

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| Présentation des partenaires | 3 |
| Programme | 6 |
| Les chiffres du maraîchage biologique | 8 |
| Les chiffres de l'arboriculture biologique | 9 |
| <hr/> | |
| Bilan du programme interrégional Agrobiologie Transmanche | 11 |
| | |
| <i>Point sur la recherche de maintien des auxiliaires et sur l'importance de la diversité végétale dans les cultures et leur environnement</i> | |
| * Inventaire des pucerons et de leurs prédateurs en cultures biologiques de pommiers, de salades et de choux ; principales techniques favorisant leur maintien. | 13 |
| * The effect of increased crop diversity on host-plant selection by insects. | 21 |
| * Recherche sur le parasitisme du puceron cendré du pommier (<i>Dysaphis plantaginea</i>) avec l'utilisation du sorbier (<i>Sorbus aucuparia</i>) comme plante-réservoir. | 24 |
| <i>Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre l'anthonome du pommier</i> | |
| * Recherche de stratégie de lutte contre l'anthonome du pommier (<i>Anthonomus pomorum</i> L.) en verger de production biologique. | 27 |
| * Identifying semiochemical attractants for the apple blossom weevil, <i>Anthonomus pomorum</i> | 33 |
| <i>Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre la mouche de la carotte</i> | |
| * Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre la mouche de la carotte (<i>Psila rosae</i>) en agriculture biologique | 37 |
| * Strategies for controlling the carrot fly (<i>Psila rosae</i> F) in organic crops | 42 |
| <i>Point sur le réseau transmanche</i> | |
| * Réseau transmanche pour la production biologique | 45 |
| * Echanges de producteurs | 47 |
| * Site de démonstration et pôle d'excellence en agriculture biologique | 49 |
| * Développement et communication de l'agriculture biologique au travers du programme "Agrobiologie transmanche" | 50 |
| <hr/> | |
| Alternatives au cuivre | 51 |
| | |
| <i>Essais sur pomme de terre : lutte contre le mildiou</i> | |
| * Cuivre sur pomme de terre : vers une utilisation restreinte | 53 |
| * Bilan des expérimentations mildiou conduites en agriculture biologique dans le cadre d'un projet interrégional Nord Pas-de-Calais / Flandres occidentale | 58 |
| * Tests variétaux : résistance au mildiou (<i>Phytophthora infestans</i>) - projet européen blight mop 2001-2004 | 63 |
| <i>Essais sur pommier : lutte contre la tavelure</i> | |
| * Recherche d'alternatives au cuivre dans la lutte contre la tavelure sur pommier : bilan de deux années d'expérimentation en verger de production biologique | 67 |
| <i>Essais sur pêcher : lutte contre la cloque</i> | |
| * Raisonnement de l'usage du cuivre en production de pêches biologiques | 73 |
| <hr/> | |

| | |
|--|------------|
| Arboriculture | 79 |
| <i>Contrôle de la tavelure en verger biologique</i> | |
| * Amélioration génétique du pommier. Quelles perspectives pour l'agriculture biologique ? | 81 |
| * Sélection de variétés de pommes, de poires et de porte-greffe pour l'agriculture biologique | 87 |
| * Apple scab management with RIMpro | 92 |
| * The post infection use of lime sulphur to control apple scab – experiences in the Netherlands (1999-2002) | 93 |
| <i>Entretien du sol en arboriculture biologique</i> | |
| * Itinéraires d'entretien du sol en verger biologique aux Pays-Bas | 103 |
| * Intérêt de la méthode BRDA-HERODY en arboriculture biologique | 109 |
| <i>Gestion de ravageur en vergers biologiques</i> | |
| * Gestion des campagnols en verger biologique | 113 |
| * Lutte biologique contre les campagnols | 118 |
| * La maîtrise de l'hoplocampe du pommier <i>Hoplocampa testudinae</i> en agriculture biologique | 121 |
| <i>Point sur l'éclaircissage à la floraison</i> | |
| * Régulation de la charge en agriculture biologique | 125 |
| * Etude de substances pour l'éclaircissage du pommier en agriculture biologique | 131 |
| | |
| Maraîchage | 135 |
| <i>Fertilité des sols : les outils de diagnostic et les méthodes d'amélioration</i> | |
| * Entretien et améliorer la fertilité des sols maraîchers par les amendements organiques, les engrais verts et le travail du sol | 137 |
| * Relations entre matières organiques, activités biologiques et fertilité : quelques notions de base et applications en agriculture biologique | 143 |
| * La méthode BRDA-HERODY : un outil de diagnostic de la fertilité | 147 |
| * Fonctionnement biologique des sols : une nouvelle génération d'analyse de terre, l'analyse biologique | 151 |
| * La morphochromatographie de terre : un test qualitatif sur les matières organiques des sols | 159 |
| <i>Semences biologiques</i> | |
| * Potagère porte-graine, itinéraires de production de semences biologiques | 161 |
| * Réseau national de criblage variétal | 165 |
| * Vitalis in 2002..... | 169 |
| <i>Production de plants maraîchers biologiques</i> | |
| * Comparatif de terreaux biologiques..... | 173 |
| | |
| <i>Lutte biologique contre l'oïdium</i> | |
| * Méthodes de lutte biologique contre les oïdiums des cultures maraîchères | 179 |
| * Le soufre contre l'oïdium en maraîchage biologique | 187 |
| * Méthodes de lutte sur Cucurbitacées : 2 essais en 200 et 2001 | 192 |
| * Méthodes de lutte sur fraises : 2 essais en 2000 et 2001 | 200 |
| | |
| Expérimentation en agriculture biologique | 205 |
| Sélection variétale – Inter Bio Bretagne | |

Fruits et légumes biologiques : point sur l'expérimentation et l'organisation de la filière

Le Forum National Fruits et Légumes Biologiques est l'occasion de faire le point sur les préoccupations des producteurs : avancées techniques et filière. Il se tiendra cette année à Bouvines (région Lilloise) les 11 et 12 décembre. Le bilan du programme Interrégional « Agrobiologie Transmanche » entre le Nord-Pas de Calais et le Kent (Royaume Uni) y sera restitué.

Le Forum est organisé par des centres techniques (ITAB, GRAB, FREDEC) et des associations de producteurs biologiques (FNAB, GABNOR).

