés de variation des effets, pouvant certainement contribuer à expliquer l'irrégularité au champ de l'efficacité de la biofumigation soulevée dans la littérature (à côté d'autres hypothèses explicatives relatives par exemple aux conditions de réalisation technique du broyage et de l'enfouissement).

L'influence de la taille des propagules d'inoculum sur leur sensibilité est également importante à relever, pour appréhender les éléments de l'itinéraire technique à associer à la biofumigation de façon à dégrader suffisamment les résidus porteurs de l'inoculum (type de travaux du sol par exemple, action sur l'antécédent cultural plutôt que sur le précédent...). De plus, les premiers résultats sur quelques sclérotés incitent à poursuivre ces recherches *in vitro* d'amont, pour évaluer à quel point l'état physiologique de l'inoculum conditionne sa sensibilité.

Perspectives

Nous avons présenté ici les travaux précurseurs d'un plus large programme engagé en 2006, en collaboration avec des agronomes et pathologistes de la recherche et d'instituts techniques. Il s'agit, par une expérimentation pluriannuelle au champ, d'expliquer le rôle sur les différentes composantes de l'épidémie (quantité et qualité de l'inoculum primaire, conséquences sur les infections primaires et secondaires) de l'insertion de *B. juncea* dans la rotation blé-betterave et de la gestion de cette interculture. De façon complémentaire, des études en microcosmes plus ou moins simplifiés permettent de décomposer les effets observés au champ : effets de la culture proprement dite, effets de l'incorporation des résidus verts.

≡ *In vitro* sensitivity of some soil-borne pathogens to allelopathic compounds of some Brassicaceae. Prospects for soil-borne pest management.

Management of polyetic epidemics caused by soil-borne fungi such as Pythium violae, Rhizoctonia solani and Gaeumannomyces graminis var. tritici needs researches performed at the crops succession scale. A study is being engaged to analyze, in a sugar beet - wheat rotation, the potential effects of mustard (Brassica juncea) in controlling these soil-borne pathogens. In preliminary studies, the sensitivity of the three fungi to green manure of various Brassicaceae was compared in vitro. Different types of inocula were, during 5 days, incubated in the atmosphere of crushed aerial tissues. In such lab experiments, fungi are very sensitive to some Brassicaceae and almost insensitive to some others, in relation with the type of glucosinolates produced. Large pieces of inoculum, i.e. colonized barley grains, are less affected than small pieces of propagules. The experiments, performed twice with different greenhouse conditions (temperature and photoperiod) showed important variations of the biofumigant effect according to the duration of cultivation of the mustard (time between sowing and flowering stage). These results emphasize the importance, for a better understanding of the processes involved at a field-scale, of taking into account the agronomical factors which influence both inoculum survival in soil, mustard canopy and efficiency of biofumigation.



AFFICHE

✓ Intérêt des phéromones dans la recherche de moyens de protection contre les taupins.

¹FRANÇOIS VILLENEUVE, ²YVES NOUET, ³ERIC SCLAUNICH, ⁴LEEN SCHOEN, ⁵FREDERIK SIRI, ⁶PIERRE TAUPIN

¹Ctifl - Centre de Lanxade - B.P. 21 - 24130 LA FORCE

²C.A. 30 - Mas de L'Agriculture - B.P. 48078 - 30932 NIMES Cedex 09

³HORTIS (AIREL) Domaine de Lalande - 47110 SAINTE LIVRADE

⁴Centrex - Rue Liobet - 66440 TORREILLES

⁵APREL / CETA de Sainte Anne - B.P. 9 - 13640 LA ROQUE D'ANTHERON

⁶ARVALIS Institut du Végétal Station expérimentale - 91720 BOIGNEVILLE

Orateur : FRANÇOIS VILLENEUVE

Sur de très nombreuses cultures tels que asperge, carotte, melon, oignon, pomme de terre..., les producteurs enregistrent une augmentation des dégâts liés aux taupins. Cette recrudescence s'explique principalement par la réduction drastique des moyens de protection chimique disponibles. Différents travaux ont montré que seuls les traitements de sol permettent une réduction des populations de larves présentes dans les parcelles. Les traitements des semences permettent de protéger la culture des dégâts sans réduire les populations de larves.

Les dégâts sont dus aux larves et peuvent générer différents symptômes : mortalité des plants, réduction de la vigueur, porte d'entrée pour d'autres bio-agresseurs, ou enfin, dépréciation de la qualité du produit le rendant in-commercialisable.

Quelques rappels sur la biologie des taupins

En France les dégâts sont liés, principalement à 4 espèces : *Agriotes lineatus*, *A. obscurus*, *A. sputator* et *A. sordidus*. Elles ne sont pas réparties uniformément sur le territoire français et peuvent se côtoyer sur une même parcelle. *A. sordidus*, dont l'importance a été montrée récemment, est plus particulièrement présente dans le sud de la France.

Pour *A. lineatus*, *A. sputator* et *A. obscurus* le cycle s'effectue en 5 ans, alors que pour *A. sordidus* le cycle s'effectue le plus souvent sur 2 ans.

Les adultes émergent au printemps et sont en activité jusqu'en juillet pour *A. Lineatus*, *A. oputator* et *A. obscurus*. Par contre l'activité d'*A. sordidus* est beaucoup plus longue. Il est possible de capturer des individus jusqu'à fin octobre. Il est généralement admis que les adultes se déplacent relativement peu. Les larves sont en activité lorsque la température est égale ou supérieure à 9 °C et que l'humidité du sol est suffisante. Lorsque les conditions lui sont défavorables, la larve s'enfouit en profondeur. L'irrigation est un facteur favorisant.

Les premiers résultats

Avec la récente découverte de phéromones d'agrégations, les travaux se sont portés sur celles-ci afin de mieux les connaître et voir comment les utiliser. Les études ont pu commencer grâce à M. Guillon (IBBA) qui a fourni les premières phéromones et les premiers pièges.

Aujourd'hui, il existe différentes sources d'approvisionnement en phéromones. Les premiers résultats montrent que ces sources peuvent faire varier la sélectivité et ou l'attractivité. De même, le type de piège a une influence sur les niveaux de piégeage. Enfin, il existe une interaction entre les différents bouquets hormonaux spécifiques à chaque espèce, ce qui pose le problème du positionnement des pièges dans une même parcelle dans une zone où plusieurs espèces de taupins se côtoient.

Ces phéromones ouvrent des perspectives tant en terme de prévision des risques qu'en terme de protection des cultures, sans compter qu'elles permettent d'avoir une meilleure connaissance de la répartition des différentes espèces de taupins.

- **La prévision des risques** : la capture d'adultes sur une parcelle laisse envisager la présence d'un risque sur la parcelle considérée, même si, pour le moment il n'existe pas de relation établie entre le niveau de captures des adultes et le niveau de population des larves dans la parcelle. Pour les espèces ayant un cycle de 5 ans, la capture des adultes à un moment donné correspond à une ponte vieille de 5 ans. Il faut, par ailleurs, tenir compte de tous les facteurs ayant pu influencer la viabilité des larves au cours des 4 années de vie larvaire.
- **Les méthodes de protection** : les possibilités offertes par les phéromones sont de divers ordres. La connaissance des périodes et des intensités de captures donc d'activité permet d'envisager un changement de stratégies de la protection chimique, celle-ci pourrait viser les adultes et non plus les larves. Cette piste est expérimentée, mais soulève quelques problèmes. D'abord, l'efficacité ne sera pas immédiate, compte tenu de la biologie des taupins (cycles de 2 à 5 ans) seule une fraction de population potentielle est touchée. Ensuite, cela nécessite de traiter des cultures qui n'expriment pas forcément des besoins de protection. Cette situation nécessite une évolution de la réglementation et enfin il faut disposer de produits efficaces.

Compte tenu des niveaux de piégeage et de la mobilité moyenne des adultes, il est possible d'imaginer le **piégeage de masse** qui a fait ces preuves sur d'autres ravageurs. Comme vu précédemment l'effet ne peut être immédiat, compte tenu de la longueur des cycles biologiques. De même cette protection doit s'envisager sur l'ensemble des cultures de rotation. Enfin, dans ce cas particulier, il est nécessaire de disposer d'une AMM.

Par ailleurs, il est possible d'envisager le piégeage comme un moyen pour contaminer les populations de taupins par un agent biologique comme par exemple un nématode entomopathogène (système **trap and kill**). Une telle technique a été mise au point sur le charançon du bananier par le CIRAD. Les dispositifs d'expérimentation à mettre en œuvre ne sont pas simples pour démontrer l'efficacité de la technique.

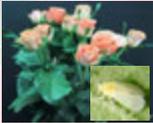
Si aujourd'hui, la disparition des spécialités commerciales qui permettait un niveau de protection satisfaisant des cultures provoque une recrudescence des dégâts en culture, il existe différentes perspectives qu'il est nécessaire d'explorer. La complexité de la biologie des taupins ne rend pas les expérimentations aisées et la collaboration entre différentes structures est nécessaire afin de dégager les nouveaux moyens de protection dont doivent disposer les producteurs.

≡ ***Interest of pheromones in the research on methods of protection for wireworms***

The discovery of aggregative pheromones in various species of click beetles of the genus Agriotes and the perfecting of synthetic attractants open new perspectives for population monitoring and control of these pests. In 2004 and 2005, the Agriotes sordidus pheromone was tested principally on 6 locations in the South of France, in comparison with the ankle technique. Trapping levels are very high, much better than those obtained with the traditional ankle technique. Apart from the fact that the trapping method permits to improve our knowledge on the distribution of the various species over the French territory, it may also allow to assess the field risk level and thus reduce preventive treatments. Moreover, the efficacy of the trap hints at new possibilities of protection, such as mass trapping or attract and kill. The first available results give more precise data on the flight periods of various Agriotes species and shed more light on the specificity of each compound.



SOMMAIRE DE LA SESSION

	CARACTERISATION, MODELISATION ET CONTROLE DE L'ENVIRONNEMENT DANS LES PRODUCTIONS SOUS SERRES. 71 <i>HICHAM FATNASSI, THIERRY BOULARD</i>
	CARACTERISATION, MODELISATION ET CONTROLE DES PEUPEMENTS DANS LES PRODUCTIONS SOUS SERRES. 73 <i>CHRISTINE PONCET, LUDOVIC MAILLERET, ALEXANDRE BOUT, JEANNINE PIZZOL</i>
	MODELISATION MATHEMATIQUE DE L'IMPACT DE FILETS ANTI-INSECTES SUR LE CLIMAT DANS UNE SERRE. 75 <i>PIERRE-EMMANUEL BOURNET, SID ALI OULD KHAOUA, GERARD CHASSERIAUX</i>
	ENERGY SAVING BY A LIGHT INTENSITY ADAPTED TEMPERATURE AND CO₂-SUPPLY, A CHALLENGE OR THREAT FOR INTEGRATED PROTECTION ? 77 <i>M. BECK, H.-P. HAAS, V. HENNING, T. JAKSCH, L. KÖHLER, F. KOHLRAUSCH, D. NEUMAIER, D. PRUCKER, R. RÖBER</i>
	INFLUENCE DE LA CONDUITE CULTURALE EN PROTECTION INTEGREE : CAS DES POPULATIONS DE <i>TRIALEURODES VAPORARIORUM</i> SUR ROSIER. 80 <i>MARIE-CLAIRE GRONIER</i>
	LA PROTECTION BIOLOGIQUE INTEGREE APPLIQUEE A DES SERRES D'EXPERIMENTATION, EXEMPLE DES SERRES DE L'INSTITUT NATIONAL D'HORTICULTURE. 83 <i>CATHERINE CALDUMBIDE, CECILE PLANTIVE, DOMINIQUE LIGER, REMI GARDET</i>
	DES AVANCEES PROMETTEUSES DANS LA PROTECTION INTEGREE VIS-A-VIS DES ROUILLES DU CHRYSANTHEME. 85 <i>JEROME GUERRAND, AMANDINE DREVON, ANNE-SOPHIE COLOMBEL, OSCAR STAPEL, EMMANUEL PAJOT</i>
	INVENTAIRE FAUNISTIQUE DANS DES PRODUCTIONS ORNEMENTALES MEDITERRANEENNES. 87 <i>ANGE LHOSTE-DROUINEAU</i>
	ÉTUDES EXPERIMENTALES DES NOUVEAUX AUXILIAIRES <i>TYPHLODROMIPS (AMBLYSEIUS) SWIRSKII</i>, <i>FRANKLINOTHRIPS VESPIFORMIS</i> ET <i>ENCARSIA HISPIDA</i> EN CULTURES LEGUMIERES SOUS ABRIS : PREMIERS RESULTATS ET PERSPECTIVES. 90 <i>YANNIE TROTTIN-CAUDAL, CATHERINE CHABRIÈRE, CHRISTINE FOURNIER, JEAN-MICHEL LEYRE, LEEN SCHOEN, DOMINIQUE BORDAT</i>



**DYNAMIQUE DES POPULATIONS DU PUCERON CENDRE DU CHOU
BREVICORYNE BRASSICAE (L.) ET INFLUENCE DE LA REPARTITION
SPATIALE DES LACHERS DU PARASITOÏDE DIAERETIELLA RAPAE
(M'INTOSH) EN CULTURE DE CHOU-FLEUR PORTE-GRAINE SOUS ABRIS
FROIDS. 93**

*SOLENN PERENNEC, MICHELE TRAVERS, CATHERINE ÇALDUMBIDE, EMMANUELLE LAURENT,
MARIE LAURE CASALS, VINCENT ODEAU, YANNICK OUTREMAN, ELIZABETH RAT MORRIS,
ANNE LE RALEC*



**LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES MALADIES : SITUATION ACTUELLE ET
PERSPECTIVES DE DURABILITE. 95**

PHILIPPE NICOT, MARC BARDIN



**NOUVELLES METHODOLOGIES D'ANALYSE DES DYNAMIQUES DES
BIOGRESSEURS SOUS SERRES. UN FUTUR OUTIL DE PREVISION DES
INFESTATIONS ? 98**

ALEXANDRE BOUT, ROGER BOLL, JOELLE VAGLIO, CHRISTINE PONCET



**LA DETECTION PRECOCE DES BIOGRESSEURS : VERS UNE
HORTICULTURE DE PRECISION. 100**

PAUL BOISSARD, GUY PEREZ, PHILIPPE BEAREZ



COMMUNICATION ORALE

✓ **Caractérisation, modélisation et contrôle de l'environnement dans les productions sous serres.**

HICHAM FATNASSI, THIERRY BOULARD

URIH - INRA Centre de Sophia Antipolis - 400, route des Chappes - B.P. 167 - 06903 SOPHIA ANTIPOLIS

Oratrice : **HICHAM FATNASSI**

L'objectif de nos travaux de recherches est de modéliser les phénomènes de transport et d'échange d'énergie, de masse et de particules biotiques (spores). Ceci afin d'en préciser les lois de comportement et de proposer des solutions et des outils permettant leur maîtrise.

Dans ce contexte, nous nous sommes efforcés de :

- modéliser le climat distribué dans la serre,
- modéliser les répercussions climatiques de l'utilisation des filets sur le climat de la serre,
- optimiser les structures et équipements des serres afin de rendre compatible la protection physique et climatique avec la production,
- modéliser les transferts de spores et de particules biotiques.

i- Modélisation du climat distribué dans la serre

Le climat sous abris dépend surtout des transferts convectifs qui expliquent la mise en place des champs dynamiques (vitesse et direction de l'air, turbulence), thermiques (température) et hydriques (humidité de l'air) qui vont influencer sur le développement des plantes et des autres agents biotiques. Notre approche repose sur la mise en oeuvre de modèles numériques des transferts aérodynamiques encore appelés CFD (Computational Fluid Dynamics) auxquels nous avons associés les transferts avec le couvert végétal.

Ces études ont permis de simuler avec réalisme l'arrangement spatial des champs climatiques et des flux de masse et d'énergie dans différents types de serres cultivées : dans un tunnel avec une culture de laitue (Boulard et Wang, 2002) et dans de grandes serres de production marocaines du type serre Canarien (Fatnassi et al., 2002).

ii- Modélisation des répercussions climatiques de l'utilisation des filets sur le climat de la serre

En reprenant les approches de modélisation basées sur l'utilisation de CFD dans le contexte de la protection intégrée des cultures et de l'intrusion de la mouche blanche *Bemisia tabacci* et de son cortège de virus, nous nous sommes attachés à l'étude des répercussions climatiques de l'utilisation des écrans insect-proof sur le climat des serres. En effet ces derniers induisent une forte perte de charge au passage de l'air et génèrent par là même des augmentations de température et d'humidité de l'air sous abris qui peuvent être très dommageables pour les cultures.

Des études ont ainsi été menées sur les effets du screening sur le climat intérieur d'une très grande serre de tomate du type Canarien (Fatnassi et al., 2002 et 2003). Ces travaux ont permis de rendre plus réaliste la modélisation physique du climat distribué sous serre et d'aborder l'étude d'une serre de rose dite "prophylaxie maximum". La modélisation des répercussions climatiques de l'utilisation de filets insect-proof a ainsi pu être validée (Fatnassi et al., 2006) et des études de simulation des répercussions climatiques avec différents types de filets plus ou moins exclusifs (anti-*Bemisia*, anti-Trips) ont pu être entreprises.

iii- Optimisation des structures et équipements afin de rendre compatible la protection physique et climatique avec la production

L'objectif global est d'exploiter les études de modélisation (i et ii) pour rendre compatible l'utilisation des filets avec la production en améliorant la ventilation de l'outil serre.

Cette amélioration de l'aération des serres a été étudiée en fonction de la forme, la taille, le positionnement et l'orientation des ouvrants d'une part, et en fonction de paramètres de structure tels que la hauteur de la serre, la forme des voûtes et le nombre chapelles d'autre part. Cette étude conduite avec le constructeur Filclair a permis de sélectionner les paramètres les plus influents sur l'aération des serres et le maintien de conditions favorables aux cultures, principalement en présence de filets insect proof. Les résultats ont montré que les modifications de structures telles la forme de la voûte ou la hauteur de la serre pouvaient avoir des répercussions considérables sur le climat abrité.

iv- Modélisation des transferts de spores et de particules biotiques

Les études s'appuient sur les modèles d'aérodynamique des serres (CFD) qui, convenablement complétés, peuvent expliquer également les transferts de spores. Nous avons donc prolongé notre modélisation globale de la serre qui prend déjà en compte les transferts de quantité de mouvement (équation de Navier Stokes, variables vitesse), de chaleur (variable température), de vapeur d'eau (variable pression de vapeur d'eau) en rajoutant le transfert de spores (variable concentration en spores). Nous avons retenu pour cela une approche dite Eulérienne compatible avec le modèle global de CFD. Les premiers résultats, validés par rapport aux données expérimentales de transfert de spores de Botrytis acquises dans une serre de l'URIH sont satisfaisants et permettent de reproduire assez précisément la ségrégation de la concentration de spores observée entre l'intérieur et l'extérieur de l'abri, la distribution interne de cette concentration et la filtration par le couvert végétal.

Références :

- Boulard T., Wang A., 2002. «Experimental and numerical study on the heterogeneity of crop transpiration in a plastic tunnel». *Computers et Electronics in Agriculture*, 34, 173-190.
- Fatnassi H., Boulard T. and Bourden L. 2003. «Simulation of climatic conditions in full-scale greenhouse fitted with insect-proof screens». *Agricultural and Forest Meteorology*, 118 (1-2) p. 97-111.
- Fatnassi H., Boulard T., Bourden L., Demrati H., Sappe G., 2002. «Ventilation performances of a large canarian type greenhouse equipped with insect-proof nets». *Biosystems Engineering*, 82 (1), 97-105.
- Fatnassi H., Boulard T., Poncet C., Chave M., 2006. Optimisation of Greenhouse Insect Screening with Computational Fluid Dynamics, *Biosystems Engineering*, 93, 301-312.

≡ Using Computational Fluid Dynamics models (CFD) to model the biotic and abiotic transfers in greenhouses.

The aim of our research studies is to simulate the energy exchange and biotic particles and mass transport phenomena through the use of computational fluid dynamics (CFD). This in order to specify their behaviours laws and to propose solutions and tools allowing their control.

In this context, we endeavoured :

- the modelling of the greenhouse distributed climate which consider the dynamic action of the crop on the flow and the subsequent heat and mass exchanges,*
- the modelling of climatic repercussions of the use of insect-proof nets on the greenhouse climate,*
- the optimisation of the structures and design of the greenhouses in order to make compatible physical and climatic protection with the production,*
- the modelling the transfers of spores and biotic particles.*

Results show that combining greenhouse crops and air interactions by means of customised computational fluid dynamics (CFD) software notably improves the realism of these simulations. Thus, it offers the opportunity to use the numerical model for exploring the details of the inside air temperature and humidity patterns and accordingly for improving the greenhouse design and equipment quicker than with real scale prototypes.



COMMUNICATION ORALE

✓ **Caractérisation, modélisation et contrôle des peuplements dans les productions sous serres.**

CHRISTINE PONCET, LUDOVIC MAILLERET, ALEXANDRE BOUT, JEANNINE PIZZOL

Unité de Recherches Intégrées en Horticulture - INRA Centre de Sophia Antipolis
400, route des Chappes - 06903 SOPHIA ANTIPOLIS Cedex

Oratrice : **CHRISTINE PONCET**

L'utilisation massive de pesticides est, au même titre que l'énergie ou les importants rejets de minéraux des cultures hors sol, un point noir du système de culture sous serre qui questionne du même coup son acceptabilité vis-à-vis de l'environnement et de la santé humaine.

Vouloir concevoir de nouvelles stratégies de protection intégrée plus respectueuses de l'environnement, efficaces et fiables, nécessite la prise en compte préalable des spécificités de ce système par rapport aux autres systèmes cultureux de plein champ. Les cultures sous abris (tout particulièrement sous serre high-tech) se rapprochent plus d'un système industriel que d'un système agricole, en nécessitant des investissements lourds et un objectif de production ultra-intensive. La traduction de ces contraintes au plan de la protection des cultures est l'obligation d'une production optimale au plan qualitatif (0 défaut sur le produit) et quantitatif (sans perte de rendement).

En contrepartie de ces impératifs, le système serre offre des possibilités de gestion très supérieures aux autres systèmes de production agricole via la maîtrise des flux abiotiques (eau et air) et biotiques (prophylaxie) échangeant avec le système, le contrôle du climat interne, de la fertilisation et de l'architecture des plants. Ces moyens de contrôle, qui ont très fortement progressé pendant ces 30 dernières années, ont largement contribué aux augmentations de rendement observées pendant la même période. Aujourd'hui, une des clés de la réussite d'une protection intégrée réside dans l'optimisation de ce potentiel de contrôle vis-à-vis d'un objectif de protection contre les bioagresseurs.

Pour cela, il reste nécessaire en amont de comprendre les interactions majeures de l'agrosystème serre. Or, les phénomènes observés dans les systèmes de culture font intervenir un grand nombre de composantes biotiques et abiotiques qui interagissent de façon complexe. Il est dès lors nécessaire de passer du concept exclusif de culture à celui, intégré, d'« agro-écosystème », rassemblant les éléments biotiques (culture, bioagresseurs (ravageurs, maladies) et biodéfenseurs) soumis à des forçages abiotiques (environnementaux et anthropiques).

De par son caractère semi-confiné et fortement contrôlé, le système serre abrite une communauté biotique nettement simplifiée par rapport aux grandes cultures, mais comportant un nombre pour autant significatif de populations en interaction. Les bioagresseurs présents dans cette communauté ont à leur disposition une ressource trophique abondante et peuvent trouver des conditions favorables pour une multiplication extrêmement rapide. Face à ce risque et compte-tenu des spécificités du système serre décrites ci-dessus, il apparaît nécessaire de se donner les moyens d'intervenir très tôt dans le développement de ces épidémies.

La première stratégie pour limiter les risques pathologiques a été de considérer le problème en amont en essayant de rendre le système de production moins fragile via un ensemble de règles d'action préventives. En exploitant une maîtrise acquise en matière d'étude des transferts d'énergie et de masse entre la serre et son environnement, les recherches ont été conduites dans un double objectif : limiter les intrusions de bioagresseurs tout en fournissant un milieu adéquat à la plante cultivée via une approche prophylactique basée sur les luttes physique et climatique.

Il s'est agit ensuite de conduire des recherches sur l'étude des mécanismes sous-tendant le déclenchement et les dynamiques de propagation des épidémies (ravageurs et maladies) dans le

couvert végétal. Dans un premier temps, nous nous sommes concentrés sur le suivi (vision cognitive, quick sampling...) et la modélisation (statistique, mécaniste...) des phases précoces des épidémies afin d'identifier les facteurs permettant de limiter le risque de les voir prendre un caractère endémique. Les déterminismes de l'apparition des foyers d'une part, et de la propagation spatio-temporelle de l'épidémie de l'autre, sont en cours de formalisation, avec pour attendu la définition de méthodes de lutte très en amont du déclenchement.

Deux aspects ont tout particulièrement été étudiés jusqu'à présent au sein de l'équipe : le premier objectif a été de caractériser les principaux bioagresseurs (sans faire d'a priori sur leur importance relative), puis de déterminer leur origine ainsi que leur voie d'entrée dans une serre (air, eau, matériel végétal). Cette étape a permis d'optimiser différentes méthodes de lutte prophylactique (filets insect-proof, désinfection des effluents recyclés..) et de définir des périodes à risque d'entrée de bioagresseurs aériens suivant les séquences climatiques rencontrées à l'extérieur de la serre.

Le deuxième point a consisté à optimiser la stratégie de lutte biologique contre les arthropodes rencontrés en serre. Ces recherches conduites conjointement à travers des travaux de modélisation mécaniste et d'expérimentations monofactorielles, ont, par exemple, permis de montrer l'intérêt de lâchers d'auxiliaires à plus faibles doses mais à une fréquence plus élevée.

On s'attache également à l'étude de l'influence de l'architecture du couvert végétal sur le recouvrement des niches écologiques (et donc de l'efficacité des biodéfenseurs), ainsi qu'à la problématique de prédation intra-guilde au sein des biodéfenseurs mais aussi des ravageurs.

Concernant les interactions entre maladies et insectes, il semble important de préciser la nature des relations entre organismes (vection, trophisme) et les conséquences qu'elles induisent dans leur relation à la plante (agressivité des pathogènes, défense des plantes).

Ces études sont d'autant facilitées que le système de culture sous serre lourde, fait l'objet d'un suivi spatio-temporel précis et continu de ces différentes composantes biotiques. Les recherches sont menées tant sur la conception de nouveaux itinéraires techniques pour la protection des cultures que dans un objectif de meilleure compréhension des dynamiques spatio-temporelles des épidémies aériennes au sein de l'écosystème « modèle » que constituent les peuplements (culture, ensemble des bioagresseurs et biodéfenseurs) abrités sous serre.

≡ *Characterization, modeling and control of populations in greenhouse crops.*

The massive use of pesticides is the point at issue of the greenhouse farming system and the development of alternative methods of production more respectful of the environment constitutes a challenge for research and development. It is necessary to take into account the constraints of this system (ultra-intensive production, weak levels tolerance to the damage) which force to operate very early during the development of the bioagressors. It is thus a question of undertaking research on the study of the mechanisms underlying the primary phases of the epidemics in crop cover. Initially we focus on the supervision and the modeling of the early phases of the epidemics in order to identify the factors allowing to limit the risk to see them taking an endemic character.



COMMUNICATION ORALE

✓ Modélisation mathématique de l'impact de filets anti-insectes sur le climat dans une serre.

PIERRE-EMMANUEL BOURNET, SID ALI OULD KHAOUA, GERARD CHASSERIAUX

UMR SAGAH A_462 - I.N.H. - 2, rue Le Nôtre - 49045 ANGERS

Orateur : PIERRE-EMMANUEL BOURNET

Contexte

Les invasions de parasites comme la Bemisia (mouche blanche) préoccupent les producteurs et ont amené les serristes à prévoir des dispositifs pour limiter les pertes de végétaux induites par ces ravageurs. Le dispositif le plus communément employé est le filet anti-insecte, placé en général au niveau des ouvrants.

Un tel aménagement occasionne cependant une perte de charge importante qui se traduit par une réduction de l'aération de la serre, avec les conséquences qui s'ensuivent sur la température et l'humidité.

Objectifs

Afin de palier ce déficit d'aération, l'entreprise CMF a proposé un modèle de serre muni de deux rangées d'ouvrants de toiture. L'objectif de notre étude est de comparer le climat induit par une serre classique à double aération de toiture sans filet à celui d'une serre quadruple aérations de toiture munie ou non de filets (Figure 1). Les serres considérées sont des serres en verre de grande portée utilisées en cultures ornementales. Elles ont une surface de 2500 m², comportent quatre chapelles de 9.60 m de large et sont munies d'ouvrants continus de toiture ainsi que de tablettes de culture.

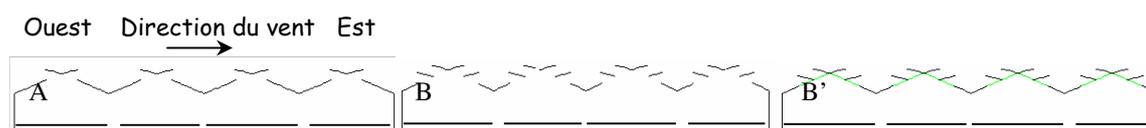


Figure 1 : Serres de référence utilisées : (A) serre double aération de toiture sans filets, (B) serre quadruple aération de toiture sans filets anti-insectes, (B') serre quadruple aération de toiture munie de filets anti-insectes (300*300 µm).

Méthodologie

Un modèle de mécanique des fluides a été mis en œuvre pour déterminer les champs de vitesse et de température à l'intérieur de la serre. Ce modèle est basé sur la résolution des équations de transport de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie. L'approche employée est bi-dimensionnelle (suivant la section transversale de la serre) et stationnaire. Le champ de vitesse ainsi calculé est ensuite utilisé pour déterminer le taux d'aération : un gaz virtuel est injecté dans la serre avec une concentration initiale donnée et l'équation de transport de ce gaz est résolue en régime instationnaire. Le calcul de la décroissance de la concentration du gaz traceur permet d'accéder au taux d'aération.

Pour tenir compte des filets anti-insectes, une approche de type milieux poreux a été développée. Cette approche s'appuie sur l'équation de Darcy Forchheimer qui comprend un terme linéaire et un terme quadratique de la vitesse. Le premier est modulé par la perméabilité intrinsèque du filet et le second par le coefficient de perte de charge non linéaire (Tableau 1). Ces deux paramètres sont liés à la porosité du filet.

Longueur de maille (mm)	Largeur de la maille (mm)	Diamètre filament (mm)	Porosité	Perméabilité $K(m^2)$	Coefficient de perte de charge
0.3	0.3	0.15	0.44	$0.92 \cdot 10^{-09}$	0.25

Tableau 1. Caractéristiques géométriques du filet anti-Bemisia : perméabilité et coefficient de perte de charge non linéaire.

Les simulations ont été menées successivement sur les configurations A et B, et pour des vitesses de vent contrastées de 0.5 m.s^{-1} et 2.5 m.s^{-1} . Les conditions aux limites utilisées correspondent à une situation climatique enregistrée en période estivale. L'analyse porte sur le micro-climat qui s'établit à l'intérieur de la serre, sur la distribution des paramètres climatiques (vitesse de l'air et température) au niveau du végétal, et enfin sur le taux d'aération.

Résultats-conclusions

L'utilisation d'un filet anti-insectes engendre une forte perte de charge de l'écoulement d'air traversant les ouvrants. Par conséquent, le filet réduit sensiblement les vitesses de circulation d'air dans la serre. Cet effet est beaucoup plus marqué pour des intensités du vent extérieur importantes que pour des vents faibles ;

En présence de filets anti-insectes, les forces de flottabilité deviennent prépondérantes devant les forces d'inertie liées au vent, ce qui génère une meilleure homogénéisation du champ des températures dans la serre et ce, notamment au voisinage des plantes ;

La serre quadruples aérations, dépourvue de filets anti-insectes, permet d'évacuer le maximum de surplus de chaleur en maximisant la surface d'échange avec l'extérieur ; le taux d'aération (Tableau 2) est ainsi accru (par rapport à la configuration double aération). Cependant, lorsque l'on ajoute des filets anti-insectes, la perte de charge occasionnée par ce dispositif est telle que le taux d'aération diminue sensiblement malgré un doublement de la surface ouverte.

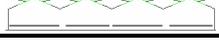
Configurations	Taux d'aération (h^{-1})	
	$V=0.5 \text{ ms}^{-1}$	$V=2.5 \text{ ms}^{-1}$
A 	6.45	28.40
B 	15.31	41.19
B' 	2.41	7.87

Tableau 2. Taux de renouvellement de l'air de la serre, configurations A, B et B'.

Ce travail de modélisation est avant tout destiné à fournir des indications qualitatives plus que quantitatives sur la circulation d'air ainsi que sur la répartition des vitesses et des températures. D'autres simulations devront être envisagées pour affiner les résultats.

Mathematical modelling of the effect of insect screens on the climate inside a glasshouse.

The influence of insect screens on the climate of multi-span glasshouses was numerically investigated using CFD techniques. The impact of insect proof nets is included through the resolution of the Darcy Forchheimer equation. The model solves the steady state mass, momentum and energy equations for a 2D geometry. It gives access not only to the spatial distribution of the micro-climatic variables (velocity and temperature), but also to the ventilation rate of the greenhouse.

For the purpose of the study, three greenhouse designs were considered: a classical glasshouse with continuous roof vents and a glasshouse with two rows of roof openings, with and without insect screens. Results show that insect screens considerably reduce the ventilation of the greenhouse (even if the window area is doubled). For the same greenhouse geometry, the ventilation rate is divided by 3 or 4 (depending on the wind velocity) when screens are added. Insect screens however may enhance the homogenization of the velocity and temperature distribution at plant level.



COMMUNICATION ORALE

✓ Energy Saving by a Light Intensity Adapted Temperature and CO₂-Supply, a Challenge or Threat for Integrated Protection ?

M. BECK, H.-P. HAAS, V. HENNING, T. JAKSCH, L. KÖHLER, F. KOHLRAUSCH, D. NEUMAIER, D. PRUCKER, R. RÖBER

University of Applied Sciences Weihenstephan, Research Station for Horticulture
Am Staudengarten 8, D-85350 FREISING (Allemagne)

Oratrice : **FRANZISKA KOHLRAUSCH**

Reduction of energy consumption and diminishing the overall influence of energy use are goals to be taken into consideration, especially in protected horticulture. New approaches for the control of the climate inside greenhouses are necessary and will be described. But besides the advantage of energy saving, there might be some disadvantages coming up in connection with the application of a dynamic climate control.

Danish research (Rosenqvist, 2004) shows, that a light intensity adapted temperature and CO₂-supply (=IntelliGrow®) in the greenhouse leads to an energy saving potential of up to 30 % in winter. Furthermore, these results demonstrate, that the diminished growth and flowering of plants under low light intensity cannot be compensated by constant temperature or a temperature increase. The increase of temperature can even - as a result of boosted dissimilation of the plant - lead to a loss of substance.

The principle of a light intensity based temperature regulation and CO₂-addition can be derived from *fig. 1*.

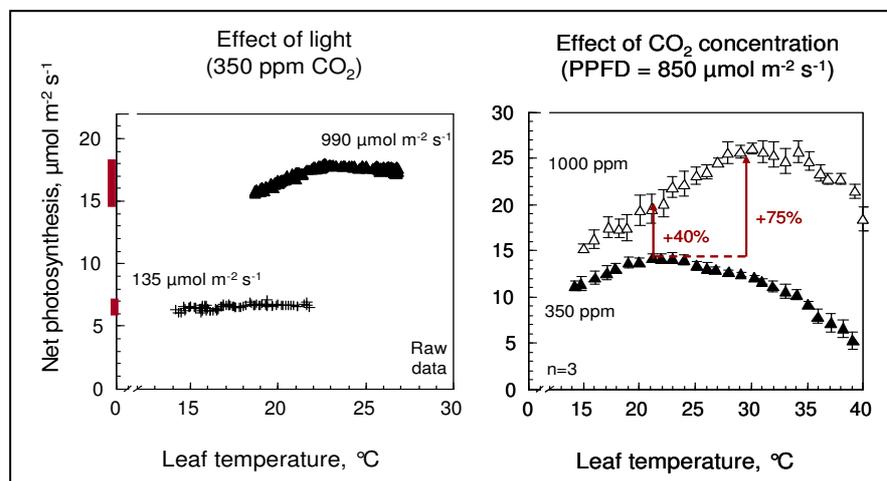


Fig. 1 : Photosynthesis in Dependence of Temperature, Example *Chrysanthemum x grandiflorum* 'Coral Charm' (Rosenqvist, 2004).

The left side of *Fig. 1* shows the influence of increasing temperature at low and medium light intensity. At low light intensity the increase from 14 to 22 °C does not influence net photosynthesis. At medium light intensity the rate of net photosynthesis increases from 18 to 23 °C, and from 23 to 27 °C no further increase can be observed. Consequently, medium light intensity means more net photosynthesis at ambient CO₂-concentration of the air. On the right side, the influence of temperature at medium light intensity and at two different CO₂-concentrations can be seen. The highest net assimilation can be observed at 1000 ppm CO₂ and 30 °C. Consequently, an increase of temperature makes only sense, when CO₂-content is high and if there is enough light. Furthermore, if there is low light intensity the temperature should go down to 15 °C or even less.

Related to these facts, different experiments were carried out in the period 2003 - 2006 in day light growth chambers and greenhouses. Besides the static temperature control (15 °C or 18 °C as heating setpoints), a light intensity adapted and dynamic temperature control (basis temperature 15 °C or 18 °C + 1 °C per 10 kLux ; IntelliGrow®) was applied. Since 2004 additional CO₂-fertilization was included (800 vpm ; 07:00 - 16:00 h). First results with pot plants of *Ocimum basilicum*, *Euphorbia pulcherrima*, *Pelargonium* Cv. and *Chrysanthemum x grandiflorum* appear to confirm the Danish findings.

- Both temperature treatments resulted in comparable quality of poinsettias.
- *Chrysanthemum* plants had higher fresh weight per plant under the dynamic temperature regime.
- In phases of high light intensity and a dynamic regulation of the heating setpoint (15 °C basis temperature) yield of basil reached the level of the standard treatment (18 °C).
- The application of CO₂ gained positive effects.
- By the use of IntelliGrow® a weather-dependent and periodically different energy saving of up to 40 % (*Pelargonium* cv.) is possible.
- The application of CM instead of growth retardant could lead to plants, which are too small (Fig. 2)

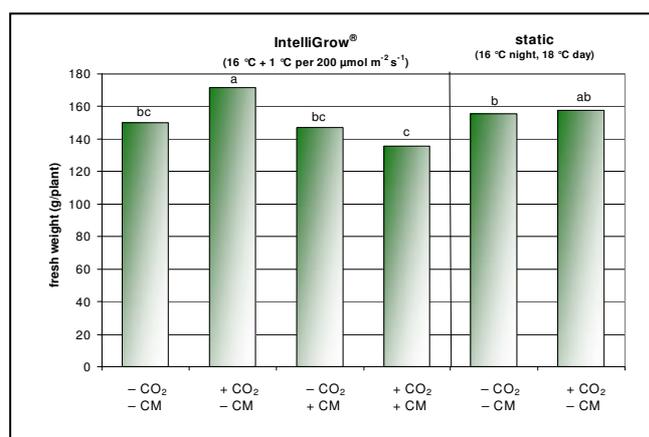


Fig. 2 : Fresh weight per plant of *Euphorbia pulcherrima* after different climate strategies, application of CO₂ and Cool Morning (= CM) (Beck et al., 2006).

The gained results made it necessary to think about other factors in relation to energy saving, which means low temperatures. On the one hand, there are the minimum temperatures of tropical plants, most used as pot plants indoors due to their comparatively low light demands. These temperatures should not be below 10 to 12 °C. Consequently, the air humidity in tight greenhouses will come up to 100 % easily. Furthermore there are the demands of some plants for special daylength treatments. This also could result in difficulties with regard to the demands of certain predators used for biological disease control. Therefore, for the next time we should direct our focus to the following points :

- It is necessary to search for the required basis and mean day-temperatures of the different crops, but under consideration of an integrated protection.
- In the case of low light intensity in connection with low temperatures air humidity will increase tremendously. This means high threats due to attacks of fungi, e.g. powdery or downy mildew, and possible changes in the biological management of predators, e.g. white fly (*Encarsia formosa*).
- Therefore, while looking for lowest possible temperatures and their possible duration, focus must be directed to integrated plant protection.

May be, that a combined working group of scientists dealing with plant protection and plant cultivation could find and propose solutions.

Literature :

Beck, M. et al. : Untersuchungen zur Energieeinsparung durch eine der Lichtintensität angepassten Temperatur und CO₂-Versorgung. Poster DGG-Tagung, 2006.
 Henning, V., L. Köhler, C.O. Ottosen, R. Röber and Eva Rosenqvist : Dynamische Pflanzenreaktionen zur Energieeinsparung nutzen - das IntelliGrow®-System. KTBL-Heft 56, p. 39-42, 2006.
 Rosenqvist, Eva : IntelliGrow® - a new climate control concept. Lecture at the Research Station for Horticulture, UAS Weihenstephan ; June 03, 2004, Freising.
 Rosenqvist, Eva and J. Mansanti Aasling : IntelliGrow® - a new climate control concept. Grøn Viden Nr. 122, 2000.

≡ ***Economiser l'énergie par l'adaptation de la température et l'approvisionnement à l'intensité lumineuse, un défi ou un danger pour la protection intégrée ?***

Après les résultats de Rosenqvist (2004) et Rosenqvist et Mansanti Aaslyng (2000) la température et l'approvisionnement de CO₂ adaptés à l'intensité lumineuse (=IntelliGrow®) pendant la culture des plantes en pots peut réaliser une économie de l'énergie d'environ 30 % en période hivernale. Nos expériences avec les espèces suivantes Chrysanthemum x grandiflorum, Euphorbia pulcherrima, Ocimum basilicum et Pelargonium Cv. ont montré des résultats similaires.

Mais, d'un autre côté, nous avons constaté que la température abaissée pendant les périodes de l'intensité lumineuse faible, augmentait l'humidité de l'air dans les serres jusqu'au maximum. Cela peut vouloir signifier une possibilité d'attaques de champignons comme l'Oidium, le mildiou ou le Botrytis. De même, il faut procéder à un changement au niveau du management biologique des prédateurs, comme l'Encarsia formosa. Donc, pendant les applications des températures basses et un taux d'hygrométrie élevée, il sera nécessaire de réfléchir à la durée de ces traitements à cause des répercussions sur la lutte intégrée.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Influence de la conduite culturale en protection intégrée : cas des populations de *Trialeurodes vaporariorum* sur rosier.**

MARIE-CLAIRE GRONIER

ASTREDHOR INRA-URIH - 400, route des Chappes - B.P. 167 - 06903 SOPHIA ANTIPOLIS

Dans un contexte d'horticulture ornementale durable, où la qualité des produits prime autant que le respect de l'environnement, il est devenu nécessaire de trouver une alternative aux traitements phytosanitaires systématiques. C'est la mission que s'est donnée l'Unité de Recherche Intégrée en Horticulture de l'INRA de Sophia Antipolis, en choisissant comme modèle la culture de rosier sous serre pour la fleur coupée. Un des thèmes développés à l'URIH, dans le cadre du programme PIC serre mis en place depuis 2002 (Production intégrée des cultures sous serre), consiste à étudier la mise en œuvre de méthodes alternatives de lutte pour maîtriser l'ensemble des bioagresseurs du rosier. Cela comprend la lutte biologique intégrée (PBI), les traitements phytosanitaires compatibles à la PBI, les méthodes physiques telles que le piégeage massif à l'aide de bandes engluées chromatiques, les filets insectproofs, les techniques culturales... afin d'obtenir une production de qualité et respectueuse de l'environnement. Plusieurs études successives au travers d'essais globaux ou d'études plus analytiques ont été menées par l'équipe de Richard Brun.

Comparaison de la lutte chimique raisonnée et de la protection intégrée

Une étude comparative de deux dispositifs expérimentaux de protection du rosier a été réalisée, avec une serre suivie en lutte chimique raisonnée et une autre serre en protection intégrée. Les structures, le dispositif, les conditions culturales étaient identiques pour les deux serres : serre Richel double paroi gonflable, trois cultivars de rosier First Red® (NIRP), Texas® (Kordes) et Leonidas® (Meilland) choisis pour leur sensibilité différente aux bioagresseurs du rosier. Une grande partie des ravageurs du rosier, notamment le thrips, l'acarien, ou encore le puceron, ont pu être maîtrisés en associant les différentes méthodes de la lutte intégrée. L'acarien se gère avec des lâchers d'auxiliaires de type *Amblyseius californicus* et *Phytoseiulus persimilis*. Le thrips est maintenu à seuil bas avec les *Amblyseius cucumeris*, mais lorsque le seuil de 0,5 thrips par fleur est atteint, un traitement à base de lufenuron (Fuoro) est à ce jour indispensable. Les traitements phytosanitaires compatibles s'avèrent les seuls efficaces face aux attaques de pucerons. Mais l'aleurode *Trialeurodes vaporariorum* demeure un problème majeur en serre menée en PBI. Pour la serre en lutte chimique raisonnée, la maîtrise des acariens est difficile. De plus, les nombreux traitements phytosanitaires nécessaires à la maîtrise des bioagresseurs (de l'ordre de 50/an) induisent de façon indéniable une perte de productivité et de qualité des fleurs en ayant des arrière effets sur les fonctions physiologiques de la plante.

Des essais plus analytiques

Les conclusions des trois premières années d'application de la protection intégrée dans ces essais pour le rosier sous serre nous ont permis de dégager des verrous à la mise en place de cette méthode de lutte : c'est le cas de l'efficacité des phytoséides ou des nouveaux auxiliaires pour lutter contre le thrips en période de forte attaque (thématique traitée par J. Pizzol à l'URIH) et de la maîtrise de l'aleurode. Les essais suivants se sont donc naturellement portés sur la gestion des bioagresseurs du rosier, en privilégiant les apports d'auxiliaires. Ce dispositif expérimental permet d'observer si la conduite culturale et le choix du cultivar influencent la dynamique de développement des populations d'aleurodes. Sur un essai, deux cultivars et deux conduites culturales sont comparés dans une serre de 250 m² à double paroi gonflable. Les rosiers sont conduits sur pain de laine de roche, et les cultivars choisis sont Suela® de couleur jaune et Miss Paris® de couleur rouge, deux cultivars moyennement sensibles aux ravageurs et aux maladies. Pour chaque cultivar, la moitié des

rosiers est conduite de manière traditionnelle avec des tiges charpentières assez hautes et l'autre moitié avec la formation d'un poumon. Ce poumon est formé en pliant les premières tiges lors de la formation du plant et les tiges non commercialisables par la suite en partie basse de la culture. Il représente un véritable réservoir végétatif favorisant la photosynthèse, et donc permet un meilleur rendement de production. Les rosiers sont répartis en 6 banquettes (2 lignes par banquette), et les cultivars sont alternés afin d'obtenir un dispositif expérimental statistiquement exploitable. Les méthodes d'observations de la dynamique des populations d'aleurodes sont multiples et complémentaires : il s'agit essentiellement de surveillance globale par des plaques chromoattractives, de dénombrements localisés ponctuels sur le rosier et de dénombrements hebdomadaires précis sur une surface foliaire déterminée.

- **surveillance globale par des plaques engluées chromoattractives**

Des plaques chromatiques engluées (jaune) sur plusieurs essais sont observées et renouvelées chaque semaine dans la serre. Elles sont placées à hauteur de la végétation et ont pour but d'identifier l'entomofaune présente dans la culture. D'autres plaques sont placées au niveau des ouvrants afin d'observer les entrées et sorties des auxiliaires et ravageurs indigènes et introduits. Cette approche est qualitative et donne les tendances d'évolution des populations d'insectes de la serre.

- **dénombrement localisé ponctuel sur le rosier**

Un dénombrement de la population d'aleurodes (pontes, larves et adultes) sur feuilles de rosier a été réalisé durant 4 mois. Des jeunes tiges en croissance ont été sélectionnées et un dénombrement des différents stades d'aleurode sur chacune des feuilles de ces tiges a été réalisé tous les 3 jours. Cette étude a mis en évidence une corrélation entre l'âge des feuilles du rosier et le stade de développement de l'aleurode. Par strate foliaire, le cycle de vie de l'aleurode a pu être défini et celui-ci suit effectivement la croissance des tiges du rosier. Sur une tige récoltable, les 2 à 3 feuilles apicales sont indemnes, les 4 à 7 feuilles suivantes portent les aleurodes et les œufs, en dessous les premières larves (feuilles 8 à 10 environ) et enfin sur la base des tiges les larves de stade L2 et L3. Ces observations montrent que l'aleurode ne parvient pas à réaliser complètement son cycle de vie sur la végétation que constitue une tige à fleur en croissance, en conditions de printemps et de début d'été. Par conséquent, la zone probable où l'aleurode réalise son cycle de vie complet et maintient ainsi sa population sur la culture est la partie pérenne du rosier : feuilles présentes sur la charpente et sur le poumon. Les auxiliaires doivent être par conséquent lâchés dans cette zone.

- **dénombrement hebdomadaire précis sur une surface foliaire déterminée**

Sur la partie inférieure du rosier, chaque semaine 240 folioles sont prélevées par échantillonnage aléatoire sur les 24 parcelles de la serre et les différents stades de l'aleurode sont dénombrés sous loupe binoculaire. Ceci correspond à un échantillon de 10 folioles par parcelle, sachant que chaque parcelle occupe 8 m² de serre, composée chacune de 8 pains de laine de roche portant 48 plants de rosiers. Le taux d'infestation (nombre de folioles atteintes) est donné qualitativement (stade de développement : adulte, œufs, larves jeunes ou âgées) et quantitativement (par classe d'importance) pour les différentes modalités : Suela[®] poumon, Suela[®] sans poumon, Miss Paris[®] poumon, Miss Paris[®] sans poumon. Le parasitisme des pupes d'aleurodes a été également observé, soit par des auxiliaires lâchés (*Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus*...) soit par des auxiliaires indigènes (*Encarsia pergandiella*). Il semble que le choix du cultivar n'a pas de grande influence sur le développement de l'aleurode, le nuisible s'adapte à la vitesse de croissance de son hôte. Le poumon représente un lieu privilégié de reproduction de l'aleurode et est en priorité colonisé. Les auxiliaires présents ne suffisent pas à contrôler ce ravageur, même avec de nombreux traitements phytosanitaires compatibles à la PBI (les spécialités phytosanitaires autorisées étant ovicides ou larvicides). Seuls l'association du piégeage massif répété à l'aide de panneaux chromatiques englués, de traitements réguliers à base de savon potassique et de la taille des rosiers (nettoyage sévère des tiges atteintes) présentent des résultats intéressants en faisant baisser de manière significative le nombre d'adultes. Les larves restantes constituent un problème majeur, même en utilisant un champignon entomoparasite.

Ces expérimentations ont permis de préciser la répartition spatiale des attaques de l'aleurode sur rosier ainsi que d'améliorer la méthode d'échantillonnage. La conduite culturale détermine la zone de préférence de colonisation de l'aleurode mais n'influe pas le développement du ravageur. Même si le poumon semble constituer un refuge pour les auxiliaires, il est néanmoins un lieu privilégié de reproduction du ravageur, quelque soit le choix du cultivar. L'utilisation de filets insectproofs semble une piste à privilégier pour tenter de trouver une solution au problème de l'aleurode sous serre.

≡ ***Influence of cultural methods within integrated pest management: development of whiteflies on greenhouse cut roses***

The influence of cut roses cultural methods on the development of whiteflies was tested under greenhouse by the Integrated Research in Horticulture Unit (URIH) of the Sophia-Antipolis INRA research center . The differences between the supervised chemical control and the integrated pest management were studied first. Then, works dealt with pests of roses and their natural enemies. Two cultivars (Suela® and Miss Paris®) and two handling techniques (using bent stems or not) were chosen. Countings of whiteflies on yellow sticky traps, rose stems and rose leaves were realised and analysed. These experiments have shown that chromatic traps are relevant indicators of the insect population in the greenhouse. The whitefly development stage has proved to correlate with leaves age. The bent stems technique tends to favour the development of whiteflies as young and old leaves are brought together. It turned out that cultivars have no influence.



AFFICHE

- ✓ **La protection biologique intégrée appliquée à des serres d'expérimentation, exemple des serres de l'Institut National d'Horticulture.**

¹CATHERINE ÇALDUMBIDE, ²CECILE PLANTIVE, ¹DOMINIQUE LIGER, ¹REMI GARDET

¹ INH - Domaine p&e - 2, rue Le Nôtre - 49045 ANGERS Cedex 01

² Société KOPPERT - 14, rue de la Communauté - Parc d'activité de Viais - 44860 PONT ST MARTIN

Présentateur : **REMI GARDET**

Depuis leur mise en fonctionnement en 2000, les serres expérimentales de l'INH sont conduites en protection biologique intégrée en partenariat avec l'entreprise Koppert. Cette installation accueille chaque année une cinquantaine d'expérimentations avec des espèces différentes. Il s'agit parfois de cultures typiquement expérimentales comme par exemple l'élevage d'arbres fruitiers sous serre. Les problèmes phytosanitaires sont donc parfois uniques, nouveaux et complexes.

Bilan sanitaire

Après six années de mise en place, la protection biologique intégrée apporte des résultats très satisfaisants. L'état sanitaire est meilleur. Les principaux ravageurs des années antérieures, aleurodes et thrips, sont contrôlés de façon biologique sur l'ensemble des cultures. Les attaques de cochenilles sont devenues plus importantes. Si les mesures de prophylaxie s'avèrent insuffisantes ou impossibles (élimination des sujets uniques ou rares contaminés impossibles), il faut alors procéder à des traitements isolés, coûteux en temps de travail et à l'efficacité incertaine. Enfin, la prophylaxie, l'efficacité des solutions biologiques, l'utilisation de produits phytosanitaires compatibles et la bonne gestion climatique des serres permettent de contrôler efficacement les maladies et le reste des ravageurs rencontrés.

Partenariat avec un fournisseur d'auxiliaires

La mise en œuvre de la protection biologique intégrée dans les serres de l'INH s'appuie sur les compétences scientifiques internes (équipe de recherche PBI) mais aussi sur un fournisseur d'auxiliaire Koppert. Il a été choisi après une consultation de la concurrence. Une convention régit les relations commerciales et techniques entre les deux partenaires. L'intérêt d'une telle collaboration pour le domaine pédagogique et expérimental est bien sûr l'appui technique mais aussi l'application des solutions pratiquées chez les producteurs. Ainsi les étudiants peuvent observer sur place et concrètement les techniques de la protection biologique intégrée.

Hygiène, sécurité et environnement

Le volume annuel de bouillie chimique a été divisé par 1000 depuis 2000. Les conditions de travail se sont améliorées pour les applicateurs. Plus généralement, l'accès aux cultures par les chercheurs et les techniciens chargés des mesures est sécurisé. Mais la protection biologique intégrée ne peut pas s'appliquer pour tous les protocoles et toutes les situations. Des mesures de protection des usagers et de l'environnement s'appliquent dès lors que des produits toxiques sont utilisés, dans le cadre de l'arrêté du 12 septembre 2006 relatif à l'utilisation des produits visés à l'article L.253-1 du code rural (utilisation de produit phytosanitaire). Cette bonne gestion sanitaire des serres a été relevée par le diagnostic environnemental réalisé sur le domaine pédagogique et expérimental de l'INH en 2005. L'extension des principes de la protection biologique intégrée aux autres équipements du domaine pédagogique et expérimental (tunnels, parcelles) a été programmée dans le plan d'action issu de cet audit.

Conclusion

Techniquement la production biologique intégrée semble adaptée aux cultures expérimentales. Mais l'organisation du travail parfois très verticale des unités de travail interfère avec la mise en œuvre de la protection biologique intégrée qui nécessite le partage de l'information. Enfin pour installer durablement cette technique, il faut savoir « manager » le changement par exemple en tenant compte des relations humaines et du besoin de formation.

≡ *The integrated pest management (IPM) applied to greenhouses of experimentation, example of the greenhouses of the national institut of horticulture.*

Since 2000 and their starting the experimental greenhouses of the INH are led in IPM in partnership with the Koppert company. This installation accomodates each year around fifty of experimentation with different species. After 6 years of installation, the IPM produces very satisfactory results. The plant health state is better. The access to the cultures is improved. But there are limits especially related to the organization of work.



AFFICHE

✓ Des avancées prometteuses dans la protection intégrée vis-à-vis des rouilles du chrysanthème.

¹JEROME GUERRAND, ¹AMANDINE DREVON, ¹ANNE-SOPHIE COLOMBEL, ²OSCAR STAPEL,
¹EMMANUEL PAJOT

¹Bretagne Biotechnologie Végétale (BBV) - Penn-ar-prat - 29250 SAINT POL-DE-LEON
²Stepp Bretagne - 52, rue de St Ilan - 22360 LANGUEUX

Orateur : EMMANUEL PAJOT

Résumé

La rouille brune (*Puccinia chrysanthemii*) et la rouille blanche (*P. horiana*) sont deux parasites fongiques du chrysanthème dont le contrôle est une priorité pour la filière horticole française, *P. horiana* étant classé comme pathogène de quarantaine (liste de la directive 2000/29/CE).

En 2004, un programme de recherche appliquée a été initié en partenariat avec l'Astredhor et dont l'objectif est d'identifier des alternatives aux fongicides vis-à-vis de ces deux pathogènes. Dans un premier temps, les travaux conduits nous ont permis de maîtriser la conservation des isolats pathogènes et la production d'inoculum. Ensuite, à l'aide de références fongicides, un pathotest a été développé. Les premiers criblages nous ont servis à identifier des substances d'intérêt en terme de protection. Puis, afin de mieux caractériser le mode d'action de ces substances, une synthèse des tests d'« effet direct », d'efficacité de protection et de mesure d'induction des réponses de défenses chez les plantes traitées a été effectuée.

Les résultats démontrent l'intérêt de la résistance induite pour une utilisation future en complémentarité des pesticides conventionnels utilisés dans la maîtrise des rouilles du chrysanthème.

Mots-clés : Rouille fongique, culture ornementale, pathotest, éliciteur, résistance induite.

Introduction

Les rouilles du chrysanthème appartenant au genre *Puccinia* sont des maladies fongiques affectant les chrysanthèmes. L'introduction et la dissémination de ces bioagresseurs peuvent entraîner de graves pertes chez les producteurs. Leur cycle biologique comporte plusieurs stades sporogènes selon l'espèce.

Actuellement, la lutte chimique conventionnelle et la lutte génétique ne permettent plus à elles seules de contrôler efficacement ces maladies. Il apparaît donc urgent de développer des outils pour maîtriser ces parasites et notamment *P. horiana*, pathogène de quarantaine.

Depuis 2004, en partenariat avec l'Astredhor, BBV a initié un programme de recherche dont l'objectif est d'évaluer une nouvelle stratégie de lutte : la résistance induite. Contrairement à *P. horiana* (agent responsable de la rouille blanche du chrysanthème), *Puccinia chrysanthemii* (responsable de la rouille brune) a été utilisé comme modèle d'étude dans ce programme car il ne présente pas de restriction particulière de manipulation (confinement). Il s'agissait donc de maîtriser les différentes étapes du cycle biologique de ce parasite (multiplication, conservation, production d'unités infectieuses...) dans l'objectif de développer un pathotest adapté à l'évaluation de l'efficacité de protection de nouvelles substances en cultures de chrysanthème. Les premiers criblages démontrent l'existence de substances prometteuses et plus particulièrement l'intérêt de la résistance induite dans la protection intégrée en culture du chrysanthème.

Dans la continuité, après avoir obtenu un agrément pour la détention et manipulation de *P. horiana*, les premières étapes du pathotest chrysanthème/*P. horiana* ont été mises au point.

Résultats

Test de conservation des inocula

Les résultats montrent que les spores de chacune des rouilles travaillées résistent au choc de la conservation sous azote liquide et que ce mode de conservation reste très certainement le plus adapté au stockage à moyen et long terme de ces deux pathogènes.

Efficacité de protection sur le modèle chrysanthème / P. chrysanthemii

Pour chacun des produits évalués, trois essais indépendants ont été menés.

Le BABA permet d'obtenir jusqu'à 80 % de protection. Cette molécule montre également une protection dose dépendante. L'ASM, également connu pour sa capacité à induire des réponses de défense, présente jusqu'à 53 % d'efficacité. Par ailleurs, un extrait végétal et un extrait protéique, la harpin protein, ont permis d'observer respectivement 40 % et 70 % de protection. Le régulateur de croissance testé (prohexadione calcium) n'a pas montré d'efficacité de protection vis-à-vis de la rouille brune.

Par la suite, afin d'acquérir des informations sur l'origine de la protection observée, pour chacune des modalités évaluées, leur effet sur la germination des spores a été mesuré à partir d'un test direct de « pouvoir anti-germinatif ».

La référence fongicide utilisée, inhibe, dans nos conditions, jusqu'à 80 % cette germination. Cet effet connu explique le niveau de protection obtenu avec ce produit vis-à-vis de cette maladie.

Le BABA et l'ASM montrent tous deux une efficacité de protection qui dans le cas du BABA ne peut être expliqué par ses effets sur la germination des spores. Dans le cas de l'ASM, avec un effet sur la germination des spores aussi fort que la référence fongicide (80 % d'inhibition) un mode d'action double ne peut être écarté (à la fois stimulation des défenses et effet direct). L'extrait végétal qui présente une protection moyenne (40 %) montre également un léger effet inhibiteur sur la germination des spores (30 %). Des essais en cours permettront toutefois de savoir si l'efficacité de cet extrait est plutôt due à sa capacité d'activation des mécanismes de défenses ou bien à sa toxicité vis-à-vis des spores.

Des tests complémentaires, actuellement en cours de réalisation, permettront d'évaluer le caractère « systémique » de la protection observée avec chaque produit. Par ailleurs, ces tests donneront accès à l'effet des modalités d'intérêt (BABA, extrait végétal...) sur les réponses de défenses.

Conclusions

La meilleure caractérisation du mode d'action de ces produits alternatifs, dans nos conditions d'utilisation, nous permettra, à terme, d'optimiser leurs applications (mode d'apport, positionnement, rémanence, synergie, complémentarité...) au sein d'un itinéraire technique. Par ailleurs, tous les résultats obtenus à l'échelle du laboratoire sont en cours de validation en conditions de production au sein de la Stepp Bretagne (station d'expérimentation agronomique du réseau Astredhor coordonnant ce projet). A ce jour, les premiers résultats obtenus sur rouille brune confirment les tendances observées au laboratoire et notamment ceux obtenus avec l'ASM. D'ici 2007, l'efficacité du BABA, de la protéine harpin et de l'extrait végétal pourra être mesurée vis-à-vis de la rouille blanche, au niveau du laboratoire, mais aussi à l'échelle de la production en conditions d'infestation naturelle favorisées.

∞ Induced resistance : a promising alternative to chrysanthemum fungal rusts.

Brown rust (Puccinia chrysanthemii) and white rust (P. horiana) are two chrysanthemum fungal parasites. Their management are a priority for the French ornamental producers indeed P. horiana belongs to the quarantine pathogenic list (2000/29/EC Directive).

An applied research program in collaboration with the Astredhor started in 2004. Its aim is to identify alternative methods to fungicides against these two pathogens. First of all, this program has helped us to maintain the strain of these pathogens and the production of inocula. Afterward, thanks to fungicide reference products, a pathotest has been developed. The first screenings have pointed out interesting substances. In order to characterize the effect of these products several tests such as in vitro, protection efficiency and defence response measurements on treated plants have been performed.

The results show the great potential, in chrysanthemum rust management, of the induced resistance which should be involved in association with current pesticides.

Keywords : Fungal rust, ornamental culture, pathotest, plant activator, induced resistance.



COMMUNICATION ORALE

✓ Inventaire faunistique dans des productions ornementales méditerranéennes.

ANGE LHOSTE-DROUINEAU

SCRADH - 727, avenue Alfred Décugis - 83400 HYERES

Dans le Sud Est de la France, des horticulteurs des environs d'Hyères, conseillés par les techniciens du Groupement de producteurs Phila-Flor, appliquent les stratégies de protection des plantes, mises en œuvre dans les essais fleurs coupées sous serre conduits au Scradh. Ces stratégies sont un agencement de mesures prophylactiques, chimiques, biotechnologiques et biologiques.

Les suivis des cultures se font à l'aide de pièges à insectes et d'échantillonnage d'individus présents sur le végétal. Les populations ainsi capturées sont triées puis identifiées soit par nos soins, avec le partenariat de M. François Bertaux du service de la protection des végétaux des Alpes Maritimes, soit par des laboratoires spécialisés.

Ce premier inventaire fait apparaître une faune auxiliaire indigène aussi importante que variée. Les sites de production étudiés présentent des particularités mais aussi des similitudes souvent liées à l'installation de plusieurs auxiliaires indigènes, dont la mouche prédatrice *Coenosia attenuata*.

Ils révèlent aussi de nombreux hyménoptères dont la diversité des genres est accentuée en été par la prolifération des ravageurs dont les chenilles.

La faune auxiliaire indigène est un atout agronomique mais aussi économique. Elle peut permettre de réduire le coût de la protection des plantes. A la demande des producteurs engagés dans cette démarche, les stratégies de protection biologique intégrée sont poursuivies.

De nouveaux sites sont à l'étude.

L'objectif de ce travail en réseau est l'identification des principaux ravageurs et auxiliaires présents dans les cultures et leur environnement proche, afin de définir un choix de plantes les plus favorables au maintien et à la diversité des auxiliaires naturels.

Après dix mois de collectes nous vous rapportons les premiers résultats.

Partenaires techniques et scientifiques

François Bertaux du service de la protection des végétaux des Alpes Maritimes.
Isabelle Forest, Christophe Massel et Christophe Roberti, Conseillers du Groupement de producteurs Phila-flor.

Matériel

Pièges englués jaunes et bleus (10 cm x 20 cm) pour la capture de la faune ambiante.

Pièges à entonnoir avec phéromones sexuelles pour la dynamique de vols des lépidoptères.

Aspirateur à bouche pour la collecte d'insectes peu mobiles.

Micro-tubes remplis d'eau et d'alcool pour la conservation d'individus de petites tailles et la capture des acariens avec un pinceau fin.

Boîtes de Pétri pour la maturation des pontes et des larves parasitées et boîtes de polystyrène pour les élevages d'insectes.