Le point sur les essais

En 2001, le réseau ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) a travaillé sur la production de plants biologiques, la recherche d'alternatives au cuivre, l'appui méthodologique et la concertation sur les expérimentations, la mise en place d'un réseau national de criblage variétal sur les semences potagères, l'expertise des programmes de recherche proposés par les stations régionales, ainsi que la réalisation de documents techniques (fiches techniques maraîchage et arboriculture, guide arboriculture).

L'ITAB a pour objectif la coordination de la recherche et l'appui aux actions techniques, au service du développement de l'agriculture biologique. Il coordonne, au niveau national, les recherches en agriculture biologique, monte des programmes de recherche et diffuse l'information technique. Le réseau ITAB réunit les Groupements Régionaux d'Agriculture Biologique, les Chambres d'Agriculture, les Instituts Techniques Agricoles et autres organisations d'agriculture biologique ou conventionnelle.

Contact : Monique JONIS, Mas de Saporta, 34875 lattes cedex. Tél : 04 67 06 23 93.
monique.jonis@itab.asso.fr

Le GRAB, Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, est le centre technique fruits et légumes du réseau ITAB. C'est une association loi 1901 créée en 1979 qui regroupe, pour les 2/3, des producteurs ou groupements de producteurs bio et, pour le 1/3 restant, des organismes de formation et de distribution de fruits et légumes.

Dans l'objectif de mettre au point, développer et diffuser les techniques de productions en agriculture biologique, le GRAB mène des expérimentations sur trois régions (Rhône Alpes, Provence Alpes Côte d'Azur et Languedoc Roussillon).

En maraîchage, le GRAB étudie la lutte contre les ravageurs du sol (nématodes, taupins) et les maladies aériennes (oïdium, mildiou), les alternatives au cuivre et aux paillages plastiques, les itinéraires techniques de désherbage et de fertilisation, la fertilité du sol (engrais verts), les variétés, etc. Les expérimentations en arboriculture concernent l'environnement et la biodiversité, l'entretien du sol, la fertilisation, la protection des vergers (pucerons, tavelure), les variétés, etc.

Contacts :

Nathalie CORROYER, arboriculture.grab@freesbee.fr

Catherine MAZOLLIER, maraichage.grab@freesbee.fr

GRAB, Site Agroparc, BP 1222, 84 911 Avignon Cedex 9, Tél : 04 90 84 01 70.

Au niveau régional, la F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais a travaillé en 2001 sur le suivi en maraîchage du complexe parasitaire de la parcelle en conversion du Pôle Légume Région Nord, la lutte biologique contre la teigne des crucifères*, les stratégies de lutte contre la mouche de la carotte, l'inventaire des pucerons et de leurs principaux prédateurs sur chou, salade et pommier*, la lutte contre l'anthonome du pommier, l'évaluation du couple proie / prédateur : acariens rouges / phytoséiides, les alternatives au cuivre dans la lutte contre la tavelure sur pommier et le mildiou sur pomme de terre*, la tolérance au mildiou des variétés et l'alternance variétale en pomme de terre*, etc. (* : Collaboration avec le S.R.P.V.).

La F.R.E.D.E.C est un syndicat professionnel géré par un conseil d'administration constitué de producteurs de la région Nord Pas-de-Calais. Elle a pour vocation de répondre aux besoins des professionnels en matière de : recherche et développement sur les luttes biologique, intégrée et raisonnée ; mise en place des luttes collectives ; prospection et éradication des parasites de quarantaine ; appui technique et conseil ; expérimentation ; préservation de l'environnement et de la qualité de l'eau ; etc.

Dans le cadre de la Station d'Etudes sur les Luttes Biologique, Intégrée et Raisonnée, en partenariat avec la D.R.A.F. / S.R.P.V., la F.R.E.D.E.C. collabore avec le GABNOR sur la production biologique des fruits, légumes, pommes de terre et grandes cultures.

Contacts :

Mickaël LEGRAND – Jean-Philippe ADAMCZAK (cultures légumières)

Sandrine OSTE-LEDEE – Marie-Catherine DESPREZ (arboriculture fruitière)

Lucien CULIEZ – Julien BRUYERE (pommes de terre)

F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais, 21, rue Becquerel – B.P 74, 62750 Loos-en-Gohelle,

Tél : 03 21 08 62 90 - fredec.nord.pas-de-calais@wanadoo.fr

Des actions de développement

Le GABNOR, association de développement de l'agriculture biologique, rassemble les producteurs biologiques du Nord et du Pas de Calais. Son objectif est de soutenir et développer l'agriculture biologique de manière durable et solidaire. En plus de l'information et la défense des intérêts des producteurs, les actions se déclinent autour de trois axes :

Créer une ambiance favorable et réussir les conversions :

Cela passe par l'information, la formation et l'accompagnement des agriculteurs.

En 2001, le GABNOR a rédigé un guide d'accompagnement des conversions en maraîchage et a suivi des projets et des CTE en fruits et légumes.

Améliorer les résultats techniques et économiques des producteurs :

Il s'agit de définir les besoins, soutenir la recherche de références et le conseil en Agriculture Biologique, avec la Chambre Régionale d'Agriculture, la FREDEC, le S.R.P.V., etc.

Pour les fruits et légumes deux outils ont été créés cette année : Une parcelle d'essai en bio au Pôle Légumes Région Nord et un verger bio extensif expérimental à l'IAH de Genech. Une étude sur les variétés et les semences et plants bio en maraîchage a démarré.

Organiser les filières de commercialisation.

Le GABNOR recherche des acteurs pour mettre en place des nouvelles filières, avec la coopérative NorABio et d'autres entreprises de la région.

En 2001 en fruits et légumes deux études ont été réalisées : Unité collective de stockage-conditionnement en arboriculture et plate-forme fruits et légumes. Une étude sur la vente au panier a démarré.

Contacts :

Alain Delebecq (développement), Christine Kleitz (filiales). GABNOR, Le Paradis, 59133 Phalempin. Tél : 03 20 32 25 35. gabnor@nordnet.fr

Le GABNOR adhère à la FNAB, Fédération Nationale d'Agriculture Biologique, organisation professionnelle à vocation syndicale.

La FNAB, qui regroupe près de 7000 agrobiologistes en France, a pour mission la défense et la représentation des agriculteurs biologiques, dans l'objectif de développer l'agriculture biologique de manière cohérente, durable et solidaire. Ses actions principales sont l'animation et la coordination des activités du réseau, la représentation des agrobiologistes au niveau national et international, la structuration des filières, en terme d'appui à l'organisation des producteurs pour la première mise en marché des produits biologiques.