Méthode

Les pièges sont relevés une fois par semaine sur huit sites chacun ayant ses spécificités : espèce cultivée, environnement, pratiques culturales et système de protection des plantes (*tableau 1*). Des notations sur les pratiques culturales (traitements réalisés,...) et la qualité des fleurs viennent compléter les comptages. Les identifications sont réalisées par nos soins et les services spécialisés. Les échantillons sont triés dans trois groupes : ravageurs, auxiliaires et indifférents.

Tableau 1 : les spécificités des sites étudiés dans les environs d'Hyères (Var - France)

Site	Production	Serre et support	Environnement	Protection
Le Pradet	Lisianthus FC ⁽¹⁾	Verre à armature métallique - PT ⁽³⁾	<i>Viburnum macrophyllum</i> <i>V. opulus</i>	Biologique intégrée
La Moutonne	Cyclamen PP ⁽²⁾	Multichapelle plastique Richel	Fruitiers, palmiers, oliviers, <i>Viburnum</i>	Chimique raisonnée
La Moutonne	Anthurium FC	Multichapelle plastique Richel - HS et recyclage	Fruitiers, palmiers, oliviers, <i>Viburnum</i>	Biologique intégrée
La Crau	Anémone FC Arum FC	Verre à armature bois - PT	Vignoble	Chimique raisonnée
Le Gapeau	Gerbera FC	Verre à armature métallique - HS ⁽⁴⁾ recyclage	Horticole, espaces verts paysagés	Biologique intégrée
Les Nartettes	Rose FC jeune plantation	Tunnel - HS	Horticole et maraîcher	Chimique raisonnée
Le Palyvestre	Anémone FC Matricaire FC	Verre - PT	Horticole et maraîcher	Chimique raisonnée
Le Pansard	Gerbera FC	Verre - HS	Vignoble	Chimique raisonnée
Scradh	Anémone, Anthurium Arum, Campanule, Célosie Gerbera, Giroflée Helianthus (tournesol) Lisianthus, Renoncule	Multichapelle plastique, verre, PT, HS, recyclage	Horticole, maraîcher, pépinière	Biologique intégrée

(1) fleur coupée - (2) plante en pot - (3) pleine terre - (4) hors sol

Premiers résultats

Peu de nouveaux ravageurs ont été identifiés.

Des rapprochements entre les individus sont possibles : couple (ravageur et auxiliaire), spatio-temporel (période et zone géographique) et plante. Ainsi des similitudes entre sites éloignés apparaissent : l'installation du *Coenosia attenuata* sur plusieurs espèces cultivées et des systèmes de production variés, la présence d'un acarien prédateur sur une même espèce à la même période, et l'apparition de nombreux hyménoptères à la fin de l'été. Plusieurs auxiliaires s'installent en même temps sur une culture donnée assurant le contrôle biologique de plusieurs espèces de ravageurs (Tableau 2).

Tableau 2 : Quelques similitudes entre les sites étudiés dans les environs d'Hyères (Var - France)

Auxiliaire indigène	Cible	Période de présence en semaine	Production	Protection	Site
<i>Coenosia attenuata</i> Diptère prédateur	Aleurodes, Mouches mineuses, Mouches des terreaux et insectes volants	2 à 43	Anémone, Campanule Célosie, Cyclamen Gerbera, Giroflée Hélianthus, Lisianthus, Matricaire, Renoncule	PBI et chimique raisonnée	La Crau, Le Palyvestre La Moutonne Scradh (Hyères)
<i>Phytoseiulus persimilis</i> Acarien prédateur	Araignée rouge (<i>Tetranychus urticae</i>)	27 à 38	Gerbera	Biologique intégrée	Le Gapeau Scradh
<i>Aeolothrips</i> Thrips prédateur	Thrips (<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>thrips tabaci</i> , ...)	18 à 29	Lisianthus, Gerbera	Biologique intégrée	Le Pradet Scradh

De très nombreux micro-hyménoptères sont capturés sur les pièges englués, mais l'identification est très difficile du fait de la méthode de capture et de la quasi absence de spécialiste.

Conclusion

L'emploi de méthodes respectueuses de l'environnement a contribué à l'installation progressive d'une faune auxiliaire indigène qui s'avère aussi diversifiée qu'efficace dans le contrôle biologique d'organismes nuisibles aux cultures florales que celles-ci soient chauffées ou pas. Les principaux auxiliaires indigènes recensés ont été une grande variété de parasites d'insectes et la mouche prédatrice *Coenosia attenuata*. A terme, il sera intéressant de connaître les facteurs favorables au maintien de ces populations mais également les plantes à introduire comme réservoirs d'auxiliaires.

Remerciements

François BERTAUX du Service de la Protection des Végétaux des Alpes Maritimes,
Véronique GRAFF, ancienne conseillère et expérimentatrice du GIE Fleurs et Plantes d'Aquitaine,
Isabelle FOREST, Christophe MASSEL, Christophe ROBERTI, Conseillers du groupement de producteurs Phila-Flor.

≡ *Faunistic inventory in Mediterranean decorative productions*

*In the South East of France, growers nearby of Hyères, advised by the technicians of the Producer group Phila-Flor, apply the strategies of protection of the plants put in the tests cut flowers led to Scradh. These strategies are a synthesis of prophylactic, chemical, technological and biological methods. The survey of the crops is done using sticky traps and sampling insects on the plants. The populations captured are then identified by ourself, with the partnership of Mr. François Bertaux from the Plant Protection Service in the Alpes Maritimes, or by specialized laboratories. This first inventory reveals an indigenous fauna as important as varied. The studied sites of production present characteristics but also similarities often related to the installation of many indigenous beneficials, as the predatory fly *Coenosia attenuata*. They reveal also many wasps with more diversity in summer. Indigenous beneficials fauna is an agronomic but also an economic advantage. It could reduce the cost of the plant protection. To the request of the producers, the strategies of integrated pest management are pursued. New sites could be checked. The objective of this work in network is the identification of the main pests and beneficials found in the crop and the close nearby, in order to define the best plants for the permanence and diversity of beneficials.*



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Études expérimentales des nouveaux auxiliaires *Typhlodromips (Amblyseius) swirskii*, *Franklinothrips vespiformis* et *Encarsia hispida* en cultures légumières sous abris : premiers résultats et perspectives.**

¹YANNIE TROTTIN-CAUDAL, ²CATHERINE CHABRIÈRE, ¹CHRISTINE FOURNIER,
¹JEAN-MICHEL LEYRE, ³LEEN SCHOEN, ⁴DOMINIQUE BORDAT

¹Ctifl - B.P. 32 - 30127 BELLEGARDE, ²APREL - Route de Mollégès - 13210 ST RÉMY DE PROVENCE
³CENTREX - 66440 TORREILLES

⁴CIRAD - Campus International de Baillarguet - 34398 MONTPELLIER Cedex 5

Oratrice : YANNIE TROTTIN-CAUDAL

Le thrips *Frankliniella occidentalis* ainsi que les aleurodes *Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci* sont des ravageurs importants sur de nombreuses cultures légumières sous abri. Des auxiliaires sont actuellement disponibles pour protéger les cultures contre ces deux ravageurs et des stratégies d'introduction existent. Toutefois, dans le but d'améliorer l'efficacité et la fiabilité de ces stratégies tout en réduisant les coûts de la protection intégrée, des études ont été réalisées sur de nouveaux auxiliaires. Deux prédateurs de thrips et d'aleurodes ont été étudiés, *Typhlodromips (Amblyseius) swirskii* Athias-Henriot et *Franklinothrips vespiformis* (Crawford) ainsi qu'un parasitoïde d'aleurodes *Encarsia hispida* De Santis.

***Typhlodromips (Amblyseius) swirskii* (Acari : Phytoseidae)**

Il a été observé en Israël et est communément présent dans les pays de l'est méditerranéen (Italie, Chypre). Il peut se nourrir de pollens et s'attaque à de nombreuses proies telles que le thrips *F. occidentalis*, les aleurodes *T. vaporariorum* et *B. tabaci*, notamment sur concombre et poivron. Son cycle de l'œuf à l'adulte est d'environ cinq à six jours à 26°C et 70 % d'humidité relative. Il est de petite taille, blanchâtre à rose-orangé et se localise notamment au niveau de la base des nervures des feuilles et/ou dans les fleurs.

Des essais ont été mis en place en 2006 sur la station du Ctifl de Balandran, sur concombre (deux séries au printemps et en été) et poivron en conditions de serres ou tunnels expérimentaux, étanches aux insectes avec infestations artificielles d'aleurodes (*T. vaporariorum* et *B. tabaci*) et /ou de thrips *F. occidentalis* : études de doses et d'époque d'apports, en pépinière ou en début de culture. Dans ces conditions, *T. swirskii* (Fournisseur Koppert) a très bien limité sur concombre les populations de thrips et d'aleurodes à la dose d'un sachet pour trois plantes en un seul apport, avec une bonne installation dans la culture et une colonisation rapide des plantes. Ces populations se sont adaptées aux effectifs de proies et en colonisant le témoin, il a provoqué une forte réduction des populations de ravageurs dans cette modalité. L'apport en pépinière s'est montré aussi une stratégie intéressante. Sur poivron, les résultats sont proches : le prédateur introduit en un seul apport à la dose d'un sachet pour quatre plantes s'est bien installé à la fois sur les feuilles et dans les fleurs. Il a limité fortement les populations de thrips par rapport au témoin.

Deux essais ont aussi été effectués sur concombre à la CENTREX pour évaluer le développement de la population de *T. swirskii* dans des conditions pratiques en présence d'une population élevée d'aleurodes. L'introduction en vrac sur les cubes de laines de roche a été comparée avec une introduction en sachets Gemini (Fournisseur Syngenta Bioline). Les premiers résultats semblent indiquer que dans certaines conditions, une introduction en vrac immédiatement après plantation donne un développement très satisfaisant des prédateurs.

Sur des sites de production, les essais sur poivron mis en place en 2006 par le Ctifl et l'APREL dans les Bouches du Rhône montrent aussi une bonne installation de l'auxiliaire introduit en vrac sur la base de deux apports de 25 individus par m², avec en cours de culture de faibles effectifs d'adultes et stades âgés de *B. tabaci*, comme dans la stratégie avec *Eretmocerus mundus* (20 individus par m² en huit apports). Par contre, l'action de *T. swirskii* sur thrips n'a pu être précisée dans les conditions de l'essai. Sur fraise dans le Vaucluse, les deux stratégies d'apports d'*A. cucumeris* seul (100 individus par m² en vrac + ½ sachet de 500 individus par m²) et de *T. swirskii* seul (100 individus par m² en vrac + ½ sachet de 250 individus par m²) ont montré des résultats satisfaisants, avec des niveaux de populations de thrips dans les fleurs jamais supérieurs à trois individus par fleur contre cinq dans la référence en protection chimique raisonnée. Les observations complémentaires réalisées en Provence sur concombre et aubergine sous abri confirment une bonne installation de l'auxiliaire.

***Franklinothrips vespiformis* (Thysanoptera : Aeolothripidae)**

Ce thrips prédateur a d'abord été observé en Floride sur avocatier. Il est également trouvé au Mexique, en République Dominicaine... Prédateur de thrips et d'aleurodes, son cycle de l'œuf à l'adulte est de 22,4 jours à 25°C. Une température inférieure à 13°C est létale (Maignet, com.pers.). L'adulte (uniquement femelle) est noir avec une bande blanche au milieu du thorax et il a l'apparence et le mouvement d'une fourmi. Ce thrips présente deux stades larvaires dont le deuxième présente des bandes rouges caractéristiques sur l'abdomen et tisse un cocon qui se développe au sol ou sur les feuilles près des nervures (poivron).

Des essais ont été mis en place au Ctifl de Balandran sur poivron (deux séries en 2005 sur *B. tabaci* et une en 2006 sur *F. occidentalis*) ainsi que sur concombre, en conditions de serres et tunnels expérimentaux étanches aux insectes et avec infestations artificielles d'aleurodes (*T. vaporariorum* et *B. tabaci*) et /ou de thrips *F. occidentalis* : études de doses et efficacité. Dans ces conditions, *F. vespiformis* (Fournisseur Biotop) en trois apports de 0,5 adulte par m² a limité sur poivron les populations de *B. tabaci*. Il a montré une forte capacité de prédation, par contre son installation dans la culture a été assez lente. Sur cette même espèce, avec un apport unique de 1,5 adultes/m², il a eu une bonne efficacité sur thrips, proche de celles des modalités avec *T. swirskii*. Par contre, sur concombre, dans nos conditions, il s'est installé mais son efficacité s'est montrée très insuffisante, probablement à cause d'un premier apport de l'auxiliaire en quantité trop faible.

***Encarsia hispida* (Hymenoptera : Aphelinidae)**

E. hispida est originaire de la région néotropicale où il a été trouvé en 1967. Il parasite à la fois *T. vaporariorum* et *B. tabaci*. Les premiers travaux sur cette espèce ont été effectués par Maignet sur une population naturelle de la région d'Antibes. Selon ses études, *E. hispida* parasite au cours de sa vie, en moyenne 290 larves d'aleurodes et prédate 90 larves. Sa longévité est de 59 jours à 22°C.

Cet auxiliaire a été observé dans une culture d'hibiscus dans le sud-ouest et ses performances ont été évaluées sur cette espèce ainsi que sur poinsettia (Graff *et al* 2006). Sur cultures maraîchères, des éléments de biologie ont été étudiés au CIRAD en 2005 et 2006 sur *B. tabaci* puis en serres expérimentales en 2006 au Ctifl de Balandran, dans le but d'évaluer l'efficacité du parasitoïde sur les deux espèces d'aleurodes (seules ou en mélange) avec des infestations artificielles du ravageur. Le parasitoïde a été introduit sur une population d'aleurodes en début d'installation avec quatre lâchers, à sept jours d'intervalle, de 1,8 puparium en vrac par m² et comparé à *Encarsia formosa* (1,8/m²), *Eretmocerus eremicus* (3/m²) et *Eretmocerus mundus* (3/m²), avec une référence témoin sans auxiliaire.

En 2005, il apparaît que le comportement de ponte et de prédation des femelles de la population d'*E. hispida* testée, thélytoque, est différent suivant la plante hôte (tomate, concombre ou poivron). En 2006, les études ont montré que l'action de parasitisme ou de prédation est déterminée en fonction du nombre d'hôtes (*B. tabaci*) et du stade larvaire de l'aleurode. Le parasitisme a lieu préférentiellement sur les stades âgés et la prédation, sur les jeunes stades.

En serres expérimentales, *E. hispida* s'est montré efficace aussi bien sur *T. vaporariorum* que *B. tabaci*. Des prélèvements réguliers de feuilles confirment qu'il parasite les deux espèces d'aleurodes avec une efficacité rapide dès la première génération. Une action de prédation a aussi été observée sur l'ensemble des stades larvaires, action voisine de celle d'*E. formosa* dans nos conditions d'essai. Sur *B. tabaci*, les résultats sont en accord avec ceux obtenus au CIRAD en conditions de laboratoire.

Conclusions et perspectives

T. swirskii paraît être un prédateur prometteur sur concombre et poivron sous abri. Il est important d'affiner les stratégies d'utilisation et de poursuivre les observations sur d'autres espèces, notamment sur fraisier. *F. vespiformis* ne paraît pas pouvoir « rivaliser » avec *T. swirskii* sur concombre. Par contre, il serait intéressant d'approfondir son comportement et les possibilités d'utilisation sur poivron. Enfin *E. hispida* est un parasitoïde intéressant notamment dans le cas de cultures de tomate infestées avec les deux espèces *T. vaporariorum* et *B. tabaci*. Son efficacité reste à approfondir, même s'il n'est pas actuellement commercialisé.

≡ *Experimental studies carried out on three new beneficials Typhlodromips (Amblyseius) swirskii, Franklinothrips vespiformis and Encarsia hispida in protected vegetable crops : first results and future perspectives.*

The thrips Frankliniella occidentalis and the whiteflies (Trialeurodes vaporariorum and Bemisia tabaci) are both major pests on various protected vegetable crops. Biological agents and strategies of use are currently available to control these pests. However, studies on new beneficials have been carried out to improve the efficiency and reliability of these strategies along with a cost reduction of IPM. Two predators of both thrips and whiteflies, Typhlodromips (Amblyseius) swirskii and Franklinothrips vespiformis and a parasitoid, Encarsia hispida, have been tested. The first two gave promising results on cucumber and /or pepper and the last one has showed an interesting efficiency of parasitism and predation on the two whitefly species, especially on tomatoes.

GRAFF V., LEMMET-BURLAT S., BORDAT D., TROTTIN-CAUDAL Y., 2006 : *Encarsia hispida* De Santis, parasitoïde de *Bemisia tabaci* (Gennadius) : efficacité en serres de production d'hibiscus et poinsettia et quelques éléments de biologie en conditions de laboratoire sur tomate, poivron et concombre. In : 3^{ème} Conférence Internationale sur les Moyens Alternatifs de Protection des Cultures, Lille, 13-15 mars 2006.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Dynamique des populations du puceron cendré du chou *Brevicoryne brassicae* (L.) et influence de la répartition spatiale des lâchers du parasitoïde *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) en culture de chou-fleur porte-graine sous abris froids.**

³SOLENN PERENNEC, ²MICHELE TRAVERS, ²CATHERINE ÇALDUMBIDE, ¹EMMANUELLE LAURENT,
¹MARIE LAURE CASALS, ¹VINCENT ODEAU, ³YANNICK OUTREMAN, ²ELIZABETH RAT MORRIS,
³ANNE LE RALEC

¹FNAMS - Centre Technique des Semences - 49800 BRAIN SUR L'AUTHION

²INH - 2, rue Le Nôtre - 49045 ANGERS Cedex

³UMR BiO3P INRA - AGROCAMPUS Rennes - 65, rue de St Briec - 35042 RENNES Cedex

Oratrice : ANNE LE RALEC

Face à l'impossibilité d'intervenir chimiquement au moment de la floraison des choux pour respecter la faune pollinisatrice, les producteurs de semences de chou-fleur se trouvent confrontés à une impasse phytosanitaire dans le cadre de la lutte contre le puceron cendré du chou, *Brevicoryne brassicae* (L.)

En 2006, dans la continuité de leur programme de lutte en Protection Biologique Intégrée contre ce puceron, l'objectif de la Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences (FNAMS) et de l'Institut National de l'Horticulture (INH), en partenariat avec l'UMR BIO 3 P INRA AGROCAMPUS Rennes, est d'évaluer l'influence du nombre de points d'apport de *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) sur la répartition du parasitisme de *B. brassicae*. Pour cela, des lâchers de *D. rapae* sont effectués après infestation artificielle de chou-fleur par *B. brassicae*.

Le puceron cendré est inféodé aux Brassicacées sauvages ou cultivées sur lesquelles il accomplit tout son cycle. Il y a deux périodes de vol, l'une se situe entre début mai et début août, l'autre de septembre à la fin octobre. Sa pullulation maximale à la fin du mois de mai coïncide avec la formation des siliques.

D. rapae est un insecte indigène appartenant à l'ordre des Hyménoptères. S'il est le seul parasitoïde de *B. brassicae*, il ne lui est pas inféodé. En effet, plus de 60 espèces de pucerons peuvent être parasitées par *D. rapae* (Pike et al., 1999). La femelle pond indifféremment dans tous les stades du puceron.

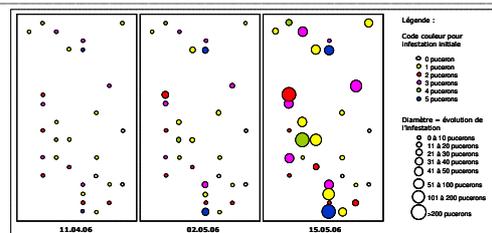
Les élevages de *B. brassicae* et *D. rapae* sont conduits au laboratoire d'entomologie de l'INH. *B. brassicae*, issu d'une population locale prélevée sur colza, est maintenu en élevage sur de jeunes plants de chou fourrager (*Brassica oleracea convar. acephala* (L.)) Les adultes de *D. rapae* utilisés pour l'expérimentation sont issus d'une population indigène maintenue en laboratoire sur *B. brassicae* (16 h jour / 8 h nuit - 21°C).

L'essai est mis en place dans une serre tri-chapelles de la FNAMS. Plantés en septembre 2005 la culture de choux fleurs porte graine est conduite en conditions professionnelles. Nous disposons de quatre cellules isolées par des filets insect - proof soit quatre blocs pour l'essai comparant les techniques de lâcher de *D. rapae*.

En conditions naturelles, les pucerons ailés de *B. brassicae* arrivent sur les plants de choux au hasard et fondent des colonies. La population croît ensuite de manière exponentielle conduisant à une répartition agrégative. Une infestation artificielle par *B. brassicae*, selon une distribution de Poisson, a été réalisée, reflétant l'arrivée aléatoire en conditions naturelles d'une moyenne de deux individus ailés par chou venant coloniser les plants. Les 176 choux de chaque bloc sont étiquetés et infestés selon un plan précis : 0 à 7 pucerons peuvent être déposés sur chaque chou. Pour faciliter ce dépôt, il a été nécessaire de passer par une étape intermédiaire. Pour chaque plant à infester, les pucerons sélectionnés - larves L3 ou L4 - sont disposés au laboratoire sur de jeunes feuilles de choux déposées une à une dans une boîte de Pétri dûment fermée à l'aide de Parafilm® et étiquetée à l'identique du chou à contaminer. Le tout est maintenu au froid jusqu'au lendemain, jour de l'infestation. Sous l'abri froid, ces jeunes feuilles sont fixées par une aiguille sur les choux en suivant l'étiquetage. Le suivi de population de *B. brassicae* est basé sur le dénombrement des pucerons et des colonies observés sur 30 choux échantillonnés par bloc (dix dates d'observations).

Figure 1 : Evolution dans le temps de *B. brassicae* suite à une infestation artificielle

L'infestation artificielle réalisée répartit bien aléatoirement les pucerons sur l'ensemble des choux aboutissant dans le temps à une répartition agrégative de ces derniers.

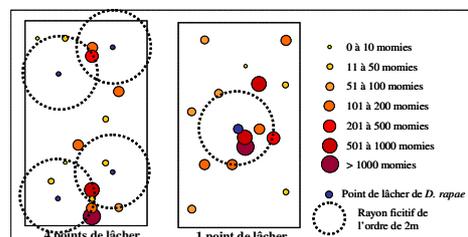


Le protocole d'infestation artificielle permet de reproduire correctement une cinétique de population naturelle et sera utilisable pour d'autres expérimentations, avec des résultats extrapolables aux infestations naturelles.

Nous avons comparé l'influence du nombre de points de lâchers - un seul point et quatre points disposés en quinconce - sur le parasitisme de *B. brassicae* par *D. rapae*. Les *D. rapae* sont lâchés sous forme d'adultes âgés de 24 heures maximum. La dose d'apport est identique dans chaque bloc : une femelle de *D. rapae* pour 40 momies espérées. Un mois après l'infestation artificielle avec *B. brassicae*, nous avons apporté par bloc, 361 femelles et 217 mâles de *D. rapae* pour 14000 pucerons estimés sur feuilles. Les momies formées sont dénombrées sur feuilles et sur hampes (3 notations sur 15 jours) sur 15 choux échantillonnés parmi les 30 référencés pour *B. brassicae*. Le suivi de l'activité parasitaire de *D. rapae* met en évidence la capacité de cet auxiliaire à parasiter les pucerons quelle que soit leur répartition spatiale sur la plante. Dans les conditions de notre essai, nous n'observons pas de différence significative sur le parasitisme entre les deux méthodes de lâcher.

Figure 2 : Répartition des momies autour des points de lâcher

Nous constatons que l'action des parasitoïdes diminue quand on s'éloigne du point de lâcher. Avec le lâcher en quinconce, on observe un effet de "front" le parasitisme augmentant de façon significative à la croisée des zones prospectées (rayon de 2 m).



Ces résultats restent à confirmer mais laissent suggérer qu'à l'échelle d'une serre il serait préférable de multiplier les points de lâchers.

Cet essai est une étape fort concluante dans l'élaboration d'un programme de lutte biologique contre *B. brassicae* en production de semences de chou-fleur. Il montre la nécessité d'une intervention précoce, au regard de l'évolution des populations de pucerons, avec un rapport parasitoïdes / hôtes supérieur. Une introduction précoce, utilisant des hôtes et plantes relais pourrait fournir une réponse adaptée, en permettant aux parasitoïdes d'être présents dès l'arrivée des pucerons. *D. rapae* étant répertorié comme parasitoïde de *Myzus persicae*, l'autre puceron ravageur des choux, le programme de recherche pourra peut être également s'attacher à son efficacité en serre de production où les parasitoïdes se retrouvent en situation de choix. Enfin, si *D. rapae* est un auxiliaire fort prometteur, il convient dès à présent de se poser les questions d'un élevage industriel, étape préliminaire à toute préconisation.

≡ **Population dynamics of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera : Aphididae) in relation to releasing spatial repartition of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) Hymenoptera : Braconidae) in a biological control strategy in protected crops of seed-bearer cabbage.**

The development of an Integrated Biological Control program is necessary for seed producers to reduce population of cabbage aphid on the seed-bearer cabbage crops, as, in order to preserve pollinator insects, they can't use insecticides during the flowering. An artificial infestation of seed-bearer cabbage crop by *Brevicoryne brassicae* in a plastic tunnel was carried out, simulating a natural infestation. Then, *Diaeretiella rapae* were released in one or four points at the same amount. *B. brassicae* population survey shows an aggregative repartition: the artificial infestation reproduces natural infestation. Parasitism by *D. rapae* was low, and did not allow concluding on the better releasing technique. However, the parasitism repartition seems to be dependant on plant structure and on distance between the different points of releases. Aphid population was not controlled in this experiment. Anyway our results suggest that doses and releasing points repartition must be adapted to cultivars in relation to their foliar structure and planting density.



COMMUNICATION ORALE

✓ Lutte biologique contre les maladies : situation actuelle et perspectives de durabilité.

PHILIPPE NICOT, MARC BARDIN

INRA Avignon - Unité de Pathologie Végétale
Domaine St Maurice - B.P. 94 - 84143 MONTFAVET Cedex

Orateur : MARC BARDIN

La protection biologique et intégrée des cultures suscite un intérêt croissant, notamment du fait du retrait progressif de nombreuses matières actives utilisées pour la lutte chimique, de la multiplication des problèmes de résistance des bioagresseurs, des attentes sociétales en termes d'agriculture durable et de la sensibilité croissante du public concernant l'impact des intrants sur la santé humaine et sur l'environnement.

De très nombreux travaux de recherche

La lutte biologique contre les maladies des plantes a fait l'objet depuis plusieurs décennies de très nombreux travaux de recherche. Une analyse bibliométrique de la littérature scientifique internationale montre d'une part que les efforts de recherche dans ce domaine sont en constante croissance et d'autre part que l'impact, au sein de la communauté scientifique, des publications concernant la lutte biologique est lui aussi en augmentation. Par exemple, le Facteur d'impact de la revue *BioControl* a été multiplié par trois entre 1997 et 2001 et il a encore augmenté de 54 % entre 2001 et 2005.

Une palette de produits commerciaux encore limitée mais en expansion

Les efforts de recherche et développement ont abouti à la mise sur le marché de produits commerciaux de plus en plus nombreux, à base de micro-organismes ou d'extraits de plantes. Une étude publiée en 2005 par Agriculture et Agroalimentaire Canada (<http://www.agr.gc.ca>) a recensé 32 produits commerciaux à base de bactéries et 22 à base de champignons bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché pour la lutte contre les maladies des plantes dans au moins un des 30 pays de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques. Par ailleurs en 2005-2006, des préparations à base de virus ont été homologuées aux Etats-Unis (bactériophages) et en France (souche atténuée de ZYMV) pour lutter contre des maladies de cultures maraîchères. Parmi les produits recensés, la plupart (88 % et 82 % des préparations à base de bactéries et de champignons, respectivement) sont homologués pour des usages sur cultures horticoles (fruits et légumes, cultures ornementales) et majoritairement pour la lutte contre des maladies telluriques (environ 80 %). Quelques produits (préparations à base de *Bacillus subtilis* ou à base de protéines bactériennes de type Harpine) stimulant la croissance et les défenses naturelles des plantes sont homologués pour des usages à large spectre d'action (multicultures, nombreux types d'agents pathogènes). En France, quatre produits de lutte biologique bénéficient aujourd'hui d'une autorisation de mise sur le marché (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>) : Agroguard-Z, une préparation à base d'une souche atténuée du virus ZYMV pour le traitement des parties aériennes du concombre, du melon et de la courgette contre ce même virus ; Contans, une préparation à base du champignon *Coniothyrium minitans* pour le traitement du sol contre *Sclerotinia sclerotiorum* ; Iodus-2-Céréales, une préparation à base d'extrait d'algue (laminarine) pour le traitement des parties aériennes du blé contre l'oïdium, le piétin verse et les septorioses, et de l'orge contre l'helminthosporiose et l'oïdium ; Serenade Biofungicide, une préparation à base de *Bacillus subtilis* pour le traitement de la vigne contre la pourriture grise.

La lutte biologique peut-elle être plus durable que la lutte chimique ?

Les risques d'apparition de souches résistantes aux agents de lutte biologique contre les maladies des plantes sont généralement considérés comme faibles, en particulier quand ils mettent en œuvre plusieurs mécanismes d'action (Handelsman et Stabb, 1996, Duffy et al. 2003). L'utilisation de lutte biologique en alternance est d'ailleurs souvent présentée comme un outil potentiel de gestion des résistances liées à la lutte chimique. Cependant, l'apparition progressive de résistances au champ à certains microorganismes utilisés contre des insectes nuisibles souligne la pertinence de ce sujet pour la lutte biologique contre les maladies.

De quelles armes les micro-organismes phytopathogènes disposent-ils pour résister aux agents de lutte biologique ?

Par analogie avec les phénomènes observés pour la lutte chimique, on peut postuler que les agents de lutte biologique dont l'efficacité repose sur l'antibiose (la production de substances à effet toxique contre les micro-organismes phytopathogènes) pourraient poser des risques de développement de résistance. C'est surtout pour la microflore du sol, d'où proviennent la majorité des agents de lutte biologique commercialisés, et où s'exerce en permanence une forte compétition entre microorganismes, que des études ont été réalisées (Duffy et al. 2003). Les substances responsables de l'antibiose ont pu être caractérisées chez des souches appartenant à diverses espèces d'agents de lutte biologique (notamment *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum*), et les gènes impliqués dans la production de certaines de ces substances ont été identifiés. Par ailleurs, des différences de sensibilité à ces substances ont été mises en évidence chez des agents pathogènes cibles, et dans certains cas, des mécanismes de résistance ont été élucidés (Duffy et al. 2003). Les principaux mécanismes rencontrés sont, comme pour la résistance aux produits phytosanitaires, la détoxification des substances, leur dégradation, ou leur expulsion de la cellule par le micro-organisme phytopathogène à l'aide de transporteurs ABC (ATP-binding cassette). Des mécanismes particuliers ont aussi été identifiés. C'est le cas par exemple de la résistance chez la bactérie phytopathogène *Agrobacterium tumefaciens* (agent de la galle du collet) à l'agrocine 84 sécrétée par l'agent de lutte biologique *A. rhizogenes* souche K84. Les trois mécanismes de résistance mis en évidence impliquent des plasmides (petits fragments d'ADN circulaires distincts du chromosome hébergés naturellement par de nombreuses bactéries).

Outre l'antibiose, d'autres modes d'action des agents de lutte biologique ont été décrits. C'est le cas par exemple de la compétition pour des éléments nutritifs, du parasitisme ou de la stimulation des défenses naturelles de la plante hôte. On dispose de beaucoup moins d'information pour ces modes d'action, bien que l'on puisse postuler qu'ils doivent eux aussi exercer une pression de sélection sur les agents phytopathogènes.

Pertes d'efficacité de la lutte biologique contre les maladies

Bien que des études aient montré que certains micro-organismes phytopathogènes disposent d'armes leur permettant de devenir résistants à l'action d'agents de lutte biologique, les descriptions de perte d'efficacité de la lutte biologique sont extrêmement rares (Duffy et al. 2003). Trois cas bien documentés concernent la résistance d'*Agrobacterium tumefaciens* à la souche K84 d'*A. rhizogenes*, la résistance de *Botrytis cinerea* à *Bacillus subtilis* et de l'agent du piétain verse à *Pseudomonas*.

Les perspectives

Aux niveaux international et national, les agents de lutte biologique contre les maladies représentent une part récente et très limitée du marché phytosanitaire. Il est donc difficile d'avoir un recul suffisant pour mesurer les effets des pressions sélectives exercées par ces produits sur les populations d'agents pathogènes. Cependant, ces pressions devraient augmenter sensiblement dans les années à venir, avec l'arrivée attendue de nouveaux produits, l'élargissement probable des domaines d'homologation des produits existants (cultures, types de maladies, pays) et des surfaces traitées. On peut donc craindre une augmentation des risques d'apparition de résistance, qui souligne l'intérêt que l'on doit porter à la question de la durabilité de la lutte biologique. Une meilleure compréhension des facteurs de risque, notamment en fonction des modes d'action des agents de lutte biologique, est indispensable pour orienter les critères de sélection de nouveaux agents de lutte

biologique ou mettre en place des stratégies de gestion préventive des risques de contournement des produits existants.

Références :

Duffy, B., Schouten, A., Raajmakers, J.M. 2003. Pathogen self-defence: Mechanisms to counteract microbial antagonism. *Annu. Rev. Phytopathol* 41 : 501-538.
Handelsman, J, Staab, E.V. 1996. Biocontrol of soilborne plant pathogens. *Plant Cell* 8 : 1855-1869.

≡ ***Biocontrol against plant diseases : current situation and perspectives for durability.***

Sustained research efforts on the biological control of plant diseases have led to the registration of limited but ever increasing numbers of commercial products based on microbial preparations. A large proportion of these products (> 80 % of those registered in OECD countries) concerns the protection of horticultural crops, mostly against soilborne diseases. Four products are currently registered in France. According to frequently held belief, biological control may be more durable than chemical control. However, the recent experience with microbial biocontrol of insects and the known ability of many plant pathogens to develop resistance to chemical compounds underlines the importance of this issue for plant diseases. Numerous studies have demonstrated that plant pathogens are well armed to defend themselves against substances produced by microbial antagonists, although decreased efficacy of biocontrol due to antibiotic resistance has been documented in an extremely small number of cases. There is a need for more research work on this subject, as risks are likely to increase with the expanding agricultural utilization of biocontrol agents against plant diseases.



COMMUNICATION ORALE

✓ Nouvelles méthodologies d'analyse des dynamiques des bioagresseurs sous serres. Un futur outil de prévision des infestations ?

ALEXANDRE BOUT, ROGER BOLL, JOELLE VAGLIO, CHRISTINE PONCET

Unité de Recherches Intégrées en Horticulture - INRA Centre de Sophia Antipolis
400, route des Chappes - 06903 SOPHIA ANTIPOLIS Cedex

Orateur : ALEXANDRE BOUT

Dans les cultures sous abris, comme dans les productions de plein champ, la protection chimique conventionnelle a perdu de son efficacité et les exploitants se retrouvent bien souvent sans solutions efficaces contre certains bio-agresseurs. Les raisons principales en sont la diminution du nombre de matières actives autorisées et la généralisation des phénomènes de résistance. A cela s'ajoute de nouvelles préoccupations en terme de préservation de l'environnement et de risques sanitaires. Il est nécessaire de pouvoir proposer de nouvelles méthodes de protection des cultures qui prennent en compte l'ensemble de ces questionnements ainsi que les contraintes liées à ce système de production. L'ultra intensivité qui le caractérise exige en retour une production exempte de tous défauts. Les prises de décisions, nécessaires pour obtenir ce résultat, sont souvent trop tardives. Les observations à la base des interventions ne suffisent pas à maintenir la protection de la culture dans un contexte préventif et dans bien des cas celle-ci est alors curative. Une meilleure compréhension des dynamiques des bio-agresseurs est donc primordiale afin d'anticiper et de mieux cibler les interventions.

L'étude des dynamiques des bio-agresseurs a souvent été abordée sous forme d'essais mono-factoriels qui ne prennent pas en compte l'ensemble des interactions de l'organisme pathogène dans l'agro-écosystème serre. Ces relations sont complexes et comprennent les relations du bio-agresseur avec la plante, avec ses prédateurs et/ou parasitoïdes mais également les relations qui peuvent exister entre pathogènes comme par exemple les phénomènes de prédation intra guildes. Nous avons donc pris le parti d'étudier chaque bio-agresseur dans l'ensemble de son réseau d'interactions.

Pour cela nous utilisons des données générées dans le cadre d'un essai système permettant le suivi en temps réel d'une serre de production de roses. Ces données, obtenues grâce à un échantillonnage de type "quick-sampling" offrant un compromis optimal entre pression d'échantillonnage et fiabilité des résultats (BOLL et al., 2006) alimentent une base de données intégrative et évolutive. Cette base de données regroupe l'ensemble des observations biotiques (bio-agresseurs, bio-défenseurs, état apparent de la plante, etc.), abiotiques (climat, etc.) et anthropiques (traitements, conduite de la culture, etc.). Ces informations représentent plus de trois années de suivi en continu, à raison d'un échantillonnage par semaine. Nous pouvons alors utiliser des méthodes d'analyse multicritères afin d'intégrer l'ensemble des informations enregistrées. Nous avons choisi d'orienter le traitement des données vers deux voies différentes qui sont, d'une part les régressions statistiques et d'autre part, les modélisations de type "boîte noire".

La première voie d'analyse, celle des régressions statistiques, a été menée via des méthodes issues des modèles bayésiens. Des hétérogénéités spatiales et temporelles de la répartition des bioagresseurs dans la serre ont été mises en évidence. Ces hétérogénéités ne dépendent pas uniquement de facteurs connus comme l'effet variétal ou les traitements. Ce sont ces autres facteurs explicatifs qu'il faut pouvoir identifier et comprendre. A partir des résultats obtenus, nous pouvons formuler de nouvelles hypothèses concernant les caractéristiques écologiques des bio-agresseurs et les facteurs abiotiques ayant un rôle majeur. Par exemple, *Tetranychus urticae* Koch, l'acarien, apparaît comme infestant la serre à partir de foyers spatialement localisés. En revanche, *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* Wallr., l'oïdium, semble quand à lui plus homogène dans sa répartition spatiale. Nous pouvons déduire de ces résultats que *T. urticae* présente certainement des exigences écologiques plus strictes que l'oïdium du rosier. Ces informations sont cruciales dans la mise au point des stratégies de contrôle permettant d'identifier les périodes et les zones à risque.

L'autre voie d'étude retenue est la réalisation de modèles de type "boîte noire", outils de prévisions des risques d'infestation. L'ensemble des variables pouvant prédire la répartition spatiale

et temporelle du bio-agresseur est testé à l'aide d'une succession de régressions multilinéaires de type pprog pour "present pursuit regression". Chaque facteur est évalué individuellement. Le meilleur, c'est-à-dire celui qui améliore au mieux la prévision, est conservé. Tous les autres sont alors testés, à nouveau, en fonction du premier retenu. La même démarche est appliquée jusqu'à ce que le modèle ne s'améliore plus lorsque de nouveaux facteurs sont ajoutés. Nous retenons pour la conception du modèle final les variables les plus efficaces tout en étant les plus faciles à acquérir. Dans notre cas d'étude, les modèles ainsi obtenus aboutissent à des prévisions fiables dans plus de 80 % des cas. En plus de son potentiel en tant qu'outil d'aide à la décision, ce modèle nous permet également de revenir sur les variables sélectionnées afin de vérifier dans quelle mesure elles influent sur les dynamiques de déclenchement des épidémies. Nous pouvons alors revenir sur les scénarii clés responsables de ces infestations. A terme, l'objectif est de pouvoir fournir, via un accès web, un outil de prévision du risque d'infestation.

≡ ***New procedure to analyse the bioaggressors' dynamics under greenhouses. A future tool to foresee infestations ?***

In greenhouse crops, comprehension of the bioaggressors' dynamics is crucial. It is necessary to develop and optimize practices like Integrated Pest Management. Within the URIH (Unité de Recherches Intégrées en Horticulture) located with INRA of Sophia-Antipolis, in South-eastern of France, we collected data from an experimental plastic greenhouse of rose crop. 3 years data were used to study these dynamics. We have decided to hold account of the majority of identified interactions of the bioaggressors. Thanks to multicriteria analysis we were able to integrate several factors. Two distinct but complementary ways were studied in parallel. On one hand, statistical regressions, that have showed existence of spatiotemporal heterogeneities. On another hand, we have developed new tools of decision-making aid starting from black box models.

Bibliographie :

Boll R., Marchal C., Poncet C., Lapchin L., 2006. Rapid visual estimates of thrips (*Thysanoptera : thripidae*) densities on cucumber and rose crops. J. Econom. Entomol., In press.



COMMUNICATION ORALE

✓ La détection précoce des bioagresseurs : vers une horticulture de précision.

PAUL BOISSARD, GUY PEREZ, PHILIPPE BEAREZ

INRA, UR880 Recherches Intégrées en Horticulture
400, route des Chappes - 06903 SOPHIA-ANTIPOLIS Cedex

Orateur : **PAUL BOISSARD**

Favoriser le développement de la Protection et de la Production Intégrée pour les cultures sous serre est un objectif majeur en Horticulture afin de satisfaire aux impératifs de développement durable, de protection de la santé, de protection de l'environnement et particulièrement de réduction du recours aux pesticides. Parmi les verrous rencontrés, il y a la nécessité d'effectuer une surveillance permanente de l'état sanitaire des cultures et des attaques de champignons ou de prédateurs. Dans les années 90 le développement important des automatismes dans les serres a permis d'obtenir une gestion optimisée du climat et de la fertirrigation. Aujourd'hui il apparaît que la surveillance de l'état sanitaire est un problème complexe qui pourrait bénéficier de la modélisation des connaissances en matière d'identification, des apports de nouvelles techniques d'observation et des avancées en matière d'interprétation automatique d'image. Cela permettrait de gagner sur trois plans :

- en précision spatiale et en repérage des foyers initiaux,
- en fréquence des observations et en réduction des délais d'intervention,
- en qualité des informations issues du croisement des données biotiques spatialisées, microclimatiques et variétales.

David L. EHRET et collaborateurs ont fait en 2001 le point sur l'introduction des automatismes dans la surveillance des serres (Automated monitoring of greenhouse crops, *Agronomie* 21 (2001) 403-414). Les principes de la télédétection visible-proche IR utilisée en grandes cultures peuvent être appliqués au contexte des serres. Des résultats ont été obtenus concernant le contrôle de la croissance de la culture ainsi que sur la maturité et le contrôle de la qualité des fruits. Les auteurs précédemment cités soulignent les difficultés inhérentes à la variation des conditions d'éclairement ainsi qu'au coût des équipements (spectroradiomètres). Dans le domaine de la détection du stress hydrique des travaux (Université d'Osaka, Japon ; INH Angers) montrent qu'on peut utiliser des approches indirectes basées sur la texture des images dans le visible ou sur l'analyse de la forme (dans le cas de végétaux en pots). Enfin l'acquisition des températures de surface par radiothermométrie est un moyen prometteur de connaître les conditions de température-humidité régnant au voisinage immédiat des feuilles (cf travaux de T. Boulard et coll., INRA et Univ. de Franche-Comté). En définitive on constate qu'il y a des tentatives dans beaucoup de domaines mais pas directement dans le domaine phytosanitaire. En complément à ce constat on peut mentionner les travaux de recherche sur l'automatisation des opérations de conduite et de récolte sous serre qui font appel à la robotique et à la vision (Colloque Greensys : Sustainable greenhouse systems, 09/2004, Leuven, Belgium).

La détection précoce des bioagresseurs : programme scientifique

Vouloir reconnaître des objets biologiques petits (quelques dixièmes de mm voire dizaines de micromètre) et assurer une surveillance en continu à l'échelle d'une serre au pas de temps de 24 h est en soi un défi ; il a imposé pratiquement de recourir aux outils et méthodes de la Vision numérique.

Un programme de travail scientifique s'étalant sur plusieurs années a été construit et développé à l'INRA-URIH ; il comporte deux axes principaux :

1. Détecter les premiers symptômes de l'attaque (y compris stades prévisuels) au moyen de capteurs de vision appropriés opérant sur les feuilles de la plante et sur pièges colorés.
2. Mettre en œuvre des méthodes de vision cognitive et d'interprétation automatique pour pouvoir analyser rapidement la totalité des images et effectuer des comptages. Cette partie est réalisée en collaboration avec l'INRIA (Orion Sophia-Antipolis).

Trois autres thèmes de recherche, travaillés à l'URIH, peuvent être cités car ils contribuent à la thématique Détection Précoce :

1. Hétérogénéité microclimatique de la serre, connaissance des températures et humidité au contact immédiat des organes ;
2. Modélisation spatio-temporelle de phénomènes de contamination ; déterminisme de l'apparition de foyers ;
3. Etude de la distribution spatiale préférentielle et de la cinétique des attaques initiales (strate, type d'organes).

Avancées récentes dans le domaine des capteurs, de la vision cognitive et de l'interprétation automatique d'image

La mise au point de capteurs d'images appropriés reste un des points-clé. Le capteur utilisé *in situ* doit en particulier répondre à des exigences de maniabilité et d'autonomie en plus des caractéristiques habituelles (résolution, profondeur de champ, mise au point, ...). Des études sont réalisées en ce sens à l'URIH. Dans le domaine de la vision cognitive une plate-forme de démonstration fonctionnelle et logicielle a été développée par l'INRIA pour résoudre le problème complexe de l'interprétation sémantique d'images. Ce travail réalisé principalement en Informatique démontre la faisabilité de l'interprétation automatique et propose une solution générique et des outils réutilisables applicables à différentes cultures et à des bioagresseurs variés (C. Hudelot, thèse, Univ. Nice-Sophi, 2005).

Réalisation concrète

Parallèlement à la plate forme de démonstration un poste de numérisation en série et d'analyse des pièges colorés a été conçu pour répondre à la nécessité de disposer de données réactualisées à l'échelle de 24 h. Construit dans un but opérationnel ce poste permet de numériser, rechercher des formes connues (adultes, 3 taxons : aleurodes, pucerons, thrips) et effectuer des comptages. Les performances actuelles en rapidité d'exécution sont d'environ quatre pièges (10 x 10 cm) soit huit faces en vingt minutes environ.

Stratégie d'exploitation des données multimodales. Perspectives d'application à la détection rapide des foyers initiaux

Au-delà de ces recherches sur l'acquisition de données pertinentes pour la détection rapide des attaques et des foyers initiaux et pour la prise de décision, la question centrale qui se pose est : « De quelles informations a-t-on besoin ? » (Voir *Figure 1*). Beaucoup de données sont susceptibles de concourir à la prise de décision, citons :

- Détection et comptage sur feuilles d'insectes à différents stades et de filaments mycéliens.
- Données microclimatiques.
- Identification et dénombrement de "taxons" sur pièges colorés, comptage de spores.
- Données indirectes (conduite de l'agrosystème, interventions, données variétales, ...).

Le concept d'horticulture de précision est actuellement envisagé, par analogie avec "agriculture de précision", pour donner un cadre plus général à la problématique du recueil de données pertinentes et de la construction de décisions d'intervention (cf trav. sur Bases de Données, R. Boll et al., 2003-2006 INRA-Sophia).

Soutiens financiers du programme présenté.

Programme national "Agriculture et développement durable" ADD Ecoserre/Agence Nat. de la Recherche/2005-2008 ; Action Transversale INRA - "Protection Intégrée des Cultures 2001-2003" : Production Intégrée sous serre lourde/ Application sur tomate et rosier ; Bourse de thèse 2003-2005 INRA Département EA - INRIA - Conseil Régional P.A.C.A. ; INRIA-Sophia-Antipolis : Actions concertées Inter-organismes/Projet Horticol/2001.

Early pests detection : towards precision horticulture.

Because of temperature and hygrometric conditions prevailing in greenhouses rapid decisions are essential to control diseases and insect pests (Van Lanteren and Woets, Lapchin and Shtienberg, 1999). Early detection of the initial presence of a bioagressor or of symptoms (fungi) are key-points in the context of I.P.M. It means that continuous control must be performed by using : (i) knowledge modelling for pests identification and pattern recognition, (ii) suited image acquisition means and (iii) automatic image processing. A scientific program built to make advances in these topic at INRA-URIH is presented with recent results such as automatic detection and counts of 3 taxons (aleurods, thrips and aphids) on coloured sticky traps. Finally we ask the question : of which data does need

one ?, in order to make decision support in greenhouse. Precision horticulture is a general frame to combine new tools and methods and various kind of data.

Figure 1 – De quelles informations a-t-on besoin ?

Observations réalisées avec des moyens automatisés de détection et comptage (insectes) et de transmission (données microcli-matiques) dans une serre de 250 m² de roses conduite en PBI.

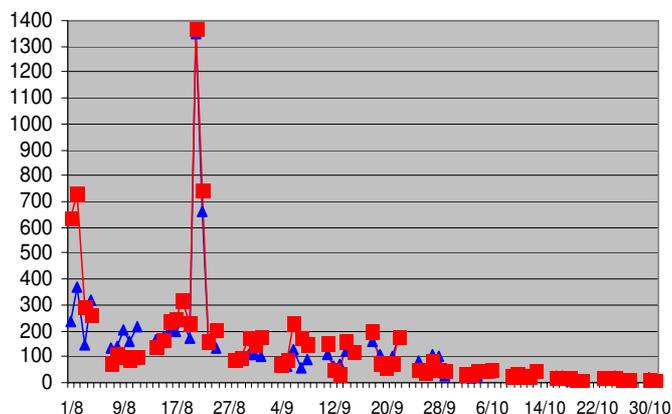
En haut : le niveau d'infestation par aleurodes (Trialeurodes Vaporariorum) est mesuré / 24h par numérisation et lecture automatisée des 2 faces d'un piège coloré situé dans la culture et remplacé quotidiennement.

Au milieu : le niveau de présence des auxiliaires spontanés et introduits est mesuré comme pour les aleurodes (graphique du haut).

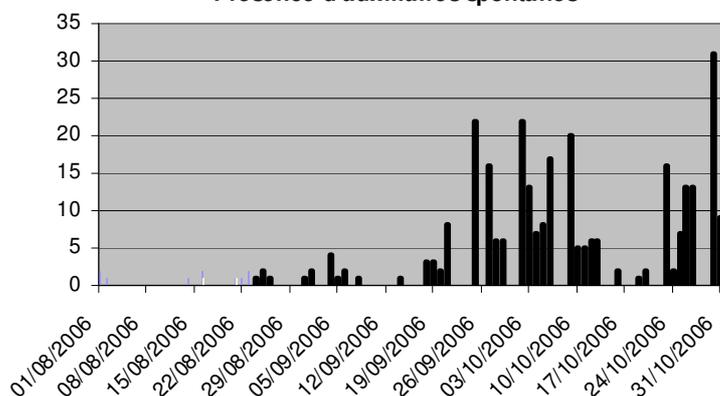
En bas : dynamique des températures relevées toutes les minutes au contact des feuilles et transmises par radio en temps réel (capteurs température/humidité CIMEL/ CimTrace ; période 1/08 au 31/10).

Les accidents de températures dans la serre (pic du 21/08 à 41°C) sont mis en relation avec les comptages anormaux d'aleurodes dus apparemment à une altération de leur comportement (agitation et mortalité). Par ailleurs l'installation des auxiliaires en 2 temps à partir du 26/08 puis du 24/09 est clairement mise en évidence.

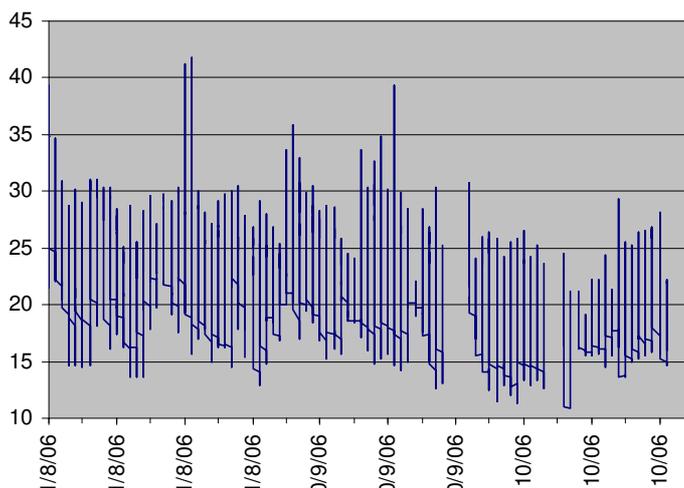
Niveau d'infestation par Trialeurodes vaporariorum



Présence d'auxiliaires spontanés



Dynamique journalière des températures



SOMMAIRE DE LA SESSION



PLANTE & CITE, INGENIERIE DE LA NATURE EN VILLE : UN CENTRE TECHNIQUE DEDIE AU PAYSAGE ET A L'HORTICULTURE URBAINE. 105

CAROLINE BRUNEL



LE ROLE DU CONSEIL NATIONAL DES VILLES ET VILLAGES FLEURIS DANS L'EVOLUTION DES PRATIQUES ENVIRONNEMENTALES. 107

MATHIEU BATAIS



EXPERIMENTATION DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LA COCHENILLE PULVINAIRE DANS UNE VILLE DU NORD PAS-DE-CALAIS. 109

SOPHIE BARDOUX



LE TIGRE DU PLATANE : QUELLES METHODES DE LUTTE POUVANT INTEGRER UNE PBI EN VILLE ? 112

ERIC CHAPIN, ANNE-ISABELLE LACORDAIRE, LAURENCE PRIETO, VALERIE CAZENAVE



LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE METCALFA PRUINOSA PAR DES LACHERS DE NEODRYINUS TYPHLOCYBAE. BILAN DE DIX ANNEES DE SUIVI DANS LE SUD DE LA FRANCE. 114

JEAN-CLAUDE MALAUSA



ENNEMIS NATURELS DES ESPECES INVASIVES ANOPLOPHORA CHINENSIS ET A. GLABRIPENNIS (CAPRICORNES ASIATIQUES) EN EUROPE. 117

FRANCK HÉRARD, MARIANGELA CIAMPITTI, MATTEO MASPERO, CHRISTIAN COCQUEMPOT, GÉRARD DELVARE, JAIME LOPEZ, MARIO COLOMBO



EXPERIMENTATION DE METHODES DE LUTTE CONTRE LES TERMITES DANS LES ARBRES D'ALIGNEMENT A PARIS. 119

ANNE-GENEVIEVE BAGNERES, CAROLINE LOHOU



BILAN ECONOMIQUE ET SANITAIRE DE LA MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME DE LUTTE INTEGREE DANS DES SERRES A AMBIANCE TRES DIVERSES SUR DES COLLECTIONS VEGETALES TRES VARIEES : LE CAS DU JARDIN BOTANIQUE DE LYON. 121

NOËL POYET, FREDERIC PAUTZ



MISE EN PLACE DE LA LUTTE INTEGREE AU PARC DE L'ARBORETUM DE LA VALLEE-AUX-LOUPS (92). 123

ARNAUD DE FONSCOLOMBES, JEAN-MARIE DAVID



LES RENOUÉES DU JAPON : INTERACTIONS BIOTIQUES ET MODES DE GESTION. 125

JOSIANE LE CORFF, AURELIE GALLARD, KEVIN SUAUDEAU



PLACE ET TECHNIQUES DES AMENAGEMENTS DE L'ESPACE URBAIN DANS LA REDUCTION DE L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES. 127

GÉRARD ANGOUJARD, LILIAN HATEY, ERIC BAZILE



PRESENTATION DES PRINCIPALES METHODES DE LUTTE ALTERNATIVES DE DESHERBAGE : ANALYSE COUT - AVANTAGE. 129

GÉRARD ANGOUJARD, LILIAN HATEY, ERIC BAZILE



POLITIQUE DE GESTION DIFFERENCIEE DES ESPACES VERTS PAR LA VILLE DE RENNES ET REDUCTION DU DESHERBAGE CHIMIQUE. 131

CYRILLE LOMET



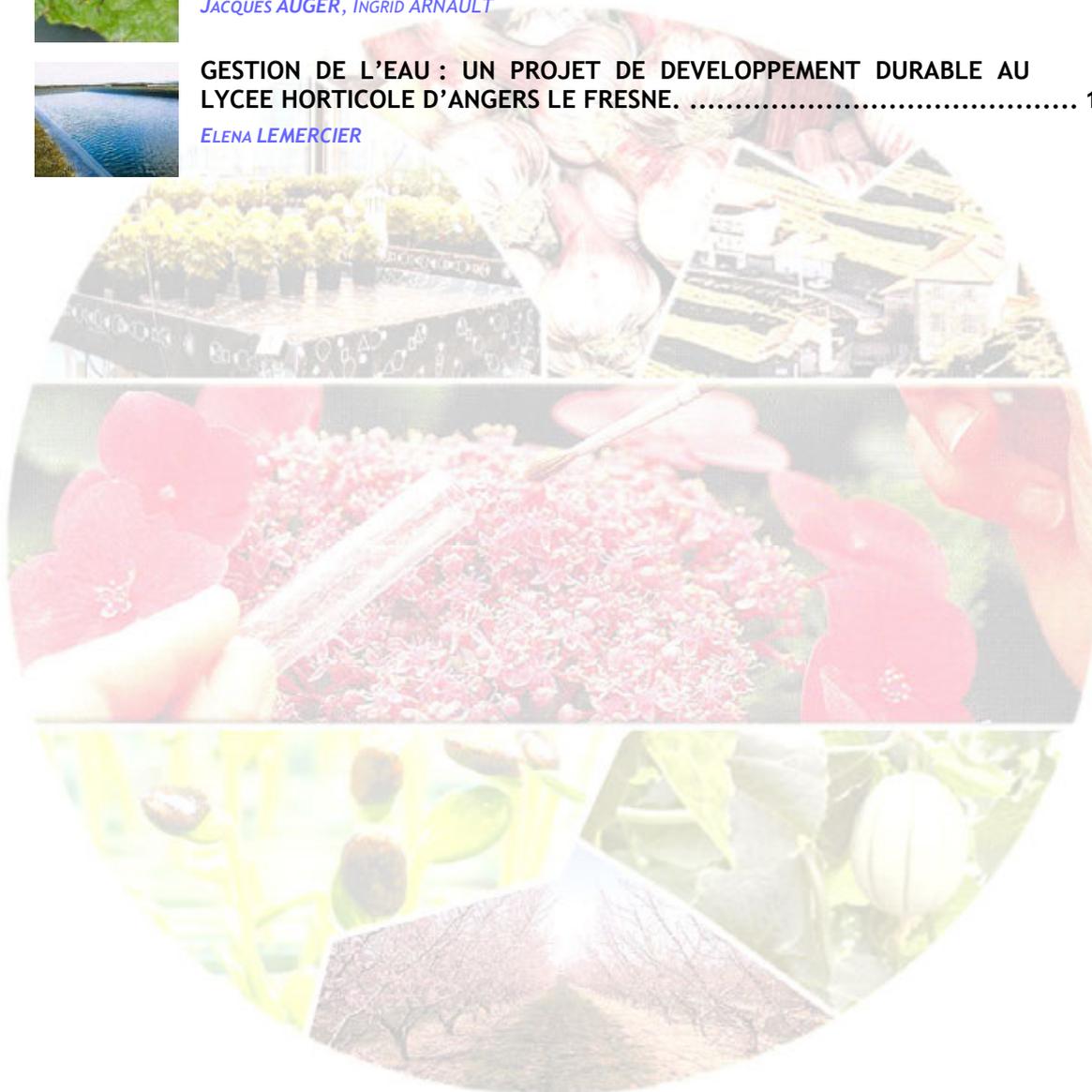
PROTECTION BIOLOGIQUE DES TILLEULS CONTRE L'ACARIEN JAUNE DANS LES JARDINS DU CHATEAU DE VILLANDRY..... 133

JACQUES AUGER, INGRID ARNAULT



GESTION DE L'EAU : UN PROJET DE DEVELOPPEMENT DURABLE AU LYCEE HORTICOLE D'ANGERS LE FRESNE. 135

ELENA LEMERCIER



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Plante & Cité, Ingénierie de la Nature en Ville : un centre technique dédié au paysage et à l'horticulture urbaine.**

CAROLINE BRUNEL

Association de préfiguration - I.N.H - 2, rue André Le Nôtre - 49045 ANGERS Cedex 01

Les gestionnaires d'espaces verts des collectivités territoriales doivent faire face à de nombreuses contraintes techniques liées aux enjeux d'ordre sociétal (santé publique), économique (gestion des coûts) et environnemental (réduction des pollutions liées à l'utilisation d'intrants phytosanitaires).

La réponse à ces contraintes ne sera réellement acceptable que si elle intègre des techniques plus respectueuses de notre Environnement, permettant notamment l'évolution des pratiques actuelles vers la gestion sanitaire intégrée. Pour cela, les gestionnaires d'espaces verts doivent innover et remettre en question leurs modes et techniques traditionnels de gestion.

L'atomisation des acteurs du secteur des espaces verts a conduit à imaginer une structure capable de travailler pour accueillir leurs attentes spécifiques, pour orienter les efforts de recherche et pour mutualiser les compétences scientifiques et techniques dans ce domaine.

Le projet de création de Plante & Cité, élaboré dans le cadre du pôle du Végétal Spécialisé Anjou-Loire, labellisé « pôle de compétitivité à vocation mondiale », vise ainsi à mieux répondre aux besoins spécifiques en matière d'espaces verts des collectivités territoriales françaises et des entreprises de l'horticulture et du paysage. Ses objectifs sont donc de valoriser des références scientifiques et techniques et de les produire en mettant en oeuvre des programmes de recherche et d'expérimentation ciblés. Pour cela, les programmes sont constitués en concertation avec des chercheurs, des professionnels du secteur privé et les services des collectivités territoriales.

Les problématiques ont été réparties en six thèmes sur lesquels porteront les efforts de recherche, d'expérimentation et de valorisation :

- Agronomie et artificialisation des sols urbains,
- Gestion phytosanitaire intégrée,
- Innovation et diversification végétale,
- Economie et gestion des services des espaces verts,
- Ecologie urbaine et gestion de la biodiversité,
- Paysage urbain.

En milieu urbain et péri-urbain, la gestion sanitaire intégrée implique que la réduction des nuisances liées à la présence d'organismes nuisibles soit réalisée avec des méthodes ayant un faible impact sur l'environnement, notamment par le développement de la lutte biologique. C'est l'objectif que s'est fixé Plante & Cité dans la réponse aux attentes des gestionnaires d'espaces verts. Il nécessite toutefois de prendre en compte à la fois les organismes nuisibles aux végétaux très représentés comme le tigre du platane ou la mineuse du marronnier mais aussi la flore adventice dont le contrôle chimique constitue la très grande majorité des interventions phytosanitaires en zones non agricoles. Ces deux thèmes constitueront ainsi des axes d'études et d'expérimentation prioritaires pour le développement et le transfert d'innovations vers les services des collectivités territoriales.

Le champ d'action des études techniques et des expérimentations s'étend aux problématiques suivantes :

- les caractéristiques des aménagements, notamment le choix de revêtements limitant l'implantation d'adventices, l'utilisation de mulchs pour le paillage des massifs, ou encore la plantation de végétaux favorisant la conservation des auxiliaires,
- l'ajustement de méthodes de lutte biologique pour le contrôle de ravageurs spécifiques,
- l'exploitation de techniques alternatives au désherbage chimique des zones non agricoles,
- la mise en oeuvre de mesures de prophylaxie, des seuils d'intervention raisonnée et du diagnostic précoce pour une gestion sanitaire rationnelle du patrimoine végétal.

En outre, l'évolution des pratiques phytosanitaires en zones non agricoles implique que la gestion phytosanitaire intégrée trouve un écho auprès d'autres thèmes comme celui de l'écologie urbaine dans la mise en oeuvre de la gestion différenciée ou encore celui de la diversification végétale pour le choix d'essences dont la demande phytosanitaire est faible. L'évolution des pratiques phytosanitaires et des modes de gestion en espaces verts s'inscrit donc dans une démarche globale qui nécessite d'établir ces liens transversaux avec les autres thèmes développés par le centre technique.

Plante & Cité se propose d'être un catalyseur de l'évolution de ces pratiques en indiquant aux gestionnaires d'espaces verts des collectivités territoriales de nouveaux itinéraires techniques et de nouvelles stratégies de contrôle permettant de réduire la consommation d'intrants phytosanitaires et les pollutions qui en découlent. Outre l'acquisition de nouvelles références techniques et scientifiques par le biais de l'expérimentation, il est aussi nécessaire de travailler à la valorisation et la mise à disposition des ressources afin d'en faciliter l'exploitation par les gestionnaires des collectivités territoriales.

≡ ***Plant & City, Center for landscape and urban horticulture build in the Anjou - Loire specialized plant cluster, recognized as an « international competitiveness cluster ».***

In the context of the urban sprawl, cities and landscape companies must face a large number of technical, economical and environmental issues as for parks and gardens management. Some of these constraints need scientific and technical references to be come over. This has led us to imagine a kind of plate form which works on cities technical expectations, on orientation of research efforts and on scientific and technical skills gathering. Research and experiment programs are planned to be conducted with partners from research centers, cities and companies on six fields : Agronomy of urban soils, Innovation and plant diversification, Economy and management, urban ecology and diversity management, urban landscape and Integrated Pest Management.

In regards to the last field, the center will work out on defining methods to reduce the widespread of pesticides use through biological control (conservation and release of natural enemies), through alternatives to weed chemical control, which is the main chemical measure in town and through management of adapted green amenities.



COMMUNICATION ORALE

✓ Le rôle du Conseil National des Villes et Villages Fleuris dans l'évolution des pratiques environnementales.

MATHIEU BATAIS

CNVVF - 23, place de Catalogne - 75014 PARIS

De par leur implication auprès des collectivités territoriales, leur rapport privilégié avec les élus et les techniciens, les membres du CNVVF peuvent apporter leur témoignage quant aux pratiques mises en place par les communes et les orientations qu'elles tendent à prendre.

Suite à l'évolution de ces pratiques et des réglementations dans le domaine de l'environnement, le CNVVF a engagé dès 1996 une réflexion de fond afin d'adapter les critères du concours à ces nouveaux enjeux.

La grille d'appréciation commune à tous les jurys a fait l'objet de deux évolutions en 1996 et 2006, cette dernière prenant en compte les nouveaux enjeux environnementaux et sociaux. Il s'agit plus particulièrement de la gestion quantitative et qualitative de l'eau et de la gestion des produits.

I. Les Villes et Villages Fleuris, contexte général

Association loi 1901, présidée par Monsieur Jean René Garnier, préfet (h), le *Conseil National des Villes et Villages Fleuris* est chargé d'organiser et de promouvoir le concours des Villes et Villages Fleuris.