En fruits et légumes, les actions menées en 2001 concernent le suivi de l'évolution des politiques publiques et de la réglementation, une étude « vers un juste prix des fruits et légumes bio » visant à construire un partenariat durable entre les producteurs et le réseau de distribution BIOCOOP, ainsi que l'accompagnement professionnel par des réunions thématiques de la commission fruits et légumes.

Contact :

Sylvie PISLAR, FNAB, 40 rue de Malte, 75011 Paris, Tél : 01 43 38 38 69. spislar@fnab.org

Le Forum National Fruits et Légumes Biologiques est la rencontre de tous ces acteurs travaillant en réseau pour le développement de la filière. Des producteurs et chercheurs européens (Royaume-Uni, Pays-Bas, Allemagne, etc.) seront également présents.

Renseignements et inscriptions auprès de Monique JONIS, Tél : 04 67 06 23 93.

De l'autre côté de la Manche...

Horticulture Research International est un organisme d'État regroupant cinq sites en Angleterre. East Malling, dans le Kent, est le plus ancien et le plus grand institut de recherche pour les cultures pérennes en Europe. Le centre réalise des travaux de recherche et de développement en science, protection et physiologie des végétaux. Il travaille aussi sur des programmes de sélection variétale de fruits de renommée internationale.

Récemment, 10 hectares ont été convertis en production fruitière bio (vergers de pommiers et parcelles de fraises). Ces parcelles servent de site de démonstration pour les producteurs ainsi que de site d'expérimentation afin de répondre aux problèmes techniques posés par la production de fruits biologiques. Les travaux de recherche en agriculture biologique couvrent plusieurs domaines : gestion des sols en vergers et contrôle des mauvaises herbes, analyses de nutriments, étude variétale, gestion des insectes nuisibles et des maladies, élaboration d'un programme d'Integrated Pest and Disease Management pour la production de pommes biologiques en Angleterre.

Contact :

Marion Arnaud, HRI, East Malling, West Malling, ME19 6BJ, England
Tel +33 (0)1732 843 833 Marion.arnaud@hri.ac.uk

11 décembre 2001 - Journée technique GRAB-ITAB et Programme Interrégional

9h Ouverture des journées

9h30 Bilan des expérimentations Fruits et Légumes bio dans le cadre du programme interrégional Kent/Nord Pas-de-Calais

- * Inventaire des principaux prédateurs de pucerons en culture de salades, choux et pommiers et bilan des connaissances sur les techniques de maintien - Recherche sur le parasitisme du Puceron cendré sur pommier avec l'utilisation du sorbier comme plante réservoir- débat et questions
- * Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre l'Anthonome du pommier
- * Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre la Mouche de la carotte
- * Conclusions et perspectives par Claude REUMAUX, Président de la FREDEC Nord-Pas-de-Calais

10H 50 Pause, échanges autour des panneaux

11h10 Autorisation de mise sur le marché des produits phytosanitaires et agriculture biologique : situation et perspectives

11h25 Alternatives au cuivre

- * Essais sur pomme de terre : lutte contre le mildiou
- * Essais sur pommier : lutte contre la tavelure
- * Essais sur pêcher : lutte contre la cloque

12h15 Déjeuner bio

MARAICHAGE (14h-19h15)

* **Fertilité des sols : les outils de diagnostic et les méthodes d'amélioration** : Comment améliorer la fertilité ? - Relations entre matière organique, activité biologique et fertilité : quelques notions de base et applications en agriculture biologique - La méthode Hérody - L'analyse biologique des sols - La morphochromatographie de la matière organique du sol

* **Semences biologiques** : Itinéraire de production - Réseau national de criblage variétal

* **Production de plants maraîchers biologiques** : Comparatifs de terreaux - Les problèmes rencontrés en pépinière biologique

* **Lutte biologique contre l'oïdium** : Biologie et méthodes de lutte - Essais sur Cucurbitacées et sur fraise

Tribune libre

ARBORICULTURE (13h45-19h 15)

* **Contrôle de la tavelure en verger biologique** : Amélioration génétique du pommier, étude des races de tavelure, intérêt d'un dispositif de coplantation - Sélection de variétés de pommes, de poires et de porte-greffes - Contrôle de la tavelure en verger biologique au Pays-Bas

* **Entretien du sol en AB** : Itinéraires d'entretien du sol en verger biologique aux Pays-Bas - Application de la méthode Hérody en verger

* **Gestion de ravageurs en vergers biologiques** : Ecologie des campagnols et piste de lutte en agriculture biologique - Stratégies de lutte contre l'Hoplocampe en agriculture biologique - Gestion combinée de la lutte contre les pucerons et l'Hoplocampe sur pommier

* **Point sur l'éclaircissage à la floraison** : Résultats d'expérimentations

Tribune libre

Mercredi 12 décembre - journée FNAB : Organisation et valorisation

9h-12h : interventions en plénière

- 9h Présentation de la journée par François THIERY, Président de la FNAB
- 9h10 Intervention de Guy HASCOËT, Secrétaire d'Etat à l'Economie Solidaire
- 9h45 Présentation de l'étude FNAB « vers un juste prix des fruits et légumes biologiques »

10h **Table ronde : Comment développer la filière fruits et légumes bio tout en préservant la dimension environnementale et sociale de ce mode de production ?**

Animation : Vincent PERROT, délégué général de la FNAB

Avec les interventions de :

- Lionel VILAIN, chargé de mission à la Bergerie Nationale (Ministère de l'Agriculture)
« Agriculture biologique et durabilité : critères et enjeux dans le secteur des fruits et légumes »
- Un représentant des opérateurs du commerce équitable
« Le commerce équitable et les fruits et légumes : état des lieux et perspectives »

Et la participation de :

- Christophe MINAAR, du réseau BIOCOOP
- Un producteur de fruits et légumes du réseau FNAB
- Sylvie PISLAR, chargée de mission fruits et légumes à la FNAB

11h45 Conclusion de la matinée par Bernard JOCHAUD, commission fruits et légumes de la FNAB

12h15 Déjeuner bio

13h30-15h 30 : ateliers thématiques en parallèle

Les participants auront le choix entre des visites de terrain ou des ateliers thématiques, introduit par un témoignage ou un point d'actualité.