Son Conseil d'Administration est composé de représentants du secteur public (ministères, collectivités locales, organismes publics) et de représentants des secteurs professionnels du tourisme, de l'horticulture et du paysage.

Historique : Créé en 1959, au sein du Commissariat Général au Tourisme, le concours est destiné à inciter les Français à fleurir leur ville, village, maison ou ferme.

Six cents communes s'engagent alors dans cette démarche, certaines d'entre elles figurent toujours au palmarès du concours. En 2005, près de 12 000 communes sont inscrites au concours national, soit près d'un tiers des communes françaises.

Enjeux : Les impacts ou enjeux d'une telle démarche ne sont pas facilement identifiables, tout du moins sous un angle quantitatif, malgré quelques études menées quant à la perception du public sur les espaces verts. Toutefois, une analyse plus subjective permet d'identifier un certain nombre de critères mis en avant par les acteurs locaux lorsqu'ils justifient leur démarche.

Un Réseau : Le label *Ville Fleurie et Village Fleuri* est nationalement coordonné par le CNVVF et localement animé par un réseau départemental et régional. Depuis la fin des années 80, le Conseil Général est chargé de gérer les inscriptions au concours et d'établir une présélection. Certains départements vont bien au-delà de cette mission et utilisent ce levier pour sensibiliser les communes aux différents impacts cités précédemment, à travers des actions d'accompagnement, de formation...

Quant à la région, elle est chargée d'attribuer les trois premiers niveaux du label et s'applique également à sensibiliser les communes aux différents critères pris en compte par les jurys.

Un levier de sensibilisation : Le concours des Villes et Villages Fleuris a longtemps été un outil de valorisation touristique et de promotion de l'accueil des visiteurs, ce qui explique l'origine de son ministère de tutelle. Sa forme (récompense), son caractère institutionnel, son sérieux, en ont fait son succès auprès des élus et par extension, sa notoriété auprès du public. Aujourd'hui, le contexte a beaucoup évolué et les organisateurs nationaux, régionaux et départementaux ont su adapter le contenu aux tendances et orientations initiées sur le terrain par les collectivités. Ce sont ces évolutions que ce réseau tente de mettre en œuvre auprès du plus grand nombre, à travers ce formidable outil de sensibilisation que représente le concours.

II. L'évolution des pratiques et des critères

Un élargissement des critères : En 1996, les 6èmes Assises Nationales des Villes et Villages Fleuris marquent un tournant dans l'organisation du concours. L'objectif est alors d'élargir la notion de fleurissement afin de l'adapter aux évolutions observées dans les collectivités.

Ces axes de réflexion concernent le patrimoine, le tourisme, l'environnement et le social.

En 2006, le CNVVF fait à nouveau évoluer les critères du concours au regard de nouveaux enjeux environnementaux et sociaux. Sont alors valorisés des critères peu pris en compte précédemment et qui concernent directement la notion de développement durable.

Evolution des mœurs : Ces évolutions accompagnent en fait une volonté générale de prendre en compte la montée en puissance de la question environnementale. La création du ministère de l'Environnement au début des années 70 s'inscrit dans cette évolution générale de la société.

Apparaissent ainsi progressivement des notions et institutions vouées à la protection et à la gestion du patrimoine naturel (IFEN et DIREN en 91, ADEME et conférence de Rio en 92 et évolution vers les notions d'écologie et de développement durable en 2001).

Evolution des pratiques : Dans les domaines de l'environnement, les pratiques ont globalement suivi les évolutions qu'ont connues de l'agriculture, malgré quelques spécialisation avec le développement des espaces verts municipaux. Tentons d'aborder rapidement les mécanismes d'évolution des pratiques :

La protection des végétaux, au même titre que la sélection variétale, la généralisation de l'usage des engrais et la mécanisation sont à l'origine de l'accroissement des rendements agricoles dès le 19^{ème} siècle.

Une tendance qui s'est fortement accrue après la seconde guerre mondiale, dans un contexte d'autosuffisance alimentaire, de reconstruction et de mise en place de la Politique Agricole Commune.

La mise sur le marché, par une industrie chimique internationale en plein essor, de substances de synthèse suggère la possibilité d'éradiquer les ennemis des cultures de manière définitive. Sont alors utilisés des produits de longue persistance à caractère rémanent. Toutefois, les effets secondaires de telles pratiques sont rapidement mis en évidence et de nouvelles méthodes de lutte raisonnée et intégrée se mettent en place au cours de la seconde moitié du 20^{ème} siècle.

Apparition de nouvelles contraintes : Par ailleurs, au delà de ces préoccupations environnementales, apparaissent progressivement depuis quelques années de nouvelles contraintes de type économique (stagnation des budgets municipaux dans le domaine des espaces verts), sociale (demande croissante de "nature") et politique (stratégie du développement durable).

III. Orientations et tendances

Face à ces récentes tendances, les communes tendent de plus en plus vers une gestion plus globale de leurs espaces publics et associent les espaces verts à une approche environnementale du territoire. Cette démarche permet, semble-t-il, de faire face aux différentes contraintes que rencontrent actuellement les collectivités.

Pour être efficace, cette stratégie sous entend la mise en place d'une coordination efficace entre les différents services municipaux, au delà des services intervenants sur les espaces publics, autour d'un véritable projet de ville.

Le positionnement du CNVVF : Le CNVVF, qui a intégré à ses critères des notions précises liées à la cohérence de la gestion environnementale des espaces publics, ne préconise pas une évolution radicale des usages.

Nous sommes ici dans le cadre de pratiques qui font appel à des notions de perception d'usagers et de techniciens. Tout changement de stratégie de gestion doit dans ce cadre être accompagné d'une communication adaptée et d'un soutien politique fort.

Les actions en cours : Mise à part la démarche de sensibilisation des communes entreprise auprès des collectivités via le réseau de jurys, le CNVVF s'oriente vers une politique de partenariat auprès d'organismes compétents dans les domaines de l'environnement et de l'aménagement.

- Avec la FN-CAUE, pour apporter aux communes du secteur rural essentiellement des compétences et un discours commun.
- Les Groupes Phyt'eau propre et les FREDON : Une expérience est actuellement menée avec le groupe Ile de France pour sensibiliser les communes à de meilleures pratiques, par l'intermédiaire des membres du jury, en leur apportant des outils de diagnostic et d'expertise.
- MEDD : Depuis quelques années, des contacts s'opèrent avec le ministère de l'Ecologie et du Développement Durable pour l'intégration entre autre des critères liés à l'environnement.

≡ The role of the National Comitee of Towns and Villages in Bloom played in the evolution of the environmentalist practices.

Because they work daily with local authorities, and thanks to their special relationship with the elected representatives and the technicians, the members of the CNVVF can bear witness to the practices settled by the communes and to the orientations which they tend to follow.

Following the evolution of these practices and regulations in the field of environment, the CNVVF engaged since 1996 a deep revision in order to adapt the evaluation points of the contest to these new stakes.

The common grid of appreciation to all juries was the subject of two evolutions in 1996 and 2006, the latter taking of account the new environmental and social stakes. It is more particularly about the quantitative and qualitative management of the water and the management of the products.



COMMUNICATION ORALE

✓ Expérimentation de lutte biologique contre la cochenille pulvinaire dans une ville du Nord Pas-de-Calais.

SOPHIE BARDOUX

FREDON Nord Pas-de-Calais - 265, rue Becquerel - B.P. 74 - 62750 LOOS EN GOHELLE

Introduction

Dans la région Nord Pas-de-Calais, la cochenille pulvinaire du marronnier *Pulvinaria regalis* Canard (Homoptera : Coccidae) est fréquemment rencontrée sur les plantations arborées en milieu urbain. La nuisibilité de cet insecte est principalement d'ordre esthétique car les ovisacs constituent des accumulations d'aspect cotonneux sur le tronc et les charpentières. Les pontes sont produites principalement au mois de mai et restent visibles bien après l'éclosion des œufs qui a lieu en juin (Bardoux et Petit, 2006). Les jeunes larves quittent alors rapidement le tronc et les charpentières et se fixent sur le feuillage pour s'alimenter pendant l'été. Pour résoudre le problème des cochenilles dans le cadre d'une gestion durable, de nombreux services espaces verts de ville souhaitent s'orienter vers la lutte biologique. Parmi les prédateurs naturels de *P. regalis*, la coccinelle *Exochomus quadripustulatus* L. (Coleoptera : Coccinellidae) a été retrouvée majoritairement lors d'un inventaire réalisé en 2003 sur un alignement de tilleuls situé au centre de la ville de Croix, dans le département du Nord. En présence de *P. regalis*, les larves de cet auxiliaire se nourrissent en majeure partie des ovisacs (Arnold et Sengonca, 2003). Un essai a donc été mis en place à Croix en 2005 et 2006, avec l'appui de la société Koppert, pour tester les possibilités de lutte biologique grâce à une introduction de larves d'*E. quadripustulatus*, destinée à enrichir les populations indigènes de coccinelles. Les objectifs de l'essai sont les suivants : vérifier l'installation et le développement des coccinelles sur les arbres, suite à l'introduction ; préciser les possibilités de dispersion des coccinelles à partir des points de lâcher ; tester l'efficacité de deux doses de lâcher sur les cochenilles. L'étude fait partie d'un programme financé par l'Etat et la Région Nord Pas-de-Calais, et mis en œuvre par la FREDON Nord Pas-de-Calais, en partenariat avec la DRAF - SRPV (XIIème contrat de plan Etat-Région).

Matériel et méthodes

Chaque modalité étudiée comprend 4 tilleuls :

- modalité T : témoin,
- modalité N : introduction d'une dose simple d'*E. quadripustulatus* (18 larves par arbre),
- modalité 2N : introduction d'une dose double d'*E. quadripustulatus* (36 larves par arbre).

Les coccinelles sont introduites au pinceau directement sur la partie haute du tronc en deux points de lâcher puis, pour la deuxième année d'étude, grâce à un petit sac de toile attaché sur chaque arbre à la base de la deuxième charpentières. Cette solution est en effet plus facilement applicable par les services espaces verts.

Sur chaque arbre, les cochenilles et les coccinelles sont régulièrement comptabilisées :

- sur la totalité du tronc, la base des 4 premières charpentières (10 cm) et la portion de tronc au dessus (10 cm) : comptage et localisation des coccinelles,
- sur 5 placettes de 25 cm² situées sur le tronc et la base des charpentières : comptage des cochenilles,
- sur 25 feuilles réparties sur 5 rameaux : comptage des cochenilles et des coccinelles.

Un premier relevé est fait juste avant le lâcher puis 5 jours et 9 jours après puis toutes les semaines.

Résultats et commentaires

Dans le contexte des années 2005 et 2006, l'infestation est restée moyenne sur le site d'étude. Sur le tronc et la base des premières charpentières, on comptabilisait environ 200 ovisacs au printemps. Seuls quelques sujets, non inclus dans le dispositif expérimental, étaient fortement infestés et présentaient jusqu'à 600 ovisacs.

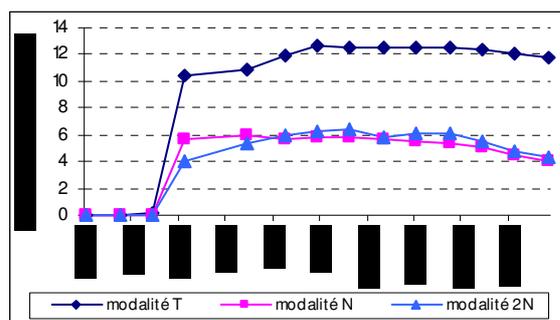
Les larves d'*E. quadripustulatus* sont fournies par Koppert majoritairement au stade L3 voire L2. Elles ont été introduites le 25 mai 2005 et seulement le 8 juin 2006 en raison des conditions climatiques printanières défavorables. Une partie de ces larves a pu être suivie sur le tronc et la base des premières charpentières pendant trois semaines avec un maximum de population enregistrée au cours des dix premiers jours. En 2005, pendant ces 10 jours, on retrouvait encore presque la moitié des larves introduites sur le tronc et la base des charpentières. En 2006 les larves de coccinelles sont sorties progressivement des sacs de toile et d'après les relevés on constate que les proportions de larves retrouvées sont restées globalement plus basses qu'en 2005.

Les coccinelles indigènes, visibles notamment sur les arbres témoins, sont apparues plus tardivement. Ainsi, outre l'augmentation des effectifs, l'introduction des coccinelles permet d'avancer la période de développement des larves prédatrices, assurant une meilleure coïncidence avec la période de présence des proies. Sur les modalités N et 2N, la fin du développement des œufs et l'apparition des jeunes larves de *P. regalis* à proximité des ovisacs ont été repérées du 3 au 17 juin 2005 et du 16 au 23 juin 2006, soit effectivement vers la fin de la période maximale de présence des larves d'*E. quadripustulatus*.

Au cours des deux années d'étude, les coccinelles se sont dispersées efficacement sur toute la hauteur du tronc et sur la base des charpentières, suite à leur introduction. En 2005, dans les dix premiers jours, environ 15 à 30 % des larves recensées avaient migré vers le bas du tronc à partir des deux points de lâcher situés à 1,5 m et 2 m de hauteur et se trouvaient sur la tranche 0 - 1 m (modalités N et 2N). En 2006 les coccinelles ont été déposées en un seul point à 2,2 m de hauteur. Après leur sortie progressive des sacs, elles ont gagné les différents étages du tronc. Ainsi huit jours après l'introduction, quatre larves sur quatorze retrouvées au total étaient descendues jusqu'à la tranche la plus basse pour la modalité N et 14 larves sur 28 pour la modalité 2N.

Il est difficile d'estimer l'effet direct des coccinelles sur les œufs de cochenilles. En effet, les sécrétions cotonneuses qui entourent les œufs restent visibles même après le passage des auxiliaires. En revanche, on peut montrer indirectement l'activité prédatrice des larves d'*E. quadripustulatus* par le suivi des carapaces de cochenilles adultes sur le tronc et par le suivi des larves sur le feuillage. La plupart des carapaces reste normalement fixée sur les arbres jusqu'à l'automne. Seule une partie se détache, notamment sous l'effet des intempéries. En 2005 les résultats des suivis ont montré une disparition plus rapide des carapaces sur les tilleuls des modalités N et 2N par rapport aux arbres témoins. En effet en prédatant les œufs, les auxiliaires peuvent provoquer le décollement voire la chute des carapaces qui se trouvent au dessus des ovisacs.

Figure 1 : évolution du nombre de larves de cochenilles sur le feuillage en 2005



Cependant aucune différence n'a été constatée entre les deux doses de coccinelles. Ce résultat est confirmé par le suivi des larves de cochenilles sur le feuillage : les effectifs sont divisés par deux sur les arbres ayant reçu la dose simple ou double de coccinelles par rapport aux arbres témoins (Figure 1). Dans notre contexte expérimental, on peut donc conclure que la dose simple de dix huit coccinelles est suffisante. En revanche pour de plus fortes infestations de cochenilles il est probable que la dose double pourrait apporter une efficacité supplémentaire, comme l'indique le suivi de deux tilleuls fortement attaqués, réalisé à titre indicatif en marge du dispositif expérimental en 2005.

En 2006, l'effet des coccinelles est peu visible au niveau du suivi des carapaces. Les premiers résultats des comptages sur le feuillage semblent indiquer en revanche une réduction de la densité de larves de cochenilles sur les arbres ayant reçu des coccinelles, tendance qui devra être précisée grâce à la poursuite du suivi.

Conclusion

L'introduction de larves d'*E. quadripustulatus* a démontré son intérêt dans le cadre de cet essai puisqu'elle permet une diminution importante des populations de cochenilles. Pour compléter la mise au point de la stratégie de lutte biologique, il sera nécessaire de préciser les doses optimales d'utilisation des coccinelles en fonction du niveau d'infestation par les cochenilles au printemps. La dose de dix huit larves est apparue suffisante dans notre contexte expérimental mais pourrait être augmentée pour une infestation plus élevée. Par ailleurs, il est important de raisonner la date

d'introduction des coccinelles de manière à optimiser la coïncidence avec la période de présence des proies. Enfin, la lutte biologique en espaces verts doit prendre en compte les impératifs climatiques qui peuvent conditionner le lâcher. Ce premier volet d'essai mis en place dans le nord de la France est très satisfaisant et devra être poursuivi de manière à compléter la stratégie dans la perspective d'un développement et d'une vulgarisation de la technique pour la gestion des plantations en espaces verts. Par ailleurs l'introduction de coccinelles peut être complétée par d'autres mesures comme la valorisation des auxiliaires grâce aux plantes réservoirs et aux abris hivernaux ou bien l'introduction de parasitoïdes.

Références bibliographiques

Bardoux S., Petit K., 2006 - Etude des possibilités de lutte intégrée contre la cochenille pulvinaire du marronnier *Pulvinaria regalis* Canard. AFPP 3ème Conférence Internationale sur les Moyens Alternatifs de Protection des Cultures, Lille, 13, 14 et 15 mars 2006, CD-Rom.

Arnold C., Sengonca C., 2003 - Possibilities of biological control of the horse chestnut scale insect, *Pulvinaria regalis* Canard (Homoptera : Coccidae), on ornamental trees by releasing its natural enemies. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110, 6, 561-601.

Remerciements à Georges Thiery du SRPV Nord Pas-de-Calais et à Mireille Piron de la société Koppert pour leur collaboration à l'étude.

≡ Study of biological control of the horse chestnut scale *Pulvinaria regalis* in green spaces.

*The horse chestnut *Pulvinaria regalis* is responsible for aesthetic depreciation of tree plantations in green spaces. In Nord Pas-de-Calais region, among scale-eating natural enemies, we meet frequently the ladybird *Exochomus quadripustulatus*. On the sites where the beneficial insects are present but in insufficient quantity to control pests, it is interesting to enhance natural enemies' populations with complementary releases. A trial of biological control by release of larvae of *Exochomus quadripustulatus* have been set in 2005 and carried on in 2006 on roadside limes in the city of Croix (Nord department). The monitoring results show a satisfactory dispersal and installation of natural enemies onto trees. In 2005, the numbers of scales counted in the months after the release have been greatly reduced thanks to the introductions of ladybirds.*



COMMUNICATION ORALE

✓ Le tigre du platane : Quelles méthodes de lutte pouvant intégrer une PBI en ville ?

¹ERIC CHAPIN, ²ANNE-ISABELLE LACORDAIRE, ³LAURENCE PRIETO, ⁴VALERIE CAZENAVE

¹ Fredon Paca - 727, avenue Alfred Décugis - 83400 HYERES

² Koppert France - Lot. Industriel Le Puits des Gavottes - 147, avenue des Banquets - 84000 CAVAILLON

³ Université d'Avignon - 74, rue Louis Pasteur - 84029 AVIGNON Cedex 01

⁴ FDGDON 83 - 727, avenue Alfred Décugis - 83400 HYERES

Orateur : ERIC CHAPIN

En se développant préférentiellement en ville, les populations du tigre du platane, *Corythucha ciliata* (Say 1832), engendrent des gênes commoditaires au sein des espaces publics. Actuellement, en l'absence de méthode de lutte biologique, la lutte chimique reste le seul moyen des collectivités pour réduire le développement des populations. Afin d'étudier la faisabilité d'une Protection Biologique Intégrée des essais de lutte biologique ont été menés dans le département du Var. Ainsi l'efficacité du prédateur *Chrysoperla carnea* (Stephens 1836) et du champignon entomopathogène *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) A.H.S. Br. & Sm. 1957 et l'influence des conditions de culture sur la population de tigre ont été étudiées. Les essais ont été conduits pendant deux ans sur des platanes (*Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd) situés dans un environnement urbain.

Influence des élagages démontrée sur la densité des populations

Pour mettre en évidence l'influence d'un élagage sur la densité des populations estivales nous avons suivi les populations de quatre platanes d'un même site. Sur ces quatre arbres deux ont été rabattus jusqu'aux « têtes de chat », les deux autres n'ont pas été taillés. Les populations sont suivies une fois toutes les trois semaines, de mi juin à début août. Un comptage exhaustif des individus (tous stades confondus) est effectué sur un échantillonnage de feuilles prises au hasard dans la globalité de la frondaison. Ainsi 2879 feuilles (480 en moyenne/notation) ont été observées sur les arbres non-élagués contre 1724 (124 en moyenne/notation) sur les arbres élagués de l'année. Dans un même environnement et pour une même densité de populations en début de saison (de 0,02 à 0,33 ind/feuille), les arbres élagués présentent en semaine 30 (21-27 juillet 2005) une densité douze fois supérieure à celle des arbres non-élagués.

Tests d'efficacité du *Chrysoperla Carnea*

Tests de capacité prédatrice : Plusieurs travaux ont mis en évidence l'existence de prédateurs consommant de manière régulière les populations de *C. ciliata* (Tavella & Arzone, 1986 ; Balarinn & Maceljski, 1986a ; Chaigneau *et al*, 2002).

Deux espèces ont été testées dans des conditions contrôlées : *Adalia bipunctata* et *Chrysoperla carnea*. *A. bipunctata*, a présenté une capacité prédatrice de 2,9 larves de tigres/jour très inférieure à celle obtenue par Chaigneau *et al*. (8,3 larves/jour). Dans nos conditions d'essais, les larves du chrysope (n = 15) ont pu consommer, selon le stade du ravageur, entre 11,7 (± 8,6) et 21,1 (± 1,1) tigres par jour. On observe une voracité des larves de chrysopes qui précipitent sur les larves de tigre quotidiennement introduites dans la cellule. Cependant on note que la majorité des chrysopes élevés à partir des stades L1 à L4, meurt et n'atteint la nymphose. Sur les trois individus élevés à partir des L5, un a pu atteindre le stade adulte et un autre s'est nymphosé sans atteindre le stade adulte.

Essai d'efficacité *in situ* : Pour vérifier l'intérêt du chrysope en condition réelle 4000 larves/arbres ont été dispersées au sein de la frondaison de platanes conduits en mode architecturé. La dose d'auxiliaires choisie arbitrairement s'appuie sur les données bibliographiques prenant en compte le nombre maximum de 171 œufs pondus par femelle. Quatre lâchers, à une semaine d'intervalle ont été réalisés. Les platanes sont assez petits pour que l'étage inférieur soit prospecté avec l'aide d'un grand escabeau. La parcelle de vingt trois platanes a été divisée en deux blocs : le premier bloc contient onze platanes traités (par *Chrysoperla carnea*), le second douze platanes témoins et non traités, tous deux séparés par une zone tampon d'environ 8 m. Après avoir vérifié la répartition des populations de tigre du platane, les comptages sont effectués sur 75 feuilles choisies au hasard au sein des niveaux inférieur et intermédiaire de la frondaison. L'observation se fait directement sur les feuilles par un comptage du nombre d'individus de chaque stade. Des frappages sont effectués afin d'évaluer les populations d'auxiliaires lâchés et de l'entomofaune prédatrice indigène.

Sur la parcelle expérimentale, on observe un cycle classique de trois générations et un pic des populations entre la semaine 29 et 31. Suite aux frappages de la frondaison des platanes, on constate que les modalités Témoin et Chrysope présente une faune auxiliaire à partir de fin juillet,

différentes araignées et deux chrysopidae (1 larve et 1 adulte), *Chrysopa viridana* et *Chrysopa sp.* Cette faune n'apparaît que tardivement dans le cycle biologique du ravageur (semaine 26 à 29) ce qui explique en partie que les prédateurs naturels n'ont eu qu'un impact limité sur la dynamique des populations du ravageur.

Selon le dispositif d'observation, l'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les populations de la modalité témoin et chrysope. Plusieurs faits nous conduisent à la conclusion que les lâchers n'ont pas eu l'impact escompté. Malgré les nombreux individus lâchés (4000 larves de *C. carnea* /arbre soit 44 000 larves sur la modalité traitée), aucun auxiliaire n'a été retrouvé.

Test d'efficacité d'un entomopathogène : *Paecilomyces fumosoroseus*

Nénon (2003), a montré que le taux de mycose augmentait après une application de *Paecilomyces fumosoroseus* souche *Apopka 97* (PréFéRal®) sur les populations hivernantes. Le but de l'essai était de comparer, dans des conditions climatiques du littoral varois (sèches et douces), l'efficacité du PréFéRal à la dose de 100g/HL, à une modalité chimique (deltaméthrine 6, 25 %, dose 0,12L/HL) et un témoin traité à l'eau.

L'expérimentation est conduite sur un alignement de platane de La Valette du Var (Var). Le dispositif est de type split-plot avec quatre répétitions par modalité. On compte en moyenne 5 à 6 arbres par parcelle élémentaire, dont deux arbres de garde pour limiter les interactions entre traitement. Les traitements sont réalisés par une pulvérisation, à l'aide d'une lance, sur les troncs et charpentières jusqu'à ruissellement pour chaque modalité. 10 et 12 litres de bouillie par arbre ont été appliqués. Les traitements ont été réalisés la nuit du 23/03/2004. Quatre comptages des populations réparties sous les rhytidomes (J0, J+2, J+7, J+14). Chaque arbre fait l'objet d'un prélèvement de 1 dm² de rhytidome, sur lesquels sont comptabilisés les tigres vivants et morts. La surface du prélèvement est estimée à l'aide d'une plaquette gabarit. Chaque prélèvement élémentaire est placé sur le gabarit et, quand celui-ci est totalement recouvert, on considère que l'on a prélevé la surface souhaitée. Les prélèvements s'effectuent de préférence par petits fragments de rhytidome de 1/5 à 1/10 de dm², de manière à obtenir un échantillon le plus représentatif possible de l'ensemble du rhytidome de l'arbre. Les rhytidomes examinés sont reposés sur le tronc une fois le comptage terminé.

Résultats et discussions : Avant le traitement des modalités, on note une densité de population moyenne de l'essai de 34 tigres/dm², avec des densités statistiquement homogènes ($P = 0.038$). On note un gradient de densité de population sur l'alignement ; les populations proches du bourg étant plus élevées (49.6 tigres/dm²) que celles situées en périphérie (8.25 tigres/dm²). Les taux d'individus mort étaient respectivement de 6.27, 10.2 et 11 %, sur les modalités PréFéRal, Témoin et chimique. Sept jours après le traitement, seule la modalité chimique est significativement ($P = 0,00012$, $\alpha 5 \%$) différentes des deux autres traitements. PréFéRal se détache statistique du témoin qu'à partir du quatorzième jour ($P = 0,00013$, $\alpha 5 \%$) où l'on note, dans les conditions climatiques de l'essai, une diminution de la population vivante de 52 % sur la modalité PréFéRal contre 8 % sur la modalité témoin et 99,8 % sur la modalité chimique. A cet instant on observe au cours des notations 26,6 % de tigres morts sur la modalité « PréFéRal » ($n = 252$) contre 11 % sur la modalité « témoin » ($n = 528$). Au regard des données climatiques enregistrées sur Hyères, il semblerait qu'il y ait une corrélation entre les résultats observés et les conditions climatiques durant l'essai, en particulier avec les épisodes pluvieux.

Which methods can be used against the lace bug in a program of the Integrated Biological Control ?

Infestations of sycamore lace bug, Corythucha ciliata (Say 1832), are more common and heavier in urban areas than in natural settings and has become a major nuisance. Nowadays, the only meaning to reduce bug populations is a wide variety of chemical insecticides, used by different methods of application. Nevertheless, those treatments aren't enough efficient and moreover the large scale of insecticides used beg human health questions. In order to study the possibilities of an Integrated Biological Control, some essays have been carried in Var. The efficiency of the Chrysoperla carnea (Stephens 1836) and the entomopathological fungus Paecilomyces fumosoroseus (Wize) A.H.S. Br. & Sm. 1957 and influences of cultural conditions on lace bug population have been studied. Essays have been conducted in urban conditions on sycamore (Platanus x acerifolia (Aiton) Willd).

Results carried on lace bug populations are influenced by pruning and microclimatic conditions. The strain of C. Carnea is able to have an average consumption of 14 to 22,4 lace bug a day in controlled conditions but not in urban conditions. 14 days after P. fumosoroseus spraying, we notice a decrease of 52 % of winter population. The perspectives are discussed.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **La lutte biologique contre *Metcalfa pruinosa* par des lâchers de *Neodryinus typhlocybae*. Bilan de dix années de suivi dans le Sud de la France.**

JEAN-CLAUDE MALAUSA

en collaboration avec le réseau national informel de lutte biologique contre *Metcalfa pruinosa*

INRA - Centre de Sophia Antipolis - Unité de Lutte Biologique UE1254
1382, route de Biot - 06560 VALBONNE

C'est en 1996 sur le cap d'Antibes qu'ont été introduits pour la première fois en France les premiers individus de l'insecte auxiliaire *Neodryinus typhlocybae* (Malausa, 1999 - Phytoma). Ce site a fait l'objet depuis d'un suivi démographique régulier visant à évaluer son efficacité parasitaire et sa dispersion autour du point de lâcher (Malausa et Costanzi, 2002 - *Informatore Fitopatologico* ; Malausa *et al.*, 2000 - Phytoma). Les observations régulières effectuées année après année montrent une augmentation régulière du taux de parasitisme du ravageur qui atteint 73,5 % en fin de saison 2005 et la durabilité du contrôle des populations de *M. pruinosa* sur le site d'introduction. Les valeurs observées sont du même ordre de grandeur que celles d'autres sites côtiers des Alpes-Maritimes ayant pourtant fait l'objet de lâchers trois ans plus tard (80,4 % à Roquebrune-Cap Martin et 79,9 % à Mandelieu). Le niveau d'infestation de *M. pruinosa* dans cette région a considérablement baissé et est désormais passé sous le niveau esthétiquement gênant particulièrement en espaces verts où ce ravageur ne fait plus la une des préoccupations phytosanitaires. D'autres facteurs ont certainement aussi contribué à ce constat comme la sécheresse exceptionnelle de ces trois dernières années (2003, 2004 et 2005) ou la régulation naturelle due à certains prédateurs naturels indigènes qui se sont adaptés à ce nouvel organisme.

Compte tenu de ces résultats et de ceux des équipes italiennes qui avaient procédé à des introductions dès le début des années 90 (Girolami et Camporese, 1994 - *Congresso nazionale italiano di Entomologia*, Udine), nous avons décidé d'étendre et d'amplifier les lâchers de *N. typhlocybae* en s'appuyant sur un réseau de collaborateurs techniques sur l'ensemble des départements et régions touchés par ce ravageur. Ce réseau a été créé en 1999 et a permis non seulement de mettre en œuvre la dissémination de l'auxiliaire mais aussi d'en suivre son installation et sa dispersion (Malausa *et al.*, 2000 et 2001 - Phytoma).

Cette stratégie a permis, et c'était l'un des objectifs, de créer de nombreux sites réservoirs d'auxiliaires afin d'assurer une plus grande disponibilité en matériel biologique et de multiplier ainsi régionalement les lâchers dans de nouveaux sites infestés. La multiplication des sites d'introduction de *N. typhlocybae* a vite montré l'apparition de certains foyers de parasitoïdes particulièrement prolifiques dans lesquels il a été possible de collecter chaque année un nombre important de cocons pour lâcher sur de nouveaux sites. Cette opportunité a été largement utilisée pour multiplier un auxiliaire dont l'élevage massif se heurte à de nombreuses contraintes qui le rendent économiquement peu rentable. Les résultats ont été à la hauteur de l'énergie investie dans cette opération. Certaines régions ou départements ont développé des opérations d'envergure prises en charge financièrement par les collectivités locales ou territoriales.

Les sites qui ont fait l'objet des premiers lâchers « régionaux » en 1999 et 2000 ont servi de sites de référence pour évaluer les principaux indicateurs démographiques permettant de mesurer l'efficacité et la dispersion de l'auxiliaire. Les échantillonnages ont été effectués annuellement selon un protocole commun et simple à mettre en œuvre afin d'obtenir des données comparables (Malausa *et al.*, 2000 - Phytoma). Il a été noté une augmentation progressive du pourcentage de parasitisme larvaire de *M. pruinosa* représenté par la moyenne de tous les sites de références. Sept années après le lâcher, il atteint environ 40 % alors que conjointement, les populations du phytophage régressent régulièrement pour atteindre un niveau très bas, certains sites n'ayant pu être échantillonnés à cause de la disparition totale des populations.

La dispersion locale autour du point de lâcher n'a été suivie que pendant 4 années consécutives du fait de la difficulté de prospecter efficacement au-delà d'une certaine distance. A l'issue des quatre premières années, la distance moyenne atteinte par *N. typhlocybae* est d'environ 300 m du point de lâcher. Rappelons toutefois qu'il existe parallèlement une dispersion sur de plus grandes distances (de

l'ordre du kilomètre) qui permet l'établissement de nouveaux foyers qui, en se rejoignant, permettent à l'espèce de coloniser de larges territoires.

Plusieurs expérimentations de lâchers plus intensifs au niveau d'une parcelle ou d'un secteur ont été menées conjointement afin de voir si l'on pouvait en attendre un contrôle plus rapide sur les populations de ravageur. Ces expérimentations ont montré la difficulté de mettre en œuvre des lâchers massifs d'un tel auxiliaire et il en faudrait certainement un nombre beaucoup plus important pour observer un impact significatif au niveau d'une parcelle ou d'une zone limitée. Ces expérimentations ont permis en fait de jouer sur la densité des points de lâchers mais pas véritablement sur le nombre total d'auxiliaires introduits qui reste malgré tout relativement faible. Le choix d'une stratégie d'acclimatation durable reste pour l'instant le meilleur choix dans la perspective, certes un peu moins rapide, de maîtriser durablement les populations de *M. pruinosa*.

Depuis les premières introductions de *N. typhlocybae*, plusieurs espèces d'hyménoptères hyperparasites sont observées chaque année à l'intérieur des cocons de l'auxiliaire. Ces espèces ont été identifiées par M. Olmi et par L. Guerrieri qui ont suivi et étudié les parasitoïdes de Dryinidae (Guerrieri et Viggiani, 2005 - Systematics and Biodiversity ; Olmi, 2000 - in A. Lucchi. Regione Toscana ; Viggiani *et al.*, 2002 - Boll. Lab. Ent. Agr. Filippo Silvestri). En France, les espèces impliquées sont *Pachyneuron muscarum* L. (Pteromalidae), *Cheiloneurus boldyrevi* Trjapitzin & Agekian (Encyrtidae), *Gelis areator* (Panzer) (Ichneumonidae) et *Anagyrus fusciventris* (Girault) (Encyrtidae). Les deux premières sont très largement dominantes, les deux autres n'ayant été observées qu'exceptionnellement et ne sont connues sur *N. typhlocybae* que par quelques individus isolés.

L'importance de l'hyperparasitisme et les espèces impliquées varient d'une année ou d'une région à l'autre. Sur le site d'Antibes qui a été échantillonné chaque année depuis 1996, le pourcentage de cocons hyperparasités a régulièrement oscillé entre 5 et 15 %, impliquant les deux espèces principales précitées. C'est au cours des échantillonnages effectués durant la saison 2003 qu'un pourcentage d'hyperparasitisme exceptionnellement élevé a été observé à Antibes (78 % des cocons). Il nous a donc paru intéressant d'étendre ces observations à d'autres régions par un suivi annuel d'une centaine de cocons prélevés sur les sites d'échantillonnages habituels et ramenés au laboratoire pour observation. L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution dans le temps de l'hyperparasitisme et de lier éventuellement ce dernier à la démographie de *N. typhlocybae* et par voie de conséquence à celle de *M. pruinosa*.

C'est ainsi qu'en plus du site antibois ont été rajoutés à partir de 2004, les sites de Mandelieu (Alpes-Maritimes), Cogolin (Var), Bravone (Corse), Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône) et Toulouse (Haute-Garonne). L'évolution de l'hyperparasitisme en 2004 et 2005 sur les sites de référence a été observée. Seul le site de Corse n'a pas révélé la présence d'hyperparasites durant ces deux années sachant par ailleurs que des hyperparasites ont été observés antérieurement sur d'autres sites de l'île. En France continentale, le taux d'hyperparasitisme reste relativement faible, voire localement absent. Seul, le site d'Antibes reste à un niveau élevé sachant qu'il a fait l'objet de lâchers deux ans avant les autres. Cela n'occasionne pas pour l'instant de diminution, ni du taux de parasitisme de *M. pruinosa*, ni de sa densité larvaire. La poursuite de ces observations permettra de comparer l'évolution du site d'Antibes avec les autres sites français.

Conclusions

L'acclimatation en France de *N. typhlocybae* peut désormais être considérée comme une réussite et la stratégie mise en place au niveau national depuis 1999 a largement contribué à développer cette méthode de lutte biologique sur la majeure partie du territoire colonisé par *M. pruinosa*. Plusieurs centaines de lâchers sur 21 départements de 6 régions administratives ont été effectués depuis le début de cette opération et les résultats obtenus sont à la hauteur des espoirs que nous avons mis dans cet auxiliaire. La seule ombre au tableau réside dans l'inertie du système sachant que de nouvelles zones sont chaque année nouvellement infestées par cette espèce invasive et qu'il faut plusieurs années pour stabiliser une situation qui passe inexorablement au début par des pullulations estivales souvent spectaculaires, avant que l'impact de l'auxiliaire introduit ne se fasse ressentir.

L'adaptation d'hyperparasites indigènes sur l'auxiliaire introduit reste également une cause de déstabilisation possible de l'équilibre établi et mérite toute notre attention afin de prévoir sur un plus long terme les répercussions sur les actions à envisager pour gérer au mieux les populations de *N. typhlocybae*.

≡ ***Ten years of biological control of *Metcalfa pruinosa* with releases of *Neodryinus typhlocybae* in South of France.***

*After the description of the situation of *Metcalfa pruinosa* in France, its biology, damages and possible control strategies, we evaluate the statement and the results of ten years of biological control using the parasitoid *Neodryinus typhlocybae*. The national network in charge of developing the biological control in all the regions where *M. pruinosa* has spread greatly accelerate the development of the releases of the wasp and contributes to evaluate its demography and the impact on the pest population. Ten years after the introduction of this beneficial organism, the populations of the pest have considerably decreased on the sites of the first releases and the development of this strategy on a large scale in the other regions of France should make it possible to reduce the impact of this pest in the medium term.*



COMMUNICATION ORALE

✓ Ennemis naturels des espèces invasives *Anoplophora chinensis* et *A. glabripennis* (capricornes asiatiques) en Europe.

¹FRANCK HÉRARD, ²MARIANGELA CIAMPITTI, ³MATTEO MASPERO, ⁴CHRISTIAN COCQUEMPOT, ⁵GÉRARD DELVARE, ¹JAIME LOPEZ, ⁶MARIO COLOMBO

¹ European Biological Control Laboratory - USDA-ARS - CS 90013
Montferrier-sur-Lez - 34988 SAINT-GELY-DU-FESC Cedex

² Regione Lombardia - Servizio Fitosanitario - MILANO (Italie)

³ Fondazione Minoprio - Vertemate con Minoprio (Italie)

⁴ INRA - USC d'écologie animale et de zoologie agricole - MONTPELLIER

⁵ CIRAD, Campus International de Baillarguet-CSIRO - MONTFERRIER-SUR-LEZ

⁶ Istituto di Entomologia Agraria - Università degli Studi di MILANO (Italie)

Orateur : **FRANCK HERARD**

Introduction : *Anoplophora glabripennis* et *A. chinensis* (Col. : Cerambycidae), originaires d'Extrême-Orient, ont été introduits accidentellement dans quelques sites urbains en Amérique du Nord et en Europe où ils représentent des menaces sérieuses pour les arbres d'ornement et les forêts. *A. glabripennis* a été introduit sous forme de larves, nymphes ou adultes pré-émergeants, dans leurs galeries d'origine creusées dans le bois non traité ayant servi à la fabrication de palettes et de caisses ou dans du bois de calage, en provenance d'Extrême-orient. *A. chinensis* a été introduit sous forme d'œufs, de larves, de nymphes ou d'adultes pré-émergeants dans des bonsaïs importés d'Extrême-Orient. Dans leur aire d'origine, les 2 ravageurs causent d'importants dégâts à de nombreuses espèces d'arbres caducifoliés. *A. glabripennis* attaque notamment les genres *Populus*, *Acer* et *Salix*. *A. chinensis* est un ravageur important des *Citrus* au Japon. Hors de leur aire d'origine, les 2 ravageurs xylophages présentent une grande polyphagie mais ils montrent une préférence marquée pour les érables. En Europe, les 2 ravageurs exotiques sont des insectes de quarantaine, soumis à des mesures réglementaires au niveau européen (Directive européenne 2000/19/CE), et au niveau des pays membres concernés (Arrêté du 28 Mai 2003, en France). En Europe, l'infestation la plus forte est due à *A. chinensis*. Elle s'est développée en Italie, près de Milan. Elle a été découverte en 2000 à Parabiago autour d'une pépinière spécialisée dans l'importation de bonsaïs d'Extrême-Orient. Un monitoring récent a permis de déterminer que la zone infestée s'étend sur près de 100 km² au nord-est de Milan et qu'elle concerne une vingtaine de municipalités dont Milan. Des efforts d'éradication ont été entrepris en 2003 mais, compte tenu de l'étendue actuelle de l'infestation et de la densité des populations d'*A. chinensis* en Italie, il est fort probable que l'éradication de l'insecte ne soit jamais obtenue. Son statut d'espèce introduite pourrait être prochainement élevé au niveau d'espèce invasive. Conjointement aux efforts d'éradication, des recherches ont été initiées pour inventorier, identifier, et évaluer les parasitoïdes qui pourraient être utilisés en lutte biologique contre *A. chinensis*. Ces parasitoïdes ont également été testés contre *A. glabripennis* car ce ravageur est actuellement présent dans quatre foyers en Europe dont deux en France, détectés en 2003 à Gien (Loiret) et en 2004 à Sainte-Anne-sur-Brivet (Loire Atlantique), un en Autriche détecté en 2001 à Braunau-am-Inn, et un en Allemagne, détecté en 2003 à Neukirchen-am-Inn. L'éradication d'*A. glabripennis* n'a pas encore été obtenue dans un seul de ces foyers. Nous présentons ci-dessous les premières données concernant le complexe d'ennemis naturels potentiels des *Anoplophora* en Europe.

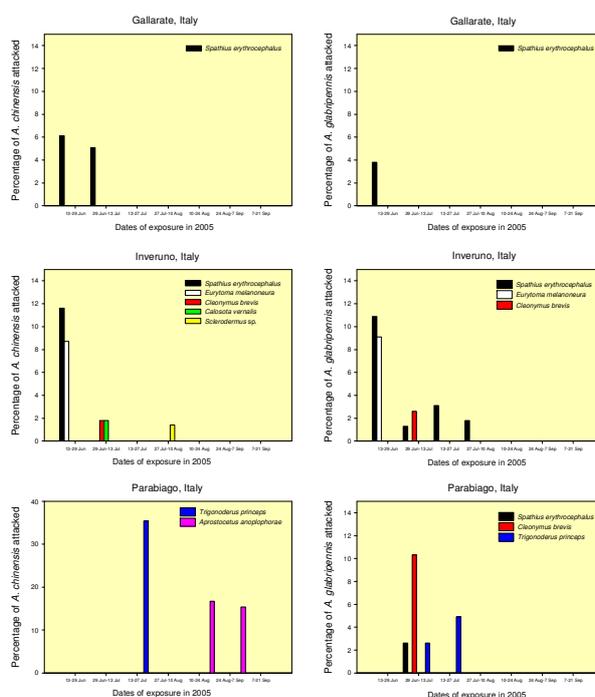
Matériel et Méthodes : Des plantes sentinelles, utilisées en laboratoire de quarantaine comme supports de ponte pour *A. chinensis* et *A. glabripennis*, ont été exposées en Italie dans la zone infestée par *A. chinensis* pour servir de cibles aux parasitoïdes locaux sensibles à ces hôtes. Les stades œuf, L1 et L2 des 2 hôtes étaient présents dans les plantes au moment de l'exposition en nature. Des lots de 96 plantes ont été successivement exposés pendant 2 semaines dans la période juin à septembre 2005. Trois sites d'exposition sécurisés ont été sélectionnés avec l'accord du Service de Protection des Végétaux de Lombardie en zone urbaine infestée par *A. chinensis*, à Parabiago, Inveruno, et Gallarate. Après exposition en nature, les plantes ont été écorcées et les hôtes parasités ont été conservés jusqu'à l'émergence des parasitoïdes adultes. Certains adultes parasitoïdes ont été réservés à l'identification des espèces, les autres ont été maintenus en vie pour constitution de colonies de laboratoire et étude de leur biologie et de leur comportement.

Résultats : Un parasitoïde grégaire oophage, *Aprostocetus anoplophorae* Delvare [Hymenoptera : Eulophidae], nouvelle espèce très vraisemblablement originaire d'Extrême-Orient, a été obtenu à partir des œufs d'*A. chinensis*. Cette espèce, apparemment très spécifique d'*A. chinensis*, n'a jamais accepté *A. glabripennis* comme hôte. Les 6 ectoparasitoïdes larvaires *Spathius erythrocephalus* Wesmael [Hymenoptera : Braconidae], *Eurytoma melanoneura* Walker [Hymenoptera : Eurytomidae], *Calosota vernalis* Curtis [Hymenoptera : Eupelmidae], *Cleonymus brevis* Boucek et *Trigonoderus princeps* (Westwood) [Hymenoptera : Pteromalidae], et *Sclerodermus* sp. [Hymenoptera : Bethylidae] ont été élevés de L1 et/ou L2 d'*A. chinensis*. Cinq des 6 parasitoïdes larvaires (*C. vernalis* excepté) ont aussi attaqué *A. glabripennis* dans la même région. Les taux de parasitisme par les diverses espèces obtenues dans nos relevés de 2005 sont présentés dans la **Figure 1**.

Discussion : La composition du complexe parasitaire est variable entre sites, et l'abondance de chaque espèce a été variable dans le temps. La plus forte période d'activité des parasitoïdes a été Juin et Juillet. *S. erythrocephalus* a été omniprésente, et l'une des espèces les plus abondantes avec *T. princeps* et *C. brevis*. Ces parasitoïdes ont été préalablement signalés en Europe de divers hôtes xylophages mais leur biologie et leur spectre d'hôtes sont inconnus. Chez les 2 espèces les plus fréquentes dans nos relevés, *S. erythrocephalus* et *T. princeps*, les conditions d'élevage en laboratoire, la fécondité, la longévité, et le comportement d'attaque des hôtes sont actuellement à l'étude. Il est également prévu de déterminer leur spectre d'hôtes pour savoir si ces espèces ont un réel potentiel comme agents de lutte biologique par augmentation contre les *Anoplophora* en Europe.

≡ Natural enemies of the invasive species *Anoplophora chinensis* (Citrus Longhorned Beetle) and *A. glabripennis* (Asian Longhorned Beetle) in Europe.

By exposing sentinel plants containing eggs and young larvae of *Anoplophora chinensis* or *A. glabripennis* within the area infested with *A. chinensis* in Italy, one gregarious egg parasitoid, *Aprostocetus anoplophorae* Delvare [Hymenoptera : Eulophidae], a new species very likely originating from the Far East, was reared from eggs of *A. chinensis*. *A. anoplophorae* appears to be very specific to *A. chinensis* as it never accepted *A. glabripennis* as a host. The 6 larval ectoparasitoids *Spathius erythrocephalus* Wesmael [Hymenoptera : Braconidae], *Eurytoma melanoneura* Walker [Hymenoptera : Eurytomidae], *Calosota vernalis* Curtis [Hymenoptera : Eupelmidae], *Cleonymus brevis* Boucek and *Trigonoderus princeps* (Westwood) [Hymenoptera : Pteromalidae], and *Sclerodermus* sp. [Hymenoptera : Bethylidae] were reared from L1 and/or L2 of *A. chinensis*. Five among the 6 larval parasitoids (excepting *C. vernalis*) also attacked *A. glabripennis* within the same area.



Parasitization of early stages of *Anoplophora chinensis* and *Anoplophora glabripennis* exposed in sentinel plants at 3 sites within the area infested with *A. chinensis* near Milan, Italy, during 2005



COMMUNICATION ORALE

✓ **Expérimentation de méthodes de lutte contre les termites dans les arbres d'alignement à Paris.**

¹ANNE-GENEVIEVE BAGNERES, ²CAROLINE LOHOU

¹ Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI), UMR CNRS 6035 - Université de Tours - Faculté des Sciences & Techniques - Parc Grandmont - 37200 TOURS

² D.P.J.E.V. - Circonscription des Etudes végétales - Mairie de Paris
1, avenue G. Bennett - 75016 PARIS

En 1993, lorsque la Direction des parcs, jardins et espaces verts (DPJEV) constate que les termites sont à l'origine du dépérissement des arbres d'alignement et en fait une cartographie, la Ville de Paris signe une première convention avec le CNRS (LNB, UPR 9024 Marseille). Cette cartographie a montré qu'en fonction de la dureté du bois, l'importance des attaques de termites différait, mais la plupart des essences était touchée (platane, marronnier, sophora, cedrela, tilleul, érable, frêne, micocoulier, chêne, orme, pterocarya, etc.). Une inspection détaillée des quelques 5 400 arbres (soit 6 % du patrimoine) plantés dans les zones où des bâtiments étaient touchés, a révélé la présence certaine de termites dans 318 d'entre eux.

Ces travaux en collaboration, achevés en 1997, ont permis d'utiliser, pour la première fois, une méthode curative de lutte contre ces insectes en milieu urbain, et d'en évaluer l'efficacité. Cette technique devait être non polluante et adaptée au cas particulier des arbres. Or les traitements traditionnels des bâtiments, qui s'avéraient trop souvent nocifs, étaient impossibles à mettre efficacement en oeuvre au pied des arbres. Il a donc été choisi une technique de piégeage, à l'époque innovante contre les termites, avec des pièges appâts contenant un inhibiteur de mue que les termites se transmettent par contact sociaux. Le traitement de l'époque avait porté sur 1300 des 93000 arbres d'alignement de Paris, et avait montré une bonne diminution des attaques. Malheureusement des réinfestations se sont produites, provenant en grande partie des bâtiments, d'où une seconde convention entre la Mairie de Paris (DPJEV) et le CNRS (Le LNB puis l'IRBI, à Tours pour mieux comprendre le phénomène.

Avant la loi du 8 juin 1999, année de cette seconde convention, il n'existait quasiment pas de réglementation nationale pour lutter contre ces insectes xylophages. Plusieurs décrets relatifs aux termites sont parus depuis (dont le dernier en Mai 2006). La seconde convention, finançant entre autre une thèse de doctorat, consistait en une assistance scientifique de l'équipe du CNRS vis-à-vis des services de la Ville de Paris, dans l'étude des stratégies de progression des termites en ville, et dans la recherche de l'origine des infestations dans les différents îlots.

Entre 2000 et 2003, des missions de prospection de termites ont été réalisées à l'intérieur des bâtiments et sur les arbres d'alignement. Avec l'aide du Service municipal d'actions de salubrité et d'hygiène (SMASH) de la Ville de Paris et de différents professionnels, la plupart des arrondissements a pu être échantillonnée, ainsi que plusieurs cités de la banlieue parisienne.

Les résultats d'analyses des structures génétiques des colonies ont montré que des changements du système de reproduction de l'espèce parisienne sont associés à l'invasion de nouveaux habitats, et que la propagation et l'établissement de cette espèce en milieu urbain sont facilités par l'activité humaine. Ceci démontre une certaine dynamique des colonies de ce termite en ville. On retrouve par exemple, sur le boulevard de la Madeleine, une colonie présente sur une vingtaine d'arbres et s'étalant sur plus de 300 mètres. De même des individus de même origine génétique sont retrouvés à des distances non naturelles de propagation.

Cette meilleure compréhension des stratégies de propagation des colonies devrait permettre d'établir une politique de prévention durable contre l'envahisseur. La connaissance des empreintes génétiques des différentes colonies parisiennes (et non parisiennes) pourrait ainsi aider à la mise en place des traitements pour les rendre moins coûteux et à aider à gérer intelligemment le contrôle de ces insectes en suivant leur dispersion et leur disparition au cours des traitements.

L'étude de cette espèce à caractère invasif (que l'on trouve en milieu naturel uniquement en Saintonge, à l'île d'Oléron, et dans quelques forêts des Charentes au nord de la Vendée, et en milieu

urbain, de Bayonne à Rouen) a également révélé que son origine était sans doute bien au-delà de la Saintonge, de l'autre côté de l'océan Atlantique...

≡ *Termites and urban forestry*

In Europe, and especially in France, subterranean termites attack living trees in urban areas, besides infesting wood in buildings. The termite species generally responsible for this is Reticulitermes santonensis, which causes an estimated several million euros worth of damage to street trees in the city of Paris alone, where there are about 90,000. This species attacks deciduous trees indiscriminately, regardless of age and species. Among tree species attacked are the plane tree, chestnut tree, ash tree, wingnut (Pterocarya spp.), poplar, etc. Infested trees are generally found near buildings that are infested. Heat and moisture generated in urban areas promote the spread of the termite. Baiting systems are currently being explored as a method of managing this termite problem.

Bait systems have been tested and show promising results against R. santonensis in Paris, where city officials have co-operated with the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in a pilot study to investigate colony and population structure using molecular and chemical markers. Hopefully this knowledge will lead to a better understanding of the pest's invasion strategies and allow development of effective targeted control measures for Paris and other big cities.



COMMUNICATION ORALE

- ✓ **Bilan économique et sanitaire de la mise en place d'un programme de lutte intégrée dans des serres à ambiance très diverses sur des collections végétales très variées : Le cas du Jardin Botanique de Lyon.**

NOËL POYET, FREDERIC PAUTZ

Jardin Botanique de Lyon - Parc de la Tête d'Or - 69459 LYON Cedex 06

Orateur : **Noël Poyet**

Le Jardin Botanique de LYON, compte vingt cinq serres différentes abritant 7000 espèces différentes. Le flux annuel d'introduction et de départ est d'environ 600. Les introductions proviennent de la nature ou d'échange avec des particuliers, des Jardins Botaniques ou des horticulteurs. Depuis l'année 2001, la lutte intégrée a été mise en place pour combattre ses différentes infestations parasitaires en cultures sous abris (aleurodes, araignées rouges, cochenilles, pucerons, thrips). Dès le lancement de ce programme, nous avons dressé, en préalable, un inventaire des ravageurs se trouvant dans nos collections, afin d'apporter une réponse biologique adaptée pour chaque genre de parasite. Leur nombre se portait à dix neuf espèces dans différents genres.

Compte tenu de la diversité des cultures et de la grande diversité des modes d'introduction des plantes, le nombre de parasite en présence est important. La superficie couverte par la PBI est de 6000 m². Notre grande diversité végétale, représentée par des collections issues de continents différents, implique des cultures spécifiques se rapprochant le plus possible de leur milieu d'origine. C'est pourquoi, dans la gestion de notre PBI, nous devons tenir compte des conditions climatiques propres à chaque serre. Les réactions des parasites et des auxiliaires ont été différentes dans chaque contexte.

Température, hygrométrie, luminosité

La prise en compte de ces paramètres est la condition sine qua non pour la réussite d'un programme de lutte biologique. Les époques des lâchers sont déterminées en fonction de ces critères. Le choix des auxiliaires et la fréquence des lâchers s'effectuent en fonction des genres de parasites, ainsi que l'importance des foyers. Une expertise est réalisée toutes les semaines, afin d'ajuster le programme.

Résultats

L'implication du personnel a été totale dans le suivi des ravageurs et dans la mise en œuvre des traitements. En plus de l'évolution des mentalités des agents et des visiteurs, on a pu constater que le nombre de jours où les serres sont fermées au public a diminué de quinze jours à moins de trois jours.

En cinq ans, le nombre de parasites a diminué dans la plupart des serres. Ces ravageurs sont depuis, maîtrisés et éradiqués pour certains d'entre eux. Nous utilisons une faune auxiliaire composée de prédateurs et parasitoïdes pour obtenir une meilleure efficacité.

Ex : *Cryptolaemus montrouzieri* et *Anagyrus fusciventris* pour lutter contre *Pseudococcus longispinus*.
Aphidius ervi et *colemani*, couplés avec *Adalia bipunctata* pour lutter contre les pucerons.

Ravageurs maîtrisés

- Araignées rouges (*Tetranychus urticae* maîtrisé par *Phytoseiulus persimilis*).
- Thrips (*Echinothrips americanus* maîtrisé par *Franklinothrips vespiformis* et *Amblyseius cucumeris*).
- Cochenilles diaspines (*Diaspis boisduvalii* maîtrisé par *Encarsia citrina* et *Rhysoobius lophanthae*).

Ravageurs éradiqués

- Aleurodes (*Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*) éradiqués par *Eretmocerus eremicus* et *Encarsia formosa*.

- Cochenilles carapaces (*Saissetia coffaea*) éradiqué par *Encyrtus* et *Metaphycus flavus*.
- Thrips (*Thrips tabaci*) éradiqué par *Amblyseius cucumeris*.

Trois genres de ravageurs, mais en foyers très réduits sont encore difficiles à combattre : *Spilococcus cactearum*, *Chrysomphalus aonidum*, *Pulvinaria regalis*. Au fil des programmes, notre lutte intégrée a atteint un pourcentage de protection biologique nettement supérieur aux traitements chimiques ; **80 % pour le mode biologique et 20 % pour le mode chimique**.

Le mode chimique n'est utilisé qu'en dernier recours, avec des produits de faibles classements toxicologiques à action ovicide, larvicide, visant à casser les cycles des parasites, permettant ainsi un meilleur travail de la faune auxiliaire. D'un point de vue financier, le coût de la lutte biologique est en augmentation constante et représente une valeur importante par rapport à celle des produits phytosanitaires. Lors de notre programme 2001, nous accusons un coût de 884,48 € pour les produits phytosanitaires et 2 867,67 € pour la faune auxiliaire. En 2005, nous avons eu respectivement 170,93 € pour les traitements chimiques et 6 000 € pour la PBI.

Nous accusons une diminution du coût de la phytopharmacie d'environ 80 %. Dans le même temps, la somme allouée pour la faune auxiliaire a plus que doublée, ce qui porte un prix de revient à 1 € /m², montant encore inférieur si l'on veut se dispenser encore de traitements chimiques.

Conclusion

Le contexte très particulier des jardins botaniques, avec un mode fonctionnement original, avec une grande diversité de serres, de plantes et de parasites, est un bon modèle expérimental pour les serres de production. Malgré un surcoût, ce mode lutte anti-parasitaire s'est aujourd'hui imposé au Jardin Botanique de la ville de Lyon. C'est l'un des éléments du dossier qui a valu à la direction des Espaces Verts de la ville de Lyon sa certification ISO 14001, en juillet 2005.

❧ *Economical and sanitary conclusions about integrated pest management applied in various greenhouses of Lyon Botanical Garden.*

In Lyon Botanical Garden, IPM (Integrated Pest Management) has been used for five years to control insect pests that are present in our living collections, such as whiteflies, red spiders, mealybugs, aphids, thrips.

The stake of such a choice is very important because it supports the respect and the protection of the Environment (14001 ISO norm).

Those natural treatments allow us to maintain the pest populations below a tolerance level for the good display and the pereniality of our collections.

Our strategy is based on a good balance between pests and predators in order to respect and protect our different biotopes for a long-lasting ecological gestion.



COMMUNICATION ORALE

✓ Mise en place de la lutte intégrée au parc de l'arboretum de la Vallée-aux-Loups (92).

¹ARNAUD DE FONSCOLOMBES, ²JEAN-MARIE DAVID

¹ Conseil Général des Hauts-de-Seine - Direction des Parcs, Jardins et Paysage
39, avenue P. Picasso - 92000 NANTERRE

² PHYTOCONSEIL - 43, rue Lemerrier - 75017 PARIS

Orateur : ARNAUD DE FONSCOLOMBES

La Direction des Parcs, Jardins et Paysages a mis en œuvre en janvier 2001 une lutte biologique intégrée dans les serres de Convolvulacées de l'Arboretum du parc de la Vallée-aux-loups à CHATENAY-MALABRY (92).

En 2005, cette lutte a été étendue à l'ensemble du parc de la Vallée-aux-loups comprenant l'Arboretum, la Maison de Chateaubriand et le Parc boisé, soit une surface totale de 60 ha.

Serres de convolvulacées

Cette technique suppose une connaissance parfaite des serres et nécessite une observation quotidienne et un suivi régulier des plantes.

Différentes étapes :

- Mesures prophylactiques : désinfection des cultures, évacuation des déchets des cultures, désherbage de l'intérieur de la serre.
- Installation de panneaux englués permettant de noter l'évolution de la population de ravageurs.
- Traitement de remise à niveau des ravageurs en utilisant des produits à faibles rémanences pour ne pas gêner l'installation des auxiliaires.
- Introduction des auxiliaires et observation hebdomadaire des panneaux englués.
- Détection et marquage permanent des foyers (acariens, thrips, aleurodes, pucerons).
- Réajustement des apports d'auxiliaires ou traitement chimique de correction avec un produit non rémanent et respectueux des auxiliaires.

Le personnel a été formé à la démarche : connaissance générale de la lutte biologique intégrée, connaissance et reconnaissance des ravageurs et auxiliaires et mise en place des auxiliaires.

Ravageurs, prédateurs et techniques utilisés

- Contre les Aleurodes (*Trialeurodes vaporarium*), des Hyménoptères (*Eretmocerus eremicus* et *Encarsia formosa*) ont été lâchés.
- Contre les thrips, des Acariens prédateurs comme *Amblyseius* ont été utilisés.
- Contre les Acariens (*Tetranychus urticae*) : des Acariens prédateurs comme *Phytoseiulus persimilis*.
- Contre les pucerons (*Myzus persicae*), un Hyménoptère prédateur comme *Aphidius colemani* a été employé.

Introduction d'oiseaux insectivores depuis octobre 2003

Le Yuhina à collier blanc, originaire du Sud-Est asiatique et le Zopterops, originaire d'Afrique ont été introduits en serre et ont réduit nettement les populations en pucerons et cochenilles.

Il n'est plus utilisé d'auxiliaires depuis contre les pucerons.

En avril 2004, il a été installé une volière dans la serre afin de conserver les oiseaux pendant la période estivale.

Coût de la fourniture des auxiliaires

Les coûts annuels ont été inférieurs à 7 000 € avant 2003 et de moins de 2 000 € depuis 2004 suite à l'introduction des oiseaux insectivores.

Bilan global

Les attaques de pucerons, d'aleurodes et d'acariens sont maîtrisées.

Par contre la lutte contre les cochenilles est difficile car l'auxiliaire est difficile à produire.

Afin de réussir cette lutte, un marché a été passé avec PHYTOCONSEIL en 2006.

Trois visites de conseil ont été faites en mai, juillet et octobre.

Au cours de ces visites, un suivi des populations est réalisé en présence des agents ainsi qu'un rapport de visite.

Lutte sur le parc de la Vallée-aux-Loups

Dans le cadre du marché passé avec PHYTOCONSEIL, un suivi de l'évolution des populations a été entrepris sur l'Arboretum et le parc de la Maison de Chateaubriand.

Ce suivi porte sur les populations de pucerons et d'acariens phytophages, coccinelles, larves de Chrysopes, acariens prédateurs.

Le prélèvement et le dénombrement sont effectués sur les feuilles de vingt tilleuls, vingt trois charmes, sept hêtres (pour le suivi du puceron *Phyllaphis fagi*) et cinq arbres du verger à l'Arboretum, un tilleul remarquable et un marronnier remarquable (pour le suivi de la mineuse) à la maison de Chateaubriand.

La fréquence des prélèvements est de dix à raison répartis sur six mois de Mai à Septembre (deux par mois).

Dès l'apparition de pucerons et d'acariens sur les feuilles, il est proposé un lâcher d'auxiliaires.

La Direction fait alors appel à EDENVERT pour ce lâcher.

A noter que cette action avait été entreprise en 2005 mais que les résultats n'ont pas été significatifs car l'année a été très favorable du fait du petit nombre de ravageurs.

Des produits compatibles avec la lutte biologique sont utilisés par les jardiniers, dans le verger notamment.

Aucun autre produit chimique n'est utilisé sur le parc.

Les résultats des deux années 2005 et 2006 devront être significatifs et permettront de progresser dans ce domaine et d'étendre ce type de lutte à d'autres parcs comme celui de Sceaux (araignées rouges), même si la Vallée-aux-Loups offre un cadre privilégié en la matière.

❖ *Biologic fight integrated into the park of the Vallée-aux-Loups.*

The Direction (Management) of Parks, Gardens and Landscapes began, within the framework of an environmental step(method), a biologic fight integrated into the park of Vallée-aux-Loups to CHATENAY-MALABRY (92).

This fight began in 2001 in the greenhouse of convolvulacées and in 2005 in the park strictly speaking.

In the greenhouse, the result is convincing, especially thanks to the use of insectivorous birds, but it remains to resolve the problem of cochineal which have few predators to this day.

Since 2005, the fight begun in the park was made in partnership with companies PHYTOCONSEIL and EDENVERT.

PHYTOCONSEIL realizes 10 annual operations, from May till October at the rate of 2 a month, of counting of the predators and the present auxiliaries (aids) on the sheets (leaves) of certain count of trees.

From the appearance of pucerons and acarids on sheets (leaves), the EDENVERT company proceeds to auxiliaries (aids) release.

If need be, the gardeners proceed to compatible treatments with the integrated biologic fight.

The results of two years 2005 and 2006 will have to be significant and will allow to spread this fight to the other parks of the Department as the park of SCEAUX.



COMMUNICATION ORALE

✓ Les renouées du Japon : interactions biotiques et modes de gestion.

¹JOSIANE LE CORFF, ²AURELIE GALLARD, ²KEVIN SUAUDEAU

¹UMR A 462 SAGAH - 2, rue Le Nôtre - 49045 ANGERS

²Université d'Angers - Faculté des Sciences - 2, bd Lavoisier - 49045 ANGERS

Oratrice : JOSIANE LE CORFF

Depuis leur introduction en France comme plantes ornementales, les renouées du Japon (*Fallopia* spp. de la famille des Polygonaceae) ont progressivement colonisé les berges de nombreuses rivières, les talus des voies de communication et les friches urbaines. Les renouées sont actuellement considérées comme un groupe d'espèces envahissantes particulièrement problématique tant au niveau européen qu'au niveau mondial (www.issg.org, UICN 2006). En effet, les surfaces colonisées peuvent être considérables et ces espèces favorisent l'érosion des berges et des talus, provoquent des dégâts au niveau des revêtements et représentent peut-être un risque pour la biodiversité. Pour tenter de les contrôler, il est impératif de trouver des alternatives à l'emploi d'herbicides qui, par ailleurs, ne sont pas toujours très efficaces. Une gestion globale et durable passe donc obligatoirement par une meilleure connaissance de la biologie de ce groupe d'espèces et/ou d'hybrides à la taxonomie complexe.