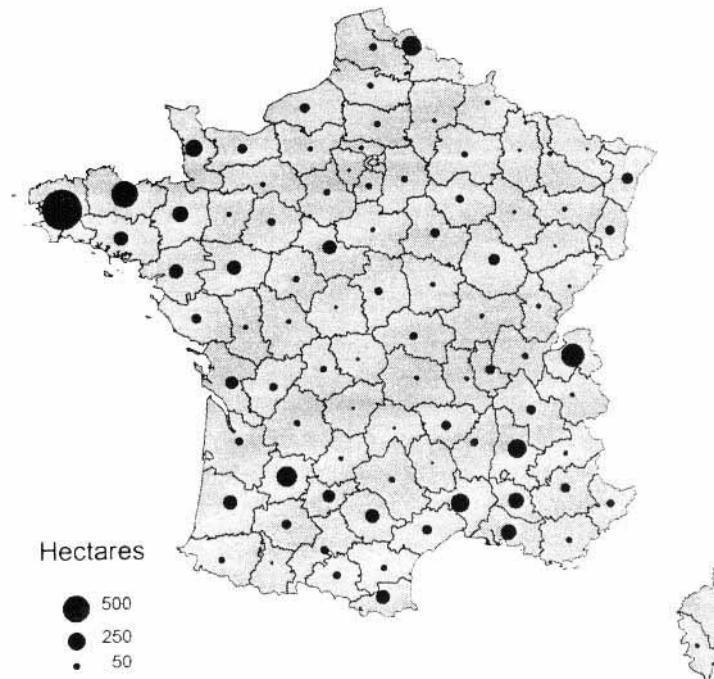
- Atelier 1** Semences bio : travail engagé et perspectives pour 2004.
Aspects réglementaires et leviers de développement, sur la base d'interventions FNAB.
- Atelier 2** Le CTE, un bon levier de développement pour les fruits et légumes bio ?
- Atelier 3** Quelle organisation des agriculteurs bio fruits et légumes dans les bassins de production ?

15h30-16h30 : Compte-rendu des ateliers

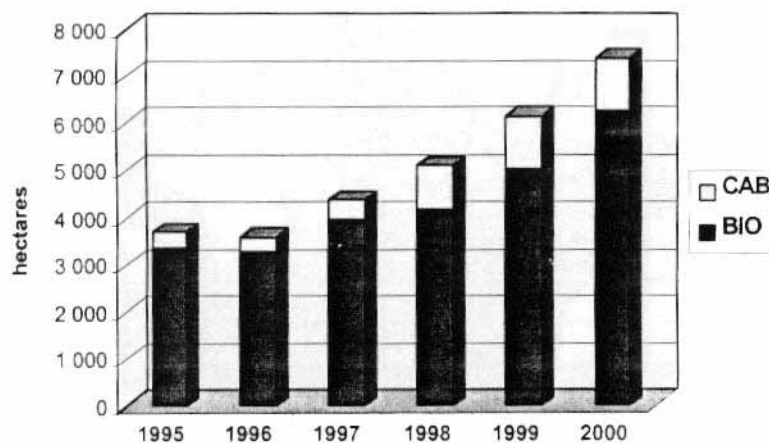
16h30-17h : Synthèse et conclusions

Résultats 2000 Observatoire national de l'Agriculture biologique

APCA – Service qualité
9, av Georges V
75008 Paris
Tél. : 01 53 57 11 57



Répartition sur le territoire des surfaces de légumes en mode de production biologique



Evolution des surfaces de légumes en mode de production biologique

Point sur la recherche de maintien des auxiliaires et sur l'importance de la diversité végétale dans les cultures et leur environnement

- Inventaire des pucerons et de leurs prédateurs en cultures biologiques de pommiers, de salades et de choux ; principales techniques favorisant leur maintien.
Par C. Trouvé (S.R.P.V. Nord Pas-de-Calais), V. Pinet, S. Oste-Lédée, M. Legrand (F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais)
- The effect of increased crop diversity on host-plant selection by insects.
Par S. Finch, R. Collier (H.R.I.)
- Recherche sur le parasitisme du puceron cendré du pommier (*Dysaphis plantaginea*) avec l'utilisation du sorbier (*Sorbus aucuparia*) comme plante-réservoir. ETUDE HORS INTERREG
Par E. Bribosia, D. Bylemans, M. Mignon, G. Van Impe (Centre Royal de Recherches de Gorsem)

Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre l'anthonome du pommier

- Recherche de stratégie de lutte contre l'anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum* L.) en verger de production biologique.
Par S. Oste-Lédée, M. C. Desprez, D. Détourné-Emery (F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais)
- Identifying semiochemical attractants for the apple blossom weevil, *Anthonomus pomorum*
Par P. Innocenzi, J. Cross, C. Jay (H.R.I.), D. Hall (Natural Resources Institute)

Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre la mouche de la carotte

- Point sur la recherche d'une stratégie de lutte contre la mouche de la carotte (*Psila rosae*) en agriculture biologique
Par M. Legrand, J-Ph. Adamczak, C. Opigez (F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais)
- Strategies for controlling the carrot fly (*Psila rosae* F) in organic crops
Par R. Collier, S. Finch (H.R.I.)

Point sur le réseau transmanche

- Réseau transmanche pour la production biologique
Par M. Stannard, A. Le Fur (GABNOR)
- Echanges de producteurs
Par M. Stannard, A. Le Fur (GABNOR)
- Site de démonstration et pôle d'excellence en agriculture biologique
Par A. Delebecq, A. Le Fur (GABNOR)
- Développement et communication de l'agriculture biologique au travers du programme "Agrobiologie transmanche"
Par S. Crépin (A PRO BIO)



INVENTAIRE DES PUCERONS ET DE LEURS PREDATEURS EN CULTURES BIOLOGIQUES DE POMMIERS, DE SALADES ET DE CHOUX PRINCIPALES TECHNIQUES FAVORISANT LEUR MAINTIEN

C. TROUVE¹, V. PINET², S. OSTE-LEDEE², M. LEGRAND²

¹*S.R.P.V. Nord Pas-de-Calais, (Service Régional de la Protection des Végétaux), 81, rue Bernard Palissy, 62750 Loos-en-Gohelle*

²*F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais, (Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures), 21, rue Becquerel - B.P. 74, 62750 Loos-en-Gohelle*