En France, les renouées du Japon regroupent théoriquement au moins deux espèces du genre *Fallopia*, *F. japonica* et *F. sacchalinensis*, ainsi que leur hybride, *F. × bohemica* (Schnitzer, 1998). Ces espèces diffèrent par la morphologie des feuilles et des tiges, par le régime de la reproduction, et par la capacité à survivre à différents traitements herbicides (Bimova *et al.* 2001). Contrairement à d'autres régions, les Pays de la Loire ne présentent à l'heure actuelle que des populations de taille relativement réduite en cours d'expansion. Une étude préliminaire conduite aux alentours d'Angers a permis de montrer que l'espèce la plus fréquente semble correspondre à l'hybride *F. × bohemica*. Or, contrairement à ce qui peut être dit dans la littérature, ces plantes se reproduisent par voie végétative à partir de fragments de tiges mais également par voie sexuée. Même si la production de graines reste faible (inférieure à 5 % dans les populations étudiées), celle-ci n'est pas négligeable vu le nombre important de fleurs. Ces graines qui se conservent pendant tout l'hiver germent au printemps. En conditions contrôlées, les taux de germination sont supérieurs à 80 % quelles que soient les conditions de lumière. Même si aucune plantule n'a encore été observée dans les populations naturelles, les conséquences pour la gestion de ce groupe problématique sont nombreuses dans la mesure où la dispersion de graines par l'eau ou le vent peut éventuellement faciliter leur propagation (Forman et Kesseli, 2003).

De nombreuses espèces d'insectes se nourrissent de ces plantes, aussi bien au niveau des fleurs que des feuilles. Les abeilles semblent bénéficier de l'apport tardif de nectar et sont sans doute les principaux agents pollinisateurs. Au niveau des feuilles, plus d'une dizaine de taxons ont été observés. Cependant, les dégâts occasionnés restent très faibles et par conséquent, un impact négatif sur la croissance et le développement de ces plantes est très peu probable.

Ces premiers résultats sont à confirmer. Les conséquences possibles sur les communautés végétales et animales des sites envahis restent aussi à mesurer. Pour enrayer le développement des renouées qui peut être spectaculaire, une recherche bibliographique indique que des moyens chimiques, mécaniques et thermiques ont été essayés (Gaillard *et al.* 2002, Kister *et al.* 2005). Leur efficacité est limitée à cause de l'aptitude de ces plantes à redémarrer à partir de fragments de tiges et en raison de la persistance des rhizomes dans le sol à des profondeurs parfois importantes et pendant des périodes relativement longues. La prévention ou l'éradication de nouvelles populations constitue peut-être le meilleur moyen d'enrayer leur progression. Pour tenter de contrôler la colonisation des milieux naturels (berges de rivières), des voies de communication et des friches ou espaces verts urbains, la mise au point d'outils d'aide à la décision qui prennent en compte non seulement les impacts liés à la présence des renouées mais aussi les conséquences des modes de gestion sur l'environnement, apparaît donc nécessaire (Born *et al.* 2005).

≡ **Japanese knotweeds : plant-animal interactions and management options.**

After their introduction in France, Japanese knotweeds (*Fallopia* spp.) have progressively colonized road and river banks as well as open sites in urban environments. Negative consequences are observed on the embankments and potentially on the diversity of the invaded sites. Long-term management of this complex group calls for a better understanding of the biology of these species and/or hybrids. A preliminary study conducted in the region of Angers (France) indicates that : 1) asexual as well as sexual reproduction seem to occur in the populations, 2) numerous insect species feed on these plants on the flowers and on the leaves, and 3) even though a large number of insect species are observed on the leaves, damage remains very low. A literature search indicates that chemical and mechanical methods have been used to try to control Japanese knotweeds without much success. These results suggest that prevention and eradication of nascent foci might be the best strategy to try to limit the propagation of Japanese knotweeds into urban and natural areas. Management options based on decision aid that identifies priorities for action might therefore be helpful.

Références bibliographiques :

- Bimova K., Mandak B., et Pyšek P. 2001. Experimental control of *Reynoutria* congeners : a comparative study of a hybrid and its parents. In G. Brundu, J. Bock, L. Child, et M. Wade (Eds) *Plant invasions : species ecology and ecosystem management*. Balckhuys Publisher, Leiden, Pays-Bas. Pages 283-290.
- Born W., Rauschmayer F., Bräuer I. 2005. Economic valuation of biological invasions - a survey. *Ecological Economics* **55** : 321-336.
- Forman J. et Kesseli R. 2003. Sexual reproduction in the invasive species *Fallopia japonica* (Polygonaceae). *American Journal of Botany* **90** : 586-592.
- Gaillard V., Voinot J.-B., et Solviche A. 2002. Expérimentation de méthodes de régulation non chimique des renouées du Japon. Comptes-rendus des journées techniques nationales « Renouées », Besançon, France. Pages 47-54.
- Kister C., Huguet I., et Tomas F. 2005. Une envahissante le long des voies. *Phytoma* **583** : 52-56.
- Schnitzer A. 1998. Ecologie et biogéographie de plantes hautement invasives en Europe : les renouées géantes du Japon (*Fallopia japonica* et *F. sachalinensis*). *Revue Ecologie (Terre Vie)* **53** : 3-38.



COMMUNICATION ORALE

✓ Place et techniques des aménagements de l'espace urbain dans la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

¹GÉRARD ANGOUJARD, ¹LILIAN HATEY, ²ERIC BAZILE

¹ FEREDDEC Bretagne - ZA de Bellevue - 5, rue Antoine de Saint Exupéry - 35235 THORIGNE FOUILLARD

² PROXALYS Environnement - 5, rue Antoine de Saint Exupéry - 35235 THORIGNE FOUILLARD

Orateur : GERARD ANGOUJARD

Les nombreux suivis de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines ont mis en évidence des pollutions liées aux produits phytosanitaires et notamment les herbicides. Des études conduites notamment par la FEREDDEC Bretagne entre 1998 et 2002 ont clairement démontré que les herbicides employés en milieu urbain transfèrent massivement dans les eaux de ruissellement. En effet, la forte imperméabilité des surfaces et le caractère inerte des sols sablés font que les herbicides chimiques ne sont pas dégradés et leur ruissellement vers les eaux est très rapide.

Dès lors, il est nécessaire de modifier les pratiques de désherbage. Le recours aux techniques alternatives préventives et curatives apporte des solutions dans un certain nombre de situations mais ces dernières sont souvent plus contraignantes.

Dans ce cadre, il est primordial de limiter le développement des plantes spontanées en réalisant une réfection des ouvrages ou en cherchant à mieux les intégrer dans le paysage urbain.

Une approche fine sur la conception différenciée des espaces urbanisés doit permettre d'adapter des solutions durables.

Identifier les lieux de développement des "mauvaises herbes"

En milieu urbain, notamment sur le complexe « voirie - caniveau - trottoir », de nombreux endroits sont propices à l'accumulation de matière organique et de graines, et donc au développement de "mauvaises herbes".

Les interstices creusés au fil du temps dans les joints de la voirie, des caniveaux, des bordures et des trottoirs sont autant d'endroits où les plantes se développeront facilement, et où leur croissance accélère la dégradation des ouvrages.



La dégradation des surfaces sablées des allées piétonnes et des places entraîne également le développement des plantes spontanées.

Ouvrages existants : réfection et gestion différente

Dans un premier temps, il s'agit d'identifier les problèmes : les joints de caniveaux et de bordures, les pieds d'arbres et de mobilier urbain, etc.

Dans le premier cas, il sera souvent nécessaire d'engager un programme de réfection des joints, lieux propices au développement des plantes non désirées. Même si ces travaux sont parfois onéreux, leur coût sera vite rentabilisé (une voirie en bon état c'est moins de temps consacré au désherbage).

Nouveaux ouvrages : une réflexion dès la conception d'un projet

Il conviendra dans les nouveaux aménagements urbains d'engager avec le concepteur une réflexion qui permettra de concevoir des espaces permettant soit de limiter le développement des mauvaises herbes soit d'intégrer le développement des plantes spontanées dans le paysage urbain.

La voirie et les caniveaux

Les zones de rupture de revêtement sont des lieux propices au développement des plantes spontanées. Ainsi, il conviendra de choisir des aménagements limitant les caniveaux pour simplifier

au maximum la structure de la voirie. Par exemple, des voiries ayant un seul caniveau central, limiterons les endroits de développement des mauvaises herbes. Les joints de caniveaux devront être de bonne qualité afin de limiter leur dégradation rapide. Il sera préconisé également de repousser le revêtement de la voirie jusqu'à la base de la bordure pour réduire le nombre de joints.

Le choix des matériaux pour réaliser les caniveaux est également très important. C'est la raison pour laquelle on s'orientera de préférence vers des matériaux complètement moulés.

Les trottoirs et allées piétonnes

Là encore, il conviendra de limiter les ruptures de revêtement favoriser au maximum des structures d'aménagement simples. Ainsi il conviendra de réduire les bordures entre les massifs et les trottoirs. De même, le choix du revêtement devra se faire en fonctions de l'évolution future que l'on souhaite. En effet, en plein centre ville, on optera pour des matériaux résistants et imperméables alors que dans les lieux plus verdoyants, il pourra être utilisés des matériaux plus perméables (sablés, ...) qui laisseront les plantes spontanées se développer. Le passage régulier des riverains permettra de créer un cheminement, le reste de la surface étant progressivement colonisé par les plantes. Une tonte, un broyage ou une fauche régulière permettra de maîtriser leur développement.



Mobilier urbain

L'intégration du mobilier urbain dans l'aménagement devra être réfléchi pour faciliter le passage des machines comme les balayeuses. Dans de nombreuses situations, le mobilier urbain pourra être intégré dans une bande végétalisée.

Le choix du mobilier et leur installation sont primordiaux. Par exemple, on préférera des bancs publics avec un mono-pied ce qui facilitera l'entretien sous le banc. Pour l'installation du mobilier, une dalle béton ou un autre matériau coulé sous l'équipement permettra également de limiter la présence de plantes spontanées et facilitera l'entretien.

Un accompagnement méthodique pour la gestion de vos espaces

La nécessité de modifier les pratiques d'entretien en milieu urbain passe par la mise en œuvre de techniques alternatives au désherbage chimique. Pour réduire les interventions de désherbage alternatif, l'aménagement des espaces urbains est une solution qui permettra de limiter le développement des plantes spontanées ou de mieux les intégrer dans le paysage urbain : c'est la conception différenciée des espaces.

Soucieuse de promouvoir des entretiens plus respectueux de l'environnement, la FEREDDEC Bretagne accompagne les communes dans leurs choix de techniques alternatives et d'aménagements urbains.

Dans ce cadre, des travaux sont réalisés suivant une méthodologie adaptée auprès d'une centaine de communes. Cet accompagnement est présenté dans le "Guide des techniques alternatives au désherbage chimique - Aménagement et Entretien des espaces urbains" créé et édité par la FEREDDEC Bretagne avec de nombreux partenaires.

Pour en savoir plus : site Internet de la FEREDDEC Bretagne : www.fereddec-bretagne.com

Place and technologies used in layout of new building developments in urban environments in order to reduce use of chemical weed killers.

Numerous studies have shown that the weed killers used in urban environments have a significant impact on the deterioration of water quality. In view of this fact it is necessary to change weed-killing techniques. To achieve this, three main areas should be looked into: limiting weed development, learning to live with free-seeding plants or eradicating undesirable weeds. The design, layout and maintenance of new building developments in urban environments, offers an interesting and long-term alternative for limiting weed growth or finding better ways of integrating free-seeding plants.



COMMUNICATION ORALE

✓ **Présentation des principales méthodes de lutte alternatives de désherbage : analyse coût - avantage.**

¹GÉRARD ANGOUJARD, ¹LILIAN HATEY, ²ERIC BAZILE

¹ FEREDec Bretagne - ZA de Bellevue - 5, rue Antoine de Saint Exupéry - 35235 THORIGNE FOUILLARD

² PROXALYS Environnement - 5, rue Antoine de Saint Exupéry - 35235 THORIGNE FOUILLARD

Orateur : **GERARD ANGOUJARD**

Les suivis de la qualité des eaux ont montré que tous les acteurs agricoles et non agricoles contribuaient à la dégradation de la qualité de l'eau par les pesticides. Des études réalisées par la FEREDec Bretagne sur le site expérimental de Pacé (Ille et Vilaine) et sur le bassin versant de la Rosaie à Vezin le Coquet (Ille et Vilaine) ont clairement démontré que les herbicides appliqués en milieu urbain transfèrent massivement dans les eaux de ruissellement, notamment lorsqu'ils sont appliqués sur des surfaces à caractère imperméable. Dans ce cadre, si l'on veut des avancées significatives en terme de reconquête de la qualité de l'eau, le désherbage chimique doit être abandonné et substitué par l'emploi de solutions alternatives curatives.

De nombreuses expérimentations ont montré les avantages mais aussi les limites de ces techniques alternatives. Dans le cadre de la modification des pratiques d'une commune, la réflexion doit s'orienter selon trois axes :

- Eviter le développement des plantes spontanées par la conception, l'entretien des ouvrages et l'emploi de techniques alternatives préventives comme le paillage et les plantes couvre sols ;
- Vivre avec les plantes spontanées. Dans un certain nombre de lieux il sera nécessaire de se poser la question si une éradication totale des mauvaises herbes est réellement nécessaire. En effet, il pourra être envisagé de laisser pousser les plantes spontanées et de maîtriser leur développement par une fauche régulière.
- Eradiquer les mauvaises herbes. Pour cela, le recours aux techniques alternatives curatives est nécessaire sur les surfaces présentant un risque de transfert des herbicides vers les eaux de ruissellement.

Il s'agit ici de présenter les solutions alternatives curatives et d'en présenter un bilan risques-bénéfices.

Les techniques de désherbage thermique

Le principe de tout désherbage thermique est d'éclater les cellules de la plante par un choc thermique. Dans ce cadre on considère qu'une chaleur d'au moins 70°C pendant au moins une seconde est nécessaire pour obtenir un résultat satisfaisant sur des plantes jeunes.

Trois grandes catégories de techniques thermiques sont actuellement sur le marché :

- Le désherbage thermique à gaz ;
- Le désherbage thermique à eau chaude ;
- Le désherbage thermique à mousse chaude.

Désherbage thermique à gaz

Le désherbage à gaz génère une flamme d'environ 1000°C qui provoque un choc thermique au niveau de la plante. On considérera deux grandes techniques : les flammes directes et les flammes indirectes.

Ces techniques présentent de nombreux avantages comme le faible investissement en matériel (les premières lances sont à 100 €), la grande simplicité d'utilisation et la grande maniabilité d'emploi. Par contre, on notera comme inconvénient le risque d'incendie et le nombre de passages répétés. En effet, il est nécessaire d'effectuer au moins 8 passages par an pour avoir une efficacité correcte. Cette technique n'est pas non plus sans impact sur l'environnement puisque la combustion du gaz GPL (gaz identique aux voitures GPL) génère des émissions de gaz dans l'atmosphère.

Le désherbage thermique à eau chaude

Cette technique consiste à chauffer de l'eau et à l'appliquer sur la plante pour obtenir un choc thermique. L'eau est chauffée à 100°C.

Cette technique est simple d'emploi et très maniable. De plus, elle ne présente aucun risque d'incendie, contrairement au désherbage thermique à gaz. Néanmoins, elle présente un investissement très important (entre 20 000 et 30 000 €). L'eau appliquée sur les plantes étant chauffée par un brûleur, les consommations en énergie fossile et en eau (400 l/h) sont importantes et génèrent des émissions de CO₂.

Le désherbage à la mousse chaude

Le désherbage thermique à mousse consiste à chauffer de l'eau contenant 0,2 à 0,4 % d'additif (le foam) constitué à base d'amidon de maïs et de noix de coco. Ce mélange, à près de 100°C, passe ensuite dans une lance équipée d'un venturi qui le transforme en mousse chaude. Appliquée sur les plantes à désherber, la mousse chaude provoque un choc thermique. La mousse permet de garder la chaleur plus longtemps et donc d'en augmenter l'efficacité.

Cette technique présente de nombreux avantages notamment en terme d'efficacité mais présente deux inconvénients majeurs. Le premier étant la forte consommation en eau (4 à 500 l à l'heure) et le second une consommation en énergie fossile (fioul) pour chauffer le mélange.

Le balayage

Le principe du balayage avec des brosses mécaniques est d'enlever le substrat ainsi que les graines dans les caniveaux ; ceci afin de permettre d'éviter le développement des plantes spontanées.

Le balayage présente de nombreux avantages car en plus d'un désherbage classique il va effectuer un nettoyage de la rue. Il ne présente d'effets indirects sur l'environnement.

Le désherbage manuel

Que ce soit par l'arrachage manuel ou le binage, le désherbage manuel présente de nombreux avantages. Cette technique est très peu coûteuse en investissement et n'a aucun effet indirect sur l'environnement (pas d'émission de gaz, etc...).

Par contre, le désherbage manuel nécessite beaucoup de mains d'œuvre. En effet, cette technique est beaucoup plus lente que les autres. Elle sera néanmoins à considérer avec intérêt dans un certain nombre de situations.

Conclusion

N'utilisant aucun produits chimiques, les techniques alternatives présentent un grand intérêt pour le désherbage des surfaces présentant un risque élevé vis-à-vis du transfert des herbicides dans l'eau. Il faut néanmoins constater qu'elles sont généralement plus onéreuses car elles demandent soit des investissements plus importants soit des temps de main d'œuvre conséquents. D'autres part, si ces techniques apportent des avantages certains en matière de reconquête de la qualité de l'eau, il ne faut pas oublier que certaines d'entre elles génèrent des émissions de gaz dans l'atmosphère. Mais, les recherches, la fabrication et l'utilisation de produits phytosanitaires ne génèrent-elles pas aussi des nuisances directes ou indirectes sur l'environnement ?

Pour en savoir plus : site Internet de la FEREDec Bretagne : www.feredec-bretagne.com

≡ Introduction to principal methods about chemicals weed killers (analyses, costs, advantages).

Monitoring of the quality of surface water and studies concerning the transfer of pesticides used in urban environments both show evidence of the detrimental influence that chemical weed-killing techniques used in towns have on water quality. In order to reduce use of chemical weed-killers in urban environments, several alternative solutions exist: thermal weed killing techniques using flame, hot water or hot foam or mechanical techniques such as sweeping. Although these techniques don't necessitate chemical weed killers, they may nevertheless have a negative impact on the environment insofar as they require fossil fuels and give off gases (combustion).



COMMUNICATION ORALE

✓ Politique de gestion différenciée des espaces verts par la ville de Rennes et réduction du désherbage chimique.

CYRILLE LOMET

Directeur des Jardins de la Ville de Rennes
7, 9 et 11, rue de Quineleu - B.P. 3126 - 35031 RENNES Cedex

La gestion différenciée des espaces verts de la Ville de Rennes a été mise en place au début des années 80, période à laquelle le patrimoine vert s'était considérablement agrandi. La gestion horticole ne pouvait perdurer économiquement sur des surfaces qui sont passées de 80 ha en 1966 à 500 ha en 1983. Un entretien plus extensif de certains espaces a conduit naturellement à une baisse relative de la consommation de produits phytosanitaires. Pour autant, la quantité absolue de produits utilisés n'a pas baissé à cette époque.

C'est une enquête sur la qualité des eaux de la Vilaine au début des années 90 qui a mis en évidence le rôle des collectivités (et de l'ensemble des propriétaires urbains) dans la pollution des eaux. Il a été, en effet, décelé des molécules qui n'étaient pas utilisées par les agriculteurs (triazines). Il a été alors décidé d'abandonner purement et simplement le traitement préventif sur l'ensemble des espaces verts publics rennais. A cette période, on constate que les trottoirs d'abord nus s'enherbent peu à peu. On les ramène alors à nu. Or, les trottoirs sablés ont des couleurs variables car les sables ont des couleurs différentes... alors pourquoi pas verts ? La décision est prise en 1995 d'arrêter le désherbage sur trottoir.

Il s'agit bien d'une évolution culturelle : On passe de comment désherber à pourquoi désherber ?

Il convient alors d'imaginer que des surfaces aujourd'hui nues peuvent être vertes.

Par ailleurs, la problématique de la place de l'herbe sur le domaine public relève de la conception. Comment concevoir un patrimoine exigeant moins de désherbage ?

- imaginer des paysages plus rustiques (conception différenciée),
- concevoir les aménagements en fonction de leur entretien.

On peut dire aujourd'hui que :

- 1) La gestion différenciée a été un point de départ dans la réduction du désherbage chimique.
- 2) La problématique de l'herbe est une problématique de l'espace public et non seulement des espaces verts.
- 3) S'agissant d'une évolution culturelle impliquant tous les acteurs (concepteurs, exploitants, habitants), la communication est la clé de la réussite.

Conclusion

Le plan de désherbage élaboré à la Ville de Rennes cherche à prendre en compte et à développer l'ensemble des axes de travail relatifs à cette question la place de l'herbe en ville.

≡ *Specialised management and reduction of chemical weed control.*

The specialised management of the city of Rennes' green spaces was introduced in the early eighties, a time when public green areas in the town were growing considerably. Horticultural management was unable to cope economically with the upkeep of these areas which increased from 80 hectares in 1966 to 500 hectares in 1983. A more extensive maintenance of some spaces naturally led to a relative drop in the consumption of phytosanitary products. Though the total quantity of products used did not drop at this time.

It was an investigation into the quality of the Vilaine region's water in the early 1990's which revealed the local authorities' (and urban property owners) role in water pollution. It detected molecules not used by farmers (triazines). The decision was therefore made to abandon the preventive treatment of the public green spaces in Rennes. At this time, it was noticed that the

pavements were gradually being covered with weeds. So the weeds were then removed. But the sanded pavements have various colours due to the sand's different colours...so why not have green ones? The decision was therefore taken in 1995 to stop removing the weeds from the pavements.

This is a real cultural change: We have gone from "how are we going to remove the weeds ?" to "why remove the weeds ?".

We should then draw up a plan so that the current bare surfaces can be green.

However, the issue of grass or weeds in public areas is a question of design. How can a pleasant space be designed that requires less weed removal ?

- devise landscapes that are more rustic (specialised design),
- design facilities according to their maintenance.

It can be said today that :

- 1) Specialised management has been the starting point for reducing chemical weed removal.
- 2) The issue regarding weeds concerns public spaces and not just green spaces.
- 3) It is a cultural change involving everyone (designers, farmers, residents), communication is the key to its success.

Conclusion :

The weed removal plan devised for the city of Rennes is looking to take into account and develop all possibilities related to the issue of grass and weeds in the city.



AFFICHE

✓ Protection biologique des tilleuls contre l'acarien jaune dans les jardins du château de Villandry.

JACQUES AUGER, INGRID ARNAULT

CRITT Innophyt - Université de Tours - Faculté des Sciences et Techniques
Avenue Monge - 37200 TOURS

Introduction

Le parc de Villandry compte environ 1 200 tilleuls à grande feuille (*Tilia platyphyllos*) plantés en alignement qui subissent d'importantes pullulations d'acariens tétranyques. Une seule espèce a été décelée. Il s'agit de l'acarien jaune du tilleul ; *Eotetranychus tiliarium* HERMANN. Cet acarien est également retrouvé sur les aulnes, tilleuls d'Asie d'Amérique du nord et d'Europe et sa population est généralement plus importante sur les arbres d'alignement dans les villes et jardins et espaces verts qu'en forêt. Les acariens piquent les feuilles et aspirent les contenus cellulaires. Les dégâts provoqués par les minuscules piqûres de ces acariens se traduisent par un plombage puis un bronzage du feuillage. En effet, les pertes d'eau et la dégradation des chloroplastes dues aux blessures mécaniques entraînent la diminution de la quantité de chlorophylle, donc réduisent la photosynthèse. Ce tilleul est l'espèce la plus sensible aux attaques des acariens et cette sensibilité particulière est due à différents facteurs physiologiques comme une pilosité des feuilles simple chez ce tilleul.

Pour lutter contre ces attaques, au moins trois applications à base d'acaricide doivent être réalisées de juin à août.

L'objectif à Villandry est d'atteindre progressivement un contrôle des populations d'*Eotetranychus tiliarium* tout en limitant les interventions chimiques souvent d'efficacité réduite et qui sont de plus en plus mal perçues par les visiteurs.

Le site du Château de Villandry représente un très bon modèle d'étude. En effet, compte tenu du grand nombre de tilleuls alignés, la pression en acarien jaune est très forte et une technique de protection biologique et intégrée mise au point dans ce milieu est applicable à toute autre zone non agricole.

L'idée est de valoriser la faune auxiliaire autochtone de phytoséiides dont certaines espèces sont prédatrices de l'acarien jaune du tilleul. Ces phytoséiides naturellement présents régulent les populations de tétranyques et par exemple *Typlodromus pyri* et *kampidromus aberrans* ont été identifiés dans les vignes françaises. Ces acariens sont polyphages et consomment les tétranyques (œufs et stades immatures essentiellement) mais aussi d'autres acariens considérés comme ravageurs. Ils peuvent cependant se nourrir de produits végétaux tels que le pollen et/ou le mycélium de champignons microscopiques ou bien de miellat ou encore d'œufs de lépidoptères.

Presque tous les phytoséiides prédateurs de l'acarien jaune sont des prédateurs « basse densité », dits de protection. En effet, ils sont présents en permanence sur la plante hôte même si leurs proies préférentielles sont absentes. La capacité prédatrice dépend de nombreux facteurs, tels que la spécificité, le taux de développement ou encore le nombre de proies consommées par individu.

Les phytoséiides sont sensibles à de nombreux pesticides et sont bien souvent absents dans les cultures fortement traitées.

L'objectif du programme mené dans le parc de Villandry depuis 1997 est de concevoir et de mettre au point une méthode de protection biologique intégrée pour maîtriser le développement des populations d'acariens par l'introduction d'acariens prédateurs.

Le but des lâchers de phytoséiides sur tilleul est de vérifier que les méthodes d'introduction sont efficaces et de vérifier si les acariens prédateurs s'installent et régulent les populations de ravageurs.

Matériels et méthodes utilisés au parc de Villandry

Située dans le sud du parc au lieu-dit de "la prairie", elle regroupe une centaine de tilleuls de Hollande taillés en rideau, âgés de 80 à 120 ans.

Les arbres, de cinq mètres de haut, sont alignés sur deux rangées parallèles dont une longue un mur. La distance entre les rangs est de cinq mètres et les arbres sont espacés de trois mètres.

Les modalités sont constituées de dix arbres. Elles sont séparées entre elles par trois arbres de garde traités chimiquement. Trois modalités sont envisagées :

- Témoin non traité : aucune intervention

➤ Témoin traité chimiquement

Pour la modalité traitement phytosanitaire, deux traitements ont été réalisés : Nexter (action choc contre les acariens rouges, jaunes et tous les phytoptes, du fait de son incidence nulle à modérée vis-à-vis des insectes auxiliaires, il peut être inclus dans des programmes de lutte intégrée) ; Torero (effet choc important dû au fluvalinate et une longue rémanence due au clofentézine. Il agit contre les acariens rouges et jaunes (œufs, larves et adultes).

➤ Introduction de phytoséiides indigènes (*Kampidromus aberrans* et *Euseius finlandicus*)

Des prélèvements sont effectués sur six arbres par modalités toutes les deux semaines.

Les comptages des individus sur les feuilles sont réalisés sur dix feuilles par arbre.

Dénombrement spécifique : comptages sous loupe binoculaire des acariens présents à la surface des feuilles prélevées. Montages entre lame et lamelle et observations microscopiques de quelques spécimens pour identification.

Résultats et discussion

2000 : 1^{er} lâcher de phytoséiides

L'expérimentation comportait trois modalités : un témoin non traité, un témoin traité chimiquement comme le reste du parc et la modalité introduction. C'est un mélange de phytoséiides indigènes qui a été introduit : *Euseius finlandicus* et *Kampidromus aberrans*.

D'après les résultats, les introductions ont eu un effet favorable, mais temporaire. Les populations ne se sont pas installées. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu de problèmes de couleur du feuillage.

2001-2002 : 2^{ème} et 3^{ème} lâchers de phytoséiides

Pour ces études, nous retrouvons les trois modalités précédentes, avec en plus une modalité dans laquelle sont introduits des *Typhlodromus pyri*. Il s'est avéré que les traitements chimiques avaient une efficacité beaucoup plus rapide que les introductions d'acariens auxiliaires. Cette année d'expérimentation a permis de mettre en évidence une influence du mur sur les pullulations de ravageurs. Cependant il faut noter que les introductions de *Typhlodromus pyri* et de mélange indigène ont bien su réguler les populations de ravageurs.

2004 : lâchers de phytoséiides sur 1/3 du parc

La zone introduite est agrandie et environ 330 tilleuls ont été traités. Les introductions ont permis de réguler les pullulations de tétranyques.

A l'issue de ces études, il apparaît clairement que l'utilisation d'acariens auxiliaires indigènes prédateurs semble une stratégie de lutte favorable pour la protection des espaces verts. Globalement l'introduction de phytoséiides est un succès en terme de lutte biologique moyennant de limiter au maximum les produits phytosanitaires à cause de leur toxicité sur les phytoséiides. Les sites sont protégés et colonisés par les typhlodromes.

Conclusions et perspectives

Pour la réussite d'une lutte biologique contre les acariens jaunes à l'aide de phytoséiides, plusieurs facteurs sont à considérer :

- un arrêt des traitement phytosanitaires,
- limitation du stress hydrique par l'irrigation des arbres.

Cette technique qui marche bien est en cours d'expansion sur le parc.

≡ ***Integrated pest control in gardens and amenities. A trial with phytoseiidae against spider mite on lime trees.***

Lime trees are very sensitive to the outbreaks of the spider mite Eotetranychus tiliarium. Damages are principally esthetical. Chemical treatments are restricting, expensive and kill the beneficial fauna. But an alternative exists : Phytoseiidae which are predatory mites of Tetranychidae. Since 1997, INNOPHYT CRITT is looking for solutions with the help of the French Acarology team of the ENSAM-INRA of Montpellier.

Experiments have taken place at Villandry castle on the lime trees (Tilia platyphyllos) of the park.

From 2000 till 2003, Typhlodromus pyri (Scheuten) and a mixture of two species of Phytoseiidae, Euseius finlandicus and Kampidromus aberrans, have been introduced. Phytoseiidae were collected on wild lime tree with the branches where they are living in the wood around the park of Villandry.

These 3 years of fundamental study allow observing the short and long-term effects of Phytoseiidae.

The population of the spider mite can be controlled with this technique which therefore is used on 1/3 of the lime trees in the garden.



AFFICHE

✓ **Gestion de l'eau : un projet de développement durable au lycée horticole d'Angers le Fresne.**

ELENA LEMERCIER

Lycée Horticole d'Angers Le Fresne - B.P. 43627 - 49036 ANGERS Cedex 01

La gestion de l'eau en horticulture représente un enjeu fort à la fois sur le plan économique et environnemental. Aujourd'hui, les politiques publiques incitent les producteurs à adopter des pratiques plus durables en vue de mieux préserver la ressource. Dans ce contexte, le lycée horticole du Fresne qui forme les professionnels de demain, se doit d'engager son exploitation sur la voie d'une utilisation plus rationnelle de l'eau.

La consommation annuelle de l'exploitation du Fresne s'élève à 30 000 m³ d'eau, entièrement prélevés dans la Loire, et destinés à irriguer 2 hectares de pépinière hors sol et 5 000 m² de serres. Les eaux d'irrigation des serres sont recyclées. Sur la pépinière, toutes les eaux excédentaires (pluie, irrigation) ruissellent vers les prairies inondables de la « Baumette », site protégé et pluri classé (Natura 2000, ZNIEFF, RAMSAR, patrimoine mondial par l'UNESCO, etc...), puis vers la Maine.

L'hydromorphie quasi permanente engendrée par les volumes d'eau importants qui circulent sur les prairies est à l'origine d'une mutation floristique du site. Les écologues du lycée y observent depuis quelques années le passage progressif d'un couvert de prairies mésohygrophiles à une flore rudérale de zone marécageuse. De plus, les eaux issues de la pépinière sont chargées en matières azotées et phosphorées ainsi qu'en pesticides. Elles participent donc à une contamination de la ressource et menacent une faune particulièrement fragile (brochet, râle du genet).

Pour palier à cette pollution, le lycée du Fresne a décidé de construire un bassin de stockage de 3 500 m³ en amont de la pépinière. Il permettra de recycler les eaux de ruissellement issues des trois petits bassins versants du site de l'exploitation. Les eaux de deux bassins versants seront collectées gravitairement dans un puisard d'une capacité de remplissage de 2 m³ puis seront refoulées vers le bassin de stockage. Les eaux de ruissellement issues du troisième petit bassin versant, dont l'exutoire (ruisseau du Belligan) se situe à proximité du futur bassin de stockage, seront, elles, collectées gravitairement directement dans le bassin. Les améliorations attendues sont d'une part une diminution des volumes d'eau prélevés dans la Loire pour l'irrigation (réduction de 70 % du volume consommé annuellement, soit une économie annuelle de 20 000 m³) et d'autre part un allègement du poste eau sur le budget de fonctionnement de l'exploitation, soit une économie prévue de 4 000 euros par an.