RESUME

En 2000 et 2001, un inventaire des pucerons et de leurs prédateurs (syrphes, coccinelles, chrysopes) a été mis en œuvre en cultures biologiques de pommiers, de salades et de choux dans la région Nord Pas-de-Calais. Pendant les deux années de prospections, 640 prélèvements de pucerons et 755 d'auxiliaires ont été réalisés. Le groupe des syrphes représente 78% des échantillons récoltés en 2000 et 54% en 2001, celui des coccinelles 19% et 37% des prélèvements. Les chrysopes sont peu présentes (3% en 2000 et 9% en 2001). Les identifications révèlent la présence de 11 genres de syrphes, 8 genres de coccinelles et 2 genres de chrysopes. Certains d'entre eux dominant : *Sphaerophoria* et *Episyrphus* pour les syrphes, *Adalia* et *Coccinella* pour les coccinelles, *Chrysoperla* pour les chrysopes. Parallèlement à cet inventaire, un premier bilan bibliographique des techniques de maintien a été entrepris. Celui-ci montre le rôle essentiel de la diversité végétale (plantes fleuries ou plantes réservoirs de proies) pour attirer les auxiliaires et l'intérêt des abris artificiels pour protéger les prédateurs hivernant au stade adulte.

Summary

In 2000 and 2001, aphids and predators (hoverflies, ladybirds and green lacewings) were listed in organic apples, salads and cabbages crops in Nord Pas-de-Calais. During this two years of prospecting, we picked 640 samples of aphids and 755 samples of predators up. The hoverflies group represents 78% and 54% of the samples collected in 2000 and 2001 respectively, the ladybirds group represents 19% and 37%. The greens lacewings are less present (3 % in 2000 and 9 % in 2001). Identifications show the presence of 11 hoverflies genera, 8 ladybirds genera and 2 greens lacewings genera. Some of them are predominant : *Sphaerophoria* and *Episyrphus* for hoverflies genus, *Adalia* and *Coccinella* for ladybirds genus, and *Chrysoperla* for greens lacewings genus. Simultaneously, a first draft of conservation and enhancement methods bibliographical synthesis was carried out. The leading role of vegetable diversity (flowers plants or preys reservoir plants) for attracting beneficial insects and the advantage of artificial shelter to protect predators overwintering in adult instar was pointed out.

INTRODUCTION

Parmi les ravageurs des cultures, les pucerons occupent une place importante et sont souvent difficiles à combattre.

En agriculture biologique, la lutte contre ces ravageurs est basée, en premier lieu, sur la recherche de méthodes favorisant les régulations naturelles et en second lieu sur l'utilisation de substances insecticides d'origine naturelle.

Dans le but de mieux connaître les principaux prédateurs indigènes de pucerons (coccinelles, syrphes et chrysopes) et les principales techniques favorisant leur maintien dans les cultures, une étude⁽¹⁾ a été mise en œuvre dans la région Nord Pas-de-Calais en 2000 et 2001 en productions biologiques de pommiers, de salades et de choux.

Cette étude comportait deux phases :

- un inventaire des pucerons et des auxiliaires dans chacune des trois cultures de référence.
- un premier bilan bibliographique des principales techniques permettant l'enrichissement des populations de prédateurs dans les cultures ou leur environnement proche.

INVENTAIRE DES PUCERONS ET DES AUXILIAIRES ASSOCIES

1) Matériel et méthode

1.1) Prélèvements des échantillons sur le terrain

Ils ont eu lieu chaque semaine entre les mois d'avril et septembre, à raison d'une prospection de deux heures maximum par culture. Plusieurs sites étaient prévus en cas d'absence de pucerons ou d'auxiliaires.

Une fois repérés, les pucerons et les auxiliaires proches des colonies ont été systématiquement prélevés et rapportés au laboratoire selon un protocole précis.

2.2) Préparation des échantillons au laboratoire et identifications.

Les pucerons aptères récoltés sur le terrain ont été prélevés sous loupe binoculaire, puis transférés en alcool. Si le ou les prédateur(s) associé(s) aux pucerons étaient des œufs, des larves ou des nymphes, ils ont été élevés individuellement en salle climatisée et nourris avec des pucerons du blé jusqu'au stade adulte. S'il s'agissait d'adultes, ils ont été transférés directement en alcool.

Les identifications ont été réalisées par le Laboratoire Régional de la Protection des Végétaux de Loos-en-Gohelle et confirmées si besoin par des spécialistes entomologistes.

2) Résultats

2.1) Prélèvements

2.1.1) Résultats généraux

Au cours des années 2000 et 2001, 5 sites ont été prospectés en cultures de pommiers, 3 en cultures de salades et 2 en cultures de choux. Au total, 640 prélèvements de pucerons et 755 prélèvements d'auxiliaires ont été réalisés sur l'ensemble des cultures entre avril et septembre (Tableau 1).

| | site | période des visites | | nombre de prélèvements de pucerons | | nombre de prélèvements d'auxiliaires | |
|----------------------------------|---------------|---|---|------------------------------------|------|--------------------------------------|------|
| | | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 |
| POMMIER | Brunembert | du 11/05 au 03/08 | du 04/05 au 23/05 | 99 | 14 | 129 | 0 |
| | Ohain | | du 31/05 au 19/07 | | 50 | | 59 |
| | Lecelles | du 14/04 au 20/04 et du 10/08 au 28/09 | du 02/08 au 13/09 | 32 | 79 | 33 | 106 |
| | Wallon-Cappel | du 27/04 au 04/05 | | 4 | | 0 | |
| | Ambricourt | le 13/04 | | 3 | | 3 | |
| | Total | du 13/04 au 28/09 | du 04/05 au 13/09 | 138 | 143 | 165 | 165 |
| SALADE | Wavrin | du 22/05 au 26/09 | du 11/05 au 26/06 et du 31/07 au 11/09 | 38 | 94 | 39 | 64 |
| | Bois-Grenier | du 22/05 au 26/09 | du 03/07 au 24/07 | 73 | 24 | 87 | 28 |
| | Total | du 22/05 au 26/09 | du 11/05 au 11/09 | 111 | 118 | 126 | 92 |
| CHOU | Bois-Grenier | | du 19/06 au 24/07 | | 57 | | 137 |
| | Wavrin | du 11/07 au 26/09 | du 31/07 au 11/09 | 32 | 41 | 36 | 34 |
| | Total | du 11/07 au 26/09 | du 19/06 au 11/09 | 32 | 98 | 36 | 171 |
| Total toutes cultures confondues | | du 13/04 au 28/09 | du 04/05 au 13/09 | 281 | 359 | 327 | 428 |

■ absence de prélèvement

Tableau 1 : récapitulatif des prélèvements de pucerons et d'auxiliaires en 2000 et 2001

L'analyse des prélèvements par catégorie d'auxiliaires montre que les syrphes sont les plus nombreux. Les coccinelles apparaissent en seconde position, suivies des chrysopes qui sont peu présentes (Figures 1 et 2). En 2000, les échantillons étaient constitués de 78% de syrphes, 19% de coccinelles et de 3% de chrysopes. En 2001, les syrphes dominent à nouveau, mais dans une moindre mesure, avec 54% des individus prélevés. Les coccinelles sont plus nombreuses (37%). Les chrysopes quant à elles restent minoritaires (9%).

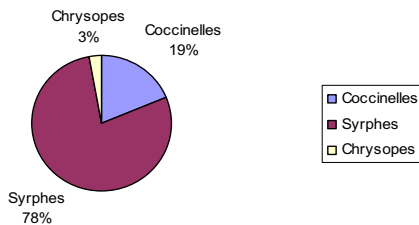


Figure 1 : pourcentage de prélèvements par catégorie d'auxiliaires toutes cultures confondues en 2000

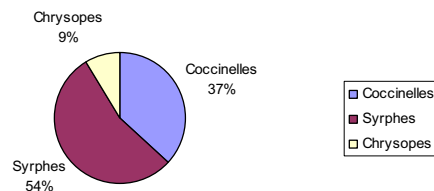


Figure 2 : pourcentage de prélèvements par catégorie d'auxiliaires toutes cultures confondues en 2001

2.1.2) Résultats par culture

• pommiers

En 2000, les syrphes dominent et représentent 64% des prélèvements. En 2001, ce sont les coccinelles qui sont majoritaires avec 73% des échantillons récoltés (Tableau 2).

| Prédateurs | Répartition en pourcentages | |
|-------------|-----------------------------|------|
| | 2000 | 2001 |
| Syrphes | 64 | 19 |
| Coccinelles | 32 | 73 |
| Chrysopes | 4 | 8 |

Tableau 2 : répartition des auxiliaires prélevés sur pommier

• salades

Comme en culture de pommiers, les syrphes sont largement dominants avec 92% des individus prélevés en 2000. En 2001, les coccinelles et les chrysopes sont plus nombreuses, mais sans dépasser le groupe des syrphes (Tableau 3).

| Prédateurs | Répartition en pourcentages | |
|-------------|-----------------------------|------|
| | 2000 | 2001 |
| Syrphes | 92 | 65 |
| Coccinelles | 6 | 19 |
| Chrysopes | 2 | 16 |

Tableau 3 : répartition des auxiliaires prélevés sur salades

• choux

En 2000 et 2001, les syrphes sont dominants, suivis des coccinelles et des chrysopes (Tableau 4).

| Prédateurs | Répartition en pourcentages | |
|-------------|-----------------------------|------|
| | 2000 | 2001 |
| Syrphes | 97 | 83 |
| Coccinelles | 3 | 12 |
| Chrysopes | 0 | 5 |

Tableau 4 : répartition des auxiliaires prélevés sur choux

Quelle que soit la culture, les syrphes constituent le groupe de prédateurs le plus important sauf sur pommiers où les coccinelles sont dominantes en 2001. Les coccinelles sont retrouvées en seconde position. Les chrysopes, quant à elles, sont peu présentes dans les cultures.

2.1.3) Elevages en salles climatisées

Les prédateurs récoltés aux stades œuf, larve ou nymphe ont été élevés individuellement en salle climatisée. Ainsi, au cours des deux années d'étude, 630 prédateurs ont été élevés : ce qui représente 490 syrphes, 94 coccinelles et 46 chrysopes.

Les élevages ont aussi permis de révéler la présence de parasites notamment pour les syrphes et les chrysopes.

Le taux de parasitisme des pupes de syrphes est de 10% en 2000 et 51.6% en 2001. Il est respectivement de 33% et 40% pour les chrysopes. Ces données montrent qu'une partie importante de la population des prédateurs est supprimée avant toute activité notamment pour les chrysopes dès le stade œuf.

2.2) Identifications

2.2.1) Pucerons

Au total, onze espèces ont été identifiées sur l'ensemble des cultures en 2000 et 2001 :

- sur pommiers, quatre genres différents ont été identifiés. *Dysaphis plantaginea* et *Aphis pomi* dominant et représentent 34.8% et 35.5% des identifications.
- sur salades, *Nasonovia ribisnigri* est majoritaire parmi les quatre genres déterminés (53.1% des déterminations).
- sur choux, trois genres sont répertoriés : *Brevicoryne brassicae* est l'espèce qui domine largement (96.3% des déterminations).

2.2.2) Auxiliaires

• Syrphes

Onze genres différents ont été répertoriés sur l'ensemble des cultures :

- sur pommiers, *Episyrphus* et *Syrphus* sont dominants.
- sur salades, *Sphaerophoria* et *Eupeodes* sont les plus importants.
- sur choux, on retrouve, comme en verger, *Episyrphus* suivi d'*Eupeodes*.

• Coccinelles

Au total, huit genres et dix espèces ont été recensés sur les trois cultures.

En verger de pommiers, la coccinelle à 2 points (*Adalia bipunctata*), la coccinelle à 10 points (*Adalia decempunctata*) et *Exochomus quadripustulatus* sont souvent observés.

Sur salade, c'est la coccinelle à 7 points (*Coccinella septempunctata*) et la coccinelle à 11 points (*Coccinella undecimpunctata*) que l'on rencontre le plus souvent.

Sur chou, l'espèce principale est représentée par la coccinelle à 11 points (*Cocinella undecimpunctata*).

• Chrysopes

Ils sont représentés par deux genres. *Chrysoperla kalthoffi* est l'espèce dominante dans les trois cultures.