Les eaux issues du trop plein du bassin de stockage seront refoulées vers la « parcelle des Peupliers » située en contrebas de l'exploitation. Elles alimenteront une saulaie sur pelouse puis une haie restaurée avant de rejoindre la Maine. Les eaux chargées y bénéficieront d'une « phytoépuration » à deux niveaux. D'abord via une absorption des fertilisants (nitrates et phosphates) et des pesticides par les saules et la haie. Il a été démontré par exemple que l'espèce *Salix alba* pouvait absorber une eau contaminée par l'herbicide oryzalin sans que cela ne porte préjudice à sa croissance ou à son activité photosynthétique (Baz M., Fernandez T., 2002). D'autre part, le rôle de dénitrification et de déphosphatation des saules est largement utilisé dans le cadre des TTCR (Taillis à Très Courte Rotation) : des analyses de l'azote minéral du sol sous taillis ont montré à partir de la deuxième année d'implantation des réductions importantes des teneurs en nitrate du sol par rapport à diverses autres cultures traditionnelles (Jossart J-M., 2000). Ensuite via une dégradation des produits phytosanitaires par la rhizosphère de la pelouse. En outre, en absorbant les eaux du trop plein, l'ensemble « saulaie-haie » minimisera les écoulements d'eau sur les prairies des Baumettes (choix d'essences de saules adaptées ayant des capacités d'absorption importantes).

D'un point de vue pédagogique, le projet de saulaie représente pour le lycée une vraie démonstration du développement durable avec ses trois axes : environnemental, économique et social. La saulaie assurera non seulement une phytoépuration mais jouera aussi un rôle de

conservatoire génétique (collection de saules (salicetum). Des activités économiques parallèles seront développées avec la production d'osier (écoulement en vannerie) et de fagots broyés compostés (vente aux entreprises et aux particuliers). La saulaie sera un espace d'expression par le land-art, un lieu d'accueil du public à caractère esthétique (aménagement de claustras, tressage et plissage des saules). Enfin, son entretien sera assuré par les ouvriers du Centre d'Aide par le Travail (CAT) de l'Argerie (Le Louroux Beconnais, 49).

A travers ces deux initiatives (bassin de stockage et tampon phytoépurateur « saulaie-haie »), le lycée Angers Le Fresne entend mener une politique durable en matière de gestion de l'eau sur son exploitation. L'enjeu ne se limite pas ici à la seule crédibilité pédagogique et technique de l'établissement. Une meilleure utilisation de la ressource engage la pérennité des systèmes de production et l'avenir de la profession horticole. Il ne s'agit donc pas d'une problématique interne au lycée mais d'un enjeu écologique fort pour l'ensemble du territoire. »

≡ **Water management : a sustainable project at the horticultural high school of Angers Le Fresne.**

The horticultural high school of Angers Le Fresne wants to conduct a sustainable development policy to manage the water use on its exploitation. 5000 m² of greenhouses and a 2 hectares nursery consume 30 000 m³ of water each year, entirely taken from the Loire. On the nursery, all the polluted excess waters run towards fragile and protected floodable meadows before rejoining the Maine. To prevent such pollution, the high school decided to recycle the streaming waters by constructing a 3500 m³ stocking basin. The expected improvements are a reduction of the consumption of 20 000 m³ a year and an economy of 4000 euros a year. The waters from the basin overflow will be sent back and purified in a willow plantation with grass and a hedge. The nitrates and the phosphates will be absorbed by the willows and the hedge and the pesticides will be degraded by the rhizosphere of the grass. Moreover, a big part of the waters will be retained, avoiding a permanent hydromorphy in the floodable meadows. Threw these two initiatives, the high school puts its exploitation on the sustainable development track and transmits to the future horticulturists the tools for a more rational use of water.



Schéma de principe



CONFERENCE

✓ Les enjeux réglementaires dans le secteur phytosanitaire.

JOËL MATHURIN

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
Sous-directeur de la Qualité et de la Protection des Végétaux
251, rue de Vaugirard - 75732 Paris Cedex 15

Le rôle primordial de l'agriculture pour l'environnement de l'Union européenne est illustré par le fait que 50,5 % du territoire total de l'union est occupé par des terres agricoles. En France, c'est 60 % de la superficie du territoire métropolitain (33 millions d'hectares sur 55 millions d'hectares) qui est occupé par l'agriculture.

Il faut reconnaître que la réussite de notre agriculture repose en grande partie sur l'utilisation de méthodes de lutte contre les organismes nuisibles, notamment l'utilisation de pesticides, qui présente des avantages économiques indéniables. Les agriculteurs utilisent les pesticides pour améliorer ou maintenir les rendements en éliminant ou en réduisant la compétition avec les mauvaises herbes et les attaques de ravageurs ou de maladies, pour protéger les produits végétaux contre les organismes nuisibles, pour améliorer ou préserver la qualité des produits et pour limiter la main d'œuvre nécessaire. Les pesticides jouent également un rôle essentiel du fait qu'ils garantissent chaque année un approvisionnement fiable en produits agricoles en contribuant à éviter les fluctuations des rendements.

Néanmoins, il convient d'admettre que l'utilisation systématique des pesticides, avec des pratiques peu ou mal sécurisées pour la santé humaine et l'environnement, conduit à se poser la question de la « durabilité » de leur utilisation.

Aujourd'hui, la maîtrise des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des intrants agricoles est un enjeu de société majeur. La France a une consommation annuelle de substances actives qui la place au 3^{ème} rang au niveau mondial en consommation de produits phytosanitaires. En dépit du cadre réglementaire existant, on peut encore trouver des quantités excessives de certains pesticides dans les différents milieux de l'environnement (sol, air et eau notamment), et l'on peut toujours détecter des résidus en concentrations supérieures aux limites réglementaires dans les produits agricoles. Les observations scientifiques les plus récentes concernant notamment la capacité qu'ont certaines substances chimiques, dont les pesticides, même en faibles concentrations, de perturber le fonctionnement du système endocrinien, rendent d'autant plus préoccupants les risques qui sont associés à l'utilisation de ces substances, pour l'homme et pour l'environnement.

C'est pourquoi les ministres en charge de la santé, de l'agriculture, de l'écologie et de la concurrence de la consommation et de la répression des fraudes ont décidé de mettre en œuvre un nouveau plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides (PIRPP) annoncée le 28 juin dernier. Celui-ci vise à réduire leur utilisation et les risques qu'ils engendrent sur le plan sanitaire pour les utilisateurs de produits et les consommateurs de denrées, ainsi que leurs effets potentiels sur les différents compartiments de l'environnement (eau, air, sol) et la biodiversité.

C'est également le sens des travaux conduits par la Commission européenne, avec un mandat du Conseil et du Parlement qui ont conduit à la présentation le 12 juillet dernier à une stratégie thématique concernant l'utilisation durable des pesticides traduit par un projet de directive sur l'utilisation durable des pesticides, et un projet de règlement sur la mise sur le marché des pesticides (en remplacement de la directive 91/414)

Je ne vais pas ici détailler l'ensemble des actions prévues dans le PIRPP ni expliciter le contenu des documents communautaires sur lesquels les discussions commencent juste au Conseil.

Il convient de souligner les contraintes particulières de la définition d'une politique de gestion dans le domaine des pesticides. En effet, la démarche est interministérielle et fait interagir différents acteurs (pouvoirs publics, firmes, utilisateurs, etc.) aux enjeux divers. Cet aspect du jeu des acteurs n'est pas qu'anecdotique dans ce domaine pour le décideur public.

Il convient de prendre conscience également que, malgré notre volonté de mettre en place des systèmes de culture alternatifs moins dépendants des pesticides, la réalité impose de conserver une capacité de réaction rapide de lutte, compte tenu de l'émergence incessante de nouveaux nuisibles des cultures. A titre d'exemple, il a été répertorié, pour les seuls insectes nuisibles, seize nouvelles espèces introduites en France entre 1993 et 2003 en provenance d'Asie, d'Amérique, des zones tropicales, etc.

Enfin, il ne faut pas oublier que les évolutions ne doivent pas se faire en omettant de prendre en considération la viabilité économique des exploitations.

Je me propose de souligner trois enjeux majeurs :

1. Enjeux lié à la mise en place de véritables réseaux d'observation

L'observation peut encore être considérée comme une lacune de notre dispositif actuel. Des efforts restent à fournir pour améliorer l'observation notamment dans la connaissance des consommations de pesticides, y compris au niveau territorial, la description des pratiques et dans l'analyse des impacts l'environnement, même si sur l'eau les avancées sont plus significatives. Un réseau d'observation sur les systèmes de production se révèle ainsi aujourd'hui indispensable comme cela a été souligné dans les conclusions des travaux de l'expertise collective INRA-CEMAGREF. Il suppose la définition d'indicateurs pertinents permettant de suivre l'évolution en lien avec la mise en œuvre de nouveaux systèmes de production ou d'évolution des systèmes actuels.

Quelques pistes ont déjà été engagées dans ce sens :

L'accélération des travaux de l'Observatoire des résidus de pesticides piloté au niveau interministériel et animé par l'AFSSET à la suite de la publication du PIRPP devrait permettre d'apporter, de façon complémentaire, des éléments de connaissance objectifs en particulier sur l'exposition globale de la population aux pesticides.

Dans un autre domaine, et pour illustrer l'importance du « retour d'expérience », je soulignerais l'intérêt des réseaux de toxicovigilance dans la gestion des risques pour les applicateurs de produits phytopharmaceutiques.

Je tiens à rappeler que suite à la publication des rapports de l'Institut Français de l'Environnement (IFEN) sur les molécules les plus présentes dans les eaux superficielles et souterraines, le gestionnaire du risque (DGAL) a pris des mesures conduisant à l'interdiction de l'utilisation de certaines molécules ou la diminution des doses autorisées à l'utilisation de produits herbicides.

Singulièrement, le problème du chlordécone aux Antilles nous montre les limites d'une capacité de réaction dans les temps quand le dispositif de vigilance est défaillant.

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques devrait donner des outils réglementaires permettant enfin d'avoir une véritable traçabilité des ventes au niveau des distributeurs.

La connaissance des effets non intentionnels des produits de protection des cultures vis-à-vis de la faune utile (en particulier les populations d'abeilles et autres pollinisateurs) nécessite la mise au point de méthodes adaptées de surveillance, permettant une collecte d'informations objectives. Dans ce domaine, un appui de la recherche me semble particulièrement indispensable.

Toutes les initiatives existantes autour de la notion de réseau d'observation devront être mises en cohérence et appuyées par une approche méthodologique approfondie pour éviter les suspicions qui pèsent sur le gestionnaire du risque.

2. Consolider un dispositif d'évaluation du risque

La loi d'orientation agricole adoptée par le Parlement confie à l'AFSSA l'évaluation des risques liés aux intrants et de leurs bénéfiques (intérêt agronomique). Ainsi, depuis le 25 septembre dernier la Direction du végétal et de l'environnement de l'AFSSA est opérationnelle. **L'AFSSA dispose d'une expertise interne et d'une expertise externe collégiale.** Elle a déjà recrutée 70 Etp et les perspectives

sont d'atteindre d'ici le début 2007 une dimension de 150 Etp (avec 60 Etp présent pendant une période de trois ans pour gérer le stock).

Permettre de redonner de la **lisibilité et de la crédibilité** aux politiques publiques menées dans ce domaine était essentiel en affirmant la séparation de l'expertise et de la décision. En outre, il était indispensable de disposer d'une **capacité d'expertise renforcée** reconnue au niveau communautaire et international dans le respect du principe de la séparation fonctionnelle entre l'évaluation scientifique des risques et la gestion des risques.

Le respect de ce principe s'impose afin, d'une part, de garantir l'objectivité, l'intégrité, l'indépendance et la crédibilité des avis scientifiques rendus par les responsables de l'évaluation des risques et, d'autre part, à chacun, scientifiques et administrations, d'exercer ses responsabilités.

Cette nouvelle capacité d'expertise a vocation à intégrer une plus grande dimension communautaire afin de jouer pleinement son rôle dans le réseau des instances d'évaluation au niveau communautaire. Demain, l'évaluation des pesticides et dans une large mesure l'homologation des produits devra avoir une forte dimension communautaire.

C'est le sens du projet de règlement présenté par la Commission soutenue en ce point par la France afin d'éviter autant que faire se peut les distorsions de concurrence entre Etats membres.

Dans ce texte, il est présenté plusieurs mesures de réelle simplification qui visent à une harmonisation de l'évaluation au niveau communautaire. Les fonctions de « pays pilote » dans les évaluations des pesticides par grande zone agricole seront clairement renforcées. La France avec sa réforme de l'évaluation et le renforcement des capacités d'expertise de l'AFSSA aura un rôle majeur à jouer en la matière. Le rôle de coordination de l'AESA des différentes instances d'évaluation dans les Etats membres sera nécessairement renforcé afin que des évaluations divergentes ne viennent pas affaiblir la crédibilité de l'ensemble du dispositif.

En tout état de cause on ne pourra pas échapper à une évolution plus drastique des mesures de gestion du risque au niveau communautaire (Cf. débat au Conseil cet automne 2006 sur les huit substances potentiellement Cancérogène, Mutagène et à risque pour la Reproduction...) sur les pesticides. Il faudra donc que le niveau d'acceptabilité du risque soit fondé sur un diagnostic partagé par l'ensemble des Etats membres. Un dispositif de plus en plus sûr au niveau UE pose la question du positionnement par rapport aux pays tiers...

3. La mise au point de nouveaux systèmes de culture moins dépendants des pesticides

Le défi majeur de l'action des pouvoirs publics comme des acteurs économiques dans les prochaines années sera de rendre les systèmes de culture moins dépendants des pesticides.

Parmi les actions conduites par les ministères on peut citer le projet de réforme de l'arrêté du 25 février 1975 concernant l'utilisation des produits antiparasitaires qui comporte un volet sur la réduction des pollutions ponctuelles notamment celles liées aux fonds de cuve des pulvérisateurs, en sécurisant par exemple le « rinçage à la parcelle » (dilution à l'eau claire de ces fonds de cuve et pulvérisation sur la parcelle venant d'être traitée). Ce projet comporte également un volet spécifique sur les zones non traitées, permettant d'éloigner les traitements phytosanitaires des cours d'eau, et ainsi limiter les effets néfastes des éventuelles dérives d'embruns de pulvérisation.

En ce qui concerne les nouveaux systèmes de culture, je note que les besoins y sont prioritaires en terme de recherche. C'est certainement également le cas plus généralement pour la formulation des politiques publiques.

Il est vrai que dans le domaine de compétence de la direction générale de l'alimentation en matière de protection des végétaux, nous avons d'ores et déjà entrepris un certain nombre d'actions allant dans le sens du renforcement de l'utilisation des outils de prévention du risque phytosanitaire qui vont au delà de la lutte chimique.

Ainsi, le dispositif de la lutte contre le mildiou du tournesol vient d'être modifié (arrêté du 18 novembre 2005). L'ancien dispositif de lutte était essentiellement fondé sur des obligations en matière de lutte chimique et ne donnait pas satisfaction car il favorisait l'apparition de races résistantes aux produits chimiques. Dans la nouvelle réglementation, il est prévu des obligations en matière de rotation

des cultures et en matière de choix variétaux. La problématique des semences destinées à l'agriculture biologique est également prise en compte. Dans le cadre de la lutte contre la chrysomèle du maïs nous avons entamé des actions vigoureuses visant l'éradication dans les foyers de contamination en Ile de France impliquant une obligation de rotation des cultures très contraignante pour les agriculteurs (une année sur trois en maïs).

Il s'agira d'aller plus loin en revisitant ainsi l'ensemble de notre réglementation relative à la lutte collective et là nous avons besoin de la recherche pour nous aider à trouver des solutions qui restent compatibles avec la viabilité économique des exploitations agricoles.

Je n'ai pas abordé ici le rôle et l'impact que pourrait avoir une taxation accrue des pesticides dans le cadre des discussions en cours sur le projet de loi sur l'eau mais il n'est pas impossible que cette approche économique de la question de la dépendance des systèmes de cultures aux pesticides devienne un levier non négligeable à l'avenir surtout quand on observe certaines évolutions dans d'autres Etats membres comme le Danemark.



CONFERENCE

✓ Evaluation de l'impact des innovations et des changements de la réglementation : conséquences sur la protection intégrée.

¹ANTOINE MESSEAN, ¹CLAIRE LAMINE, ²PIERRE RICCI

¹ INRA - Eco-Innov. - B.P. 1 - 78850 THIVERVAL-GRIGNON

² INRA - ENDURE Network of Excellence - B.P. 167 SOPHIA ANTIPOLIS

Orateur : ANTOINE MESSEAN

Le rôle et la place de l'agriculture dans notre société ont considérablement évolué depuis une cinquantaine d'années. L'agriculture est aujourd'hui confrontée à de multiples défis :

- un contexte en évolution rapide, sous l'effet de divers facteurs : le changement de contexte réglementaire lié à l'OMC et aux réformes successives de la politique agricole commune, le changement climatique qui devrait modifier sensiblement le contexte de production agronomique -et notamment les profils de bioagresseurs-, la pression du consommateur et du citoyen avec des attentes parfois contradictoires en termes de qualité et de sécurité alimentaire et environnementale, l'évolution des prix de l'énergie et ses impacts sur les coûts de production ;
- la diversification de ses fonctions tant en ce qui concerne la production de biens environnementaux que la fourniture de biens non-alimentaires (bio-énergie, chimie verte) et de services (éco-tourisme, éducation) ;
- sa contribution potentielle à la gestion de l'espace rural où, alors que cet espace n'est plus occupé, ni géré, par les seuls agriculteurs, l'agriculture occupe une place essentielle, non seulement en termes de superficie mais aussi du point de vue de sa localisation et de son rôle vis-à-vis des autres types d'occupation de l'espace ;
- La contestation croissante des modèles de production technique et des innovations associés hérités de la phase de modernisation agricole, du fait de leurs impacts sur l'environnement et la santé, dont on commence seulement à caractériser la nature précise et à mesurer les conséquences, mais également en raison de l'inéquité des rapports économiques qu'ils engendrent au sein des filières agro-alimentaires, notamment entre production et distribution.

Plus largement, les enjeux liés au Développement Durable incitent à redéfinir la contribution de l'agriculture au développement économique et social. Ces enjeux se traduisent par une reconnaissance accrue des interdépendances entre activités agricoles et autres activités humaines (marchandes ou non) et par une diversification des partenariats nécessaires au sein des territoires et des filières pour que les activités agricoles contribuent au développement durable (Boiffin, Durand & Hubert , 2004).

Pour l'agriculture, ses acteurs et la recherche agronomique, cette mutation et ces contestations génèrent un large éventail de remises en cause et d'interrogations qui vont bien au-delà de la simple prise en compte de nouvelles finalités environnementales et sanitaires.

Ainsi, le système de phytoprotection actuel, largement dépendant des pesticides, reposant sur des traitements chimiques spécifiques ciblés contre la plupart des bioagresseurs et permettant de concevoir des systèmes de cultures qui s'affranchissent de la prise en compte des contraintes biotiques, est aujourd'hui questionné, en raison de ses effets sur les ressources naturelles (pollution des eaux, des sols, de l'air, érosion de la biodiversité) et de ses impacts sur la santé humaine des utilisateurs et des consommateurs. Par ailleurs, ce système rencontre des limites avec d'une part l'évolution des populations cibles vers la résistance sous l'effet de la pression de sélection que représente l'usage répété des mêmes matières actives et d'autre part, avec l'accroissement des risques phytosanitaires dus aux phénomènes d'invasion ou de ré-émergence liés aux différents aspects du changement global.

Mais, au-delà de ces critiques relatives à l'environnement et à la santé, se développent des critiques d'ordre social dénonçant une certaine forme de dépendance des producteurs face aux fournisseurs d'intrants et leurs conseillers ainsi que face aux entreprises de collecte et de distribution des productions, la parcellisation du travail ou sa déqualification.

Il en résulte une remise en cause du bien fondé des méthodes utilisées par les agriculteurs, de l'acceptabilité des innovations apportées par les industries phytosanitaire et biotechnologique, et de la

confiance à accorder au système public d'évaluation des risques. A l'inverse, il est également mis en avant le fait que ces modèles de production ont permis d'assurer, et continue d'assurer, aux consommateurs une sécurité d'approvisionnement en produits agricoles sur l'ensemble du territoire européen à des niveaux de prix permettant aux ménages à revenu modeste d'y avoir accès. Il apparaît dès lors nécessaire que l'évaluation des systèmes de phytoprotection, et des innovations en général, dans une perspective de développement durable, prenne en compte simultanément les différents éléments de critique et de défense du modèle de production à base d'intrants chimiques, relatifs à leurs conséquences non seulement environnementales et sanitaires, mais également économiques et sociales.

Vers une évaluation systémique et dynamique des innovations

Dans ce cadre, la question de l'évaluation *ex ante* et *ex post* des innovations et des pratiques agricoles en termes d'effets économiques, sociaux et environnementaux est posée avec une acuité renouvelée : passer d'une approche incrémentale (fondée essentiellement sur les effets directs « efficacité/innocuité ») à une approche systémique et dynamique de l'évaluation constitue un véritable challenge à la fois pour la recherche et pour la réglementation.

En effet, toute innovation ou tout changement de pratiques agricoles est susceptible d'engendrer des modifications plus ou moins importantes dans le fonctionnement et la dynamique d'évolution des écosystèmes. Ces changements n'affectent pas seulement les parcelles agricoles directement concernées, mais des espaces plus vastes, comportant notamment des écosystèmes et milieux « naturels ». De plus, en raison de l'interdépendance entre opérations se succédant sur une même parcelle, un changement dans la nature ou les modalités de l'une d'elles (par exemple le type variétal utilisé ou le mode de phytoprotection) engendre la nécessité - ou la possibilité - d'une modification plus ou moins importante des autres interventions, et donc de l'ensemble de l'itinéraire technique ou du système de culture. Ainsi, l'impact écologique d'une innovation technique n'est donc généralement pas réductible à un effet direct et circonscrit. L'étude Farm Scale Evaluation, menée au Royaume-Uni au début des années 2000 afin d'évaluer l'impact des cultures tolérantes à un herbicide sur la biodiversité, en constitue une des nombreuses illustrations dans le domaine de la protection des cultures (Firbank et al., 2003).

L'innovation en production végétale pose donc un difficile problème de prévision des effets écologiques induits à différentes échelles spatiales, et de bilan des avantages et inconvénients qui peuvent en résulter, en particulier à long terme.

En l'état actuel des connaissances en écologie, les réponses apportées à ce problème sont soit extrêmement partielles (effet direct « efficacité/innocuité » d'une matière active), soit au contraire extrêmement globales (changement climatique). Cette faible capacité de prévision écologique contribue ainsi à la discordance qui est apparue entre l'opinion publique et les communautés scientifiques et techniques investies dans les biotechnologies végétales, et à une méfiance croissante vis-à-vis de l'innovation en agriculture sous toutes ses formes ainsi que des processus de décision publique. Les impacts économiques et sociaux sont, en outre, essentiels à prendre en compte. D'une part, la notion d'impact écologique et l'évaluation qui s'y rattache ont une forte composante sociale. Par ailleurs, la genèse et l'adoption des innovations et des pratiques dépendent au premier chef de facteurs socio-économiques. Enfin, ces impacts socio-économiques engendrent des effets écologiques induits qui peuvent être plus significatifs que les impacts directs. C'est une véritable démarche systémique qu'il faut mettre en œuvre.

La rénovation des modèles de production agricole et des innovations associées implique donc non seulement des critères étendus d'appréciation de leurs performances (en termes d'impacts environnementaux, de viabilité économique et d'équité sociale), mais également la prise en compte de nouvelles dimensions spatiales (le territoire, le paysage agricole) et temporelles (les effets à long terme des pratiques agricoles et des innovations) ainsi que la reconnaissance de différents systèmes de valeurs ou de préférences associés aux systèmes de production ou pratiques agricoles. En effet, ces critères étendus doivent être définis non seulement à partir des connaissances produites par la recherche mais en prenant en compte les attentes, qu'elles soient considérées comme fondées ou non, des différents acteurs concernés, ainsi que leurs pratiques actuelles et les logiques qui les sous-tendent. Enfin, l'assemblage des différents critères à des fins de décision publique doit laisser place aux préférences, forcément contradictoires, de différents acteurs de la société. L'évaluation doit donc être multi-critères, multi-échelles et multi-acteurs. Elle doit aussi être dynamique, c'est-à-dire être actualisée en fonction des évolutions du contexte et des systèmes de production. A cette fin, la mise en place d'observatoires des pratiques et de leurs effets au travers de dispositifs de biovigilance qui associent un

suivi spécifique des effets attendus à une surveillance générale permettant de détecter tout effet inattendu doit être mis en place et ainsi alimenter en retour le processus d'évaluation (Messéan, 2004).

Un tel processus d'évaluation continu et itératif serait probablement de nature à faciliter une approche de gestion durable des innovations et contribuerait à redonner confiance dans les procédures d'élaboration de la décision publique. Si le principe est aujourd'hui admis et le cadre réglementaire disponible, il reste à en construire les outils et à mettre en place les procédures opérationnelles.

Pour une démarche de modélisation prospective

Dès lors que l'on s'intéresse à la conception et à l'évaluation d'innovations pour le développement durable - et en particulier pour la protection des cultures -, on est confronté à plusieurs enjeux : l'identification d'innovations potentielles susceptibles de relever les défis nouveaux mentionnés précédemment ; la prévision des effets écologiques, économiques et sociaux induits par ces innovations ; l'identification des critères d'évaluation pertinents et la diversité des préférences ou stratégies qui y sont attachées.

Ces enjeux peuvent être considérés comme contradictoires. En effet, c'est sur des pratiques de protection intégrée déjà bien connues que l'on dispose en général des connaissances suffisantes pour mener à bien une évaluation multi-critère, mais les innovations induites risquent alors d'être peu innovantes ; de même, associer les acteurs concernés à la co-construction des innovations facilite leur appropriation ultérieure, mais risque d'écarter des solutions en rupture pourtant potentiellement intéressantes.

Or, face aux challenges actuels, il est nécessaire de mettre au point des stratégies ou des innovations en réelle rupture avec les pratiques actuelles et il faut donc pouvoir évaluer des innovations qui ne soient pas nécessairement, à court terme, viables économiquement, écologiquement responsables ou socialement acceptables mais qui pourraient l'être sous certaines conditions. Il faut également pouvoir évaluer des innovations qui ne sont pas encore au point, comme par exemple, les conséquences qu'aurait l'introduction d'un gène de résistance à un bioagresseur dans une espèce donnée. C'est une des responsabilités de la recherche d'ouvrir le champ des possibles, de proposer un éventail de solutions potentielles et d'identifier les conditions de leur mise en œuvre.

En explorant un éventail très large de solutions ou d'innovations possibles, en explicitant les conditions optimales de leur mise en œuvre même si elles apparaissent a priori peu intéressantes et en prenant en charge les préférences actuelles ou à venir des acteurs, la démarche prospective semble de nature à faciliter cette identification a priori d'innovations.

Cette évaluation ex ante d'innovations, qui est stratégique, nécessite le développement de méthodologies et de dispositifs permettant de développer nos capacités prédictives et d'accroître notre vigilance. L'utilisation de démarches diversifiées de modélisation apparaît une voie à privilégier dans la mesure où elles permettent de :

- structurer les connaissances de nature variée sur les impacts des innovations ;
- prédire les impacts immédiats et différés, directs et indirects des innovations à l'échelle des territoires ;
- tester ex ante différents scénarios de gestion des innovations, y compris sur des innovations en devenir ;
- faciliter l'expression des besoins et aider à la négociation entre acteurs d'un même territoire ;
- construire des dispositifs de suivi et d'évaluation dynamique des innovations.

Ces démarches de modélisation sont mises en œuvre par la recherche agronomique depuis de longues années. La méthode aujourd'hui privilégiée pour évaluer *a priori* des systèmes de protection intégrée est basée sur la modélisation fonctionnelle du système technique en question, par exemple le couplage entre modèle de croissance et développement de cultures et modèle de dynamique des bioagresseurs. Cette démarche de modélisation, plus rapide que l'expérimentation classique, est couplée, quand cela est possible, à une évaluation expérimentale des systèmes proposés.

Mais, dans le cadre d'une évaluation multi-critère élargie, l'intérêt de cette démarche reste limitée car de nombreux processus reliant pratique agricole et état du système ne sont pas représentés, car pas ou mal connus. D'autre part, certains indicateurs mobilisés pour évaluer les performances du système, ne sont pas non plus toujours représentés. Ces démarches de modélisation se limitent en outre au domaine couvert par les connaissances scientifiques disponibles à un moment donné (et en particulier au domaine de validité du modèle, alors que c'est souvent en dehors des situations actuelles que se trouvent les attentes en termes de nouvelles stratégies à construire). L'autre inconvénient majeur est qu'on exclut par ce type de démarche les connaissances non formalisées, qu'elles viennent des scientifiques ou des professionnels agricoles.

Il est donc difficile d'utiliser ces modèles, par exemple pour concevoir des systèmes limitant fortement l'usage des pesticides ou, dans un contexte de diminution drastique des molécules autorisées comme en maraîchage, interdisant quasiment le recours à une protection chimique. Dans d'autres situations, les indicateurs utiles pour évaluer le système et notamment sa durabilité ne peuvent pas être simulés, soit pour des raisons méthodologiques (absence de modèle, pour des questionnements liés à la biodiversité par exemple), soit pour des questions de faisabilité.

La mobilisation des connaissances des experts, des conseillers ou des praticiens (agriculteurs, techniciens...) doit pouvoir compléter le travail de production de connaissances scientifiques dont on connaît la lenteur liée à la durée des expérimentations. Il est possible de tenter d'exploiter les connaissances empiriques dans une démarche de modélisation qualitative de ces connaissances, à l'instar de ce qui a déjà été fait par exemple pour substituer des outils qualitatifs à des modèles de lessivage des pesticides très lourds à utiliser (Devillers et *al.*, 2005). Le lien avec la modélisation quantitative classique reste toutefois largement à construire dans le cadre d'une démarche de dynamique des connaissances qui enrichisse progressivement notre représentation du système pour permettre son évaluation *a priori* au regard de nouveaux critères, et ainsi faciliter la conception de nouveaux systèmes.

En pratique, il s'agit de mettre au point une plateforme générique de modélisation des effets des systèmes et/ou stratégies de protection intégrée vis-à-vis des différentes dimensions du développement durable (efficacité technique, impacts environnementaux, équité sociale, sécurité sanitaire, viabilité économique) permettant :

- de concevoir des systèmes de protection intégrée répondant *a priori* aux enjeux actuels et à venir de l'agriculture ;
- d'évaluer les performances de ces systèmes et de préciser les conditions scientifiques, techniques ou réglementaires de leur mise en œuvre ;
- et d'assurer le suivi dans le temps de leur mise en œuvre afin de réévaluer en permanence leur pertinence et leur efficacité.

Une première expérience de constitution d'une telle évaluation multi-critère et multi-acteurs a été conduite sur l'exemple des conséquences de l'introduction de maïs Bt résistant à la pyrale (Bohanec et *al.*, 2004) dans le cadre du projet européen SIGMEA¹. Sa consolidation pour l'évaluation de stratégies innovantes de protection des cultures est maintenant initiée dans le cadre du réseau d'excellence ENDURE² qui, associée, sous l'égide de l'INRA, une quinzaine d'organismes de recherche et de développement européens.

Références

- Bohanec M., Dzeroski S., Znidarsic M., Meséan A., Scatista S., Wesseler J., 2004. Multi-attribute modelling of economic and ecological impacts of cropping systems, *Informatica*, 28 : 387-392.
- Boiffin Jean, Durand Nicolas & Hubert B., 2004. Agriculture et Développement Durable : enjeux et questions de recherche. INRA éditions.
- Devillers J., Farret R., Girardin P., Rivière J.-L., Soulas G., 2005. Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Lavoisier, 280 p.
- Firbank et *al.*, 2003. An introduction to the farm scale evaluations of genetically modified herbicide tolerant crops. *Journal of Applied Ecology* 40, 2-16.
- Meséan A., 2004. De l'évaluation *a priori* à la biovigilance : la place de la recherche, *Terminal*, 90 : p.107-114.



¹ SIGMEA est un projet de recherche européen du 6^{ème} PCRD (2004-2007). Il réunit 44 partenaires européens. L'INRA en assure la coordination scientifique. Au niveau français, il associe laboratoires de recherche publique et instituts techniques.

² ENDURE « European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies » (2007-2010).

TABLE RONDE

- ✓ Où en est la protection intégrée dans les différents pôles européens sur le végétal spécialisé ?

Préserver l'environnement et la santé du consommateur par la limitation des intrants phytosanitaires, est une préoccupation partagée par nos partenaires européens. Cette table ronde sera l'occasion de confronter les points de vue, de comparer les avancées scientifiques et les conséquences qu'elles ont pu avoir sur les systèmes de culture.

Avec la participation de représentants de :

Donnchadh MAC CÁRTHAIGH & Wolfgang GERLACH - Munich (Allemagne)

Françoise LINERS - Marc LATEUR - Gembloux (Belgique)

Russell TWEDDELL - Québec (Canada)

Lech MICHALCZUK - Skienierwice (Pologne)

Table Ronde



DIRECTION DE PUBLICATION : *FRANÇOIS COLSON - MARIE-PIERRE OCTAU*

SECRETARIAT ET PAO : *JOCELYNE TABUR*



<http://rencontres-du-vegetal.inh.fr>