2.3) Associations pucerons-prédateurs

Après identification des colonies de pucerons présentes sur le terrain, il est possible de vérifier quelle catégorie de prédateurs y est associée (Tableaux 5 et 6).

| Nombre de détections de l'espèce de pucerons | | Nombre de détections par espèce de pucerons | | |
|--|----|---|---------|-----------|
| | | Coccinelles | Syrphes | Chrysopes |
| <i>Dysaphis plantaginea</i> | 65 | 27 | 43 | 2 |
| <i>Aphis pomi</i> | 5 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Nasonovia ribis nigri</i> | 39 | 3 | 38 | 1 |
| <i>Brevicoryne brassicae</i> | 30 | 1 | 25 | 0 |

Tableau 5 : nombre de détections des principales espèces de pucerons et de leurs prédateurs en 2000

| Nombre de détections de l'espèce de pucerons | | Nombre de détections par espèce de pucerons | | |
|--|----|---|---------|-----------|
| | | Coccinelles | Syrphes | Chrysopes |
| <i>Dysaphis plantaginea</i> | 23 | 12 | 7 | 3 |
| <i>Aphis pomi</i> | 89 | 59 | 14 | 5 |
| <i>Nasonovia ribis nigri</i> | 53 | 10 | 18 | 1 |
| <i>Brevicoryne brassicae</i> | 96 | 16 | 65 | 7 |

Tableau 6 : nombre de détections des principales espèces de pucerons et de leurs prédateurs en 2001

- En culture de pommiers, *D. plantaginea* est davantage prédaté par les syrphes en 2000. Par contre, en 2001, même si le ravageur s'est moins développé, les coccinelles sont plus souvent rencontrées que les syrphes. Pour *A. pomi* seuls les résultats obtenus en 2001 sont significatifs. Ils montrent que les coccinelles sont les principaux prédateurs détectés. A noter, toutefois que les espèces déterminées parmi les colonies de pucerons verts étaient majoritairement des adultes *d'Exochomus quadripustulatus*. Cette coccinelle se nourrit essentiellement de cochenilles, mais parfois aussi de pucerons. Sa présence sur les rameaux infestés de pucerons verts n'est peut être donc pas en relation directe avec *A. pomi*.
- En culture de salade, *N.ribisnigri* est essentiellement prédaté par les syrphes en 2000. En 2001, les syrphes dominent de façon moins nette et les coccinelles sont davantage détectées.
- En culture de choux, *B. brassicae* est prédaté le plus souvent par les syrphes. Les coccinelles arrivent en seconde position.

Dans toutes les cultures, les chrysopes sont peu observées. Le comportement nocturne de ces prédateurs pourrait expliquer le fait qu'ils soient peu détectés.

COMPORTEMENT DES PREDATEURS ET PRINCIPALES TECHNIQUES FAVORISANT LEUR MAINTIEN

Les informations ont été recueillies dans les ouvrages, les périodiques et les publications disponibles au pôle phytosanitaire, puis par le biais d'interrogations en ligne de bases de données internationales.

1) Syrphes

Les syrphes font partie de l'ordre des diptères (mouches). Ils sont souvent floricoles à l'état adulte et prédateurs de pucerons ou d'autres insectes (cochenilles, psylles...) à l'état larvaire.

La présence de plantes fleuries est un élément vital pour les syrphes adultes. En effet, le nectar des fleurs procure l'énergie nécessaire au vol et le pollen conditionne la fécondité des femelles.

De manière générale, les syrphes prospectent une large gamme de fleurs. Toutefois, le nombre d'espèces végétales visitées peut varier sensiblement. Ainsi, les genres *Episyrphus*, *Sphaerophoria*, *Eupeodes* et *Syrphus* sont peu sélectifs et sont rencontrés sur de nombreuses plantes. Par contre, d'autres genres semblent

avoir un régime alimentaire plus strict. Le genre *Platycheirus*, par exemple, est davantage attiré par les graminées et le plantain lancéolé.

La taille des fleurs a également une influence sur le comportement des adultes notamment chez *Episyrphus* qui préfère visiter des fleurs de petite taille. Enfin, la couleur de la fleur a parfois une importance chez certaines espèces, mais de manière générale le jaune et le bleu apparaissent comme étant les plus attractives.

La connaissance du comportement des larves peut aussi apporter des informations utiles. Des plantes de taille réduite et de densité importante fournissent un microclimat favorable au développement des prédateurs parce que les larves recherchent une humidité ambiante située entre 70% et 90%.

Une parcelle désherbée où la culture est clairsemée réduit la possibilité d'installation des prédateurs. Il a été démontré qu'une parcelle de choux de Bruxelles envahie de mauvaises herbes attire plus de syrphes adultes, augmente le nombre d'œufs pondus sur les plantes et offre des conditions d'humidité recherchées par les larves.

De nombreux travaux montrent l'intérêt de certaines plantes. Le tableau ci-dessous rassemble les principales espèces végétales dont les fleurs attirent le plus les syrphes adultes.

| Famille botanique | Nom français | Nom latin |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Caryophyllacées | Compagnon blanc | <i>Silene latifolia</i> |
| Composées | Chardon penché | <i>Cirsium nutan</i> |
| | Laiteron | <i>Sonchus sp</i> |
| | Matricaire modérée | <i>Matricaria inodora</i> |
| | Cirse | <i>Cirsium sp</i> |
| | Liodent d'automne | <i>Leontodon automnalis</i> |
| | Bleuet | <i>Centaurea cyanus</i> |
| Crucifères | Sisymbre officinal | <i>Sisymbrium officinale</i> |
| | Moutarde des champs | <i>Sinapis arvensis</i> |
| | Caméline cultivée | <i>Camelina sativa</i> |
| Hydrophyllacées | Phacelie à feuille de tanaïs | <i>Phacelia tanacetifolia</i> |
| Labiées | Lamier pourpre | <i>Lamium purpureum</i> |
| Ombellifères | Petite Ciguë | <i>Aethusa cynapium</i> |
| | Grande ciguë | <i>Conium sp</i> |
| | Coriandre | <i>Coriandrum sativum</i> |
| Polygonacées | Sarrasin comestible | <i>Fagopyrum esculentum</i> |

Tableau 7 : liste d'espèces végétales attractives pour les syrphes.

Les monocultures désherbées systématiquement où la diversité des plantes sauvages est faible, affectent directement la présence des adultes de syrphes. Les bois, les haies, les étangs, les bordures de plantes fleuries et de graminées sont donc des lieux d'habitat et d'hivernation particulièrement recherchés par les syrphes.

2) Les coccinelles

Elles appartiennent à l'ordre des Coléoptères et sont prédatrices tant à l'état adulte que larvaire. Leur régime alimentaire est variable selon les espèces. Certaines se nourrissent de pucerons, d'autres de cochenilles ou d'acariens.

La majorité des coccinelles apparaît au printemps quand la température dépasse 12°C. Elles sont diurnes et actives par beau temps. Elles peuvent cesser leur activité en été quand il fait chaud ($T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$) et entrent alors en repos estival (ex : *A. bipunctata*) suivi parfois d'une reprise d'activité quand les conditions redeviennent favorables.

Les coccinelles ont un comportement migratoire avant d'entrer en diapause hivernale. Elles quittent les cultures vers des zones d'hivernation telles qu'une colline, une tour, une habitation, un arbre, un taillis ou un monticule de terre près d'un champ... La diapause hivernale se termine en janvier et les coccinelles entrent alors en quiescence attendant le réchauffement des températures.

Il a été démontré que l'abondance des coccinelles, est directement liée à la quantité et à la qualité des proies. Les femelles choisissent de préférence des colonies de pucerons assez développées pour y déposer leurs

œufs, afin que les larves puissent s'alimenter jusqu'à la nymphose. A l'inverse, les pontes sont nettement réduites si les proies se raréfient.

Le type de proie influence aussi la fécondité des coccinelles. *Adalia bipunctata* pond plus d'œufs quand elle se nourrit de *D. plantaginea* plutôt que d'*A. pomi*.

Contrairement aux syrphes, le développement des coccinelles semble beaucoup moins lié à l'influence de plantes fleuries. Toutefois, certaines espèces végétales présentent un intérêt en tant que réservoir de proies. Des îlots d'orties peuvent attirer ces auxiliaires grâce aux pucerons qu'elles hébergent et qui s'y multiplient. Quand le nombre de prédateurs paraît suffisant, il est préconisé de faucher les orties pour inciter les coccinelles et les autres prédateurs à migrer vers les cultures avoisinantes. Le chardon montre aussi un intérêt comme support d'auxiliaires et notamment pour la coccinelle à 7 points, (*C. septempunctata*). L'amarante réfléchie (*Amaranthus retroflexus*), le chénopode blanc (*Chenopodium album*) et la lampourde glouteron (*Xanthium spinosum*) sont aussi citées dans la littérature.

Avant l'hivernation, des abris artificiels peuvent être disposés dans les cultures dans le but d'attirer les coccinelles au moment où elles migrent vers les zones de repos hivernal. Des abris artificiels simulant les fentes des pierres ont été testés avec succès dans le midi de la France.

Des plantes fortement ramifiées peuvent aussi constituer des abris naturels et attirer les coccinelles pour y passer l'hiver.

3) Les chrysopes

Les chrysopes font partie de l'ordre des Neuroptères. Les larves sont prédatrices d'insectes et d'acariens. Elles peuvent se nourrir d'œufs de lépidoptères, de doryphores, de jeunes chenilles, de psylles, de cicadelles, d'acariens... avec toutefois une préférence pour les pucerons.

Les adultes de certaines espèces sont prédateurs comme les larves, d'autres se nourrissent de jus sucrés, de miellat et de pollen.

Le genre *Chrysoperla* passe l'hiver au stade adulte dans divers abris naturels mais aussi dans des abris artificiels comme les remises et les greniers.

Pendant la belle saison, la qualité de la nourriture influence directement la durée de vie des adultes, la fécondité des femelles et le potentiel reproducteur des mâles. Dans l'objectif d'augmenter le potentiel des adultes, des miellats artificiels composés d'hydrolysats, de levure (levure de bière ou levure sèche), de saccharose et d'eau ont été testées.

L'influence des espèces végétales sur les chrysopes est peu citée dans la littérature, toutefois, des associations végétales telles que sorgho – chou semblent accroître le nombre d'œufs dans la parcelle.

Enfin, comme pour les coccinelles, des abris artificiels comme les chambres d'hivernation offrent aux chrysopes des refuges pour passer l'hiver. Ces chambres construites selon un modèle précis sont en bois, et disposées dans les cultures en fin d'été.

4) Les haies : réservoirs utiles à de nombreux auxiliaires

Les haies sont intéressantes pour le maintien des auxiliaires et offrent de nombreux avantages comme :

- **La période de floraison :**

Les végétaux à floraison printanière précoce ont un rôle important car ils fournissent à certains auxiliaires floricoles une nourriture indispensable à une époque où les proies animales sont rares voire inexistantes. On trouve parmi ces végétaux le prunellier et les saules. De même, les végétaux à floraison tardive d'arrière saison comme le lierre offrent une nourriture de pré-hivernation à de nombreux prédateurs.

- **Le type de feuillage :**

Le feuillage persistant de certaines espèces fournit des abris et des refuges souvent recherchés par les auxiliaires, c'est le cas du lierre, du troène, de la viorne, du laurier-tin...

- **Une source de nourriture :**

Le développement précoce de ravageurs spécifiques permet la multiplication de certains des auxiliaires. Le charme, le noisetier, le sureau noir, l'aune, l'arbre de judée, le prunellier offrent cette possibilité.

CONCLUSION

L'étude des syrphes, des coccinelles et des chrysopes associés aux pucerons des cultures de pommiers, de salades et de choux fournit un ensemble de références techniques régionales jusque-là inexistantes.

Les identifications montrent qu'il existe de nombreuses espèces prédatrices et qu'elles participent chacune pour leur part à la régulation des populations de pucerons. Parmi les prédateurs étudiés, le groupe des syrphes domine tant au niveau des espèces que du nombre d'individus observés, sauf en 2001 où les coccinelles sont plus nombreuses sur pommier.

Le bilan des principales techniques de maintien étudiées ou testées montre qu'il est possible de préserver, d'attirer et de maintenir les auxiliaires. Pour cela, deux éléments essentiels doivent être associés : la présence de certaines espèces végétales dans les cultures ou dans leur environnement proche, et l'utilisation d'abris artificiels privilégiant l'hivernation des prédateurs.

Dans les années à venir, différents aménagements pourront être testés dans les cultures. L'objectif sera de constituer un environnement le plus favorable possible aux espèces prédatrices identifiées dans les cultures de la région Nord Pas-de-Calais.

PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES EXPLOITÉES

- ALTIERI M.A., WHITCOMB W.H., 1979. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *Hortscience*, 14:12-18.
- BAUDRY O., BOURGUY C., GUYOT G., RIEUX R., 2000. Haies composites, réservoirs d'auxiliaires. *Ctifl hortipratic*, 116 pp.
- ÇALDUMBIDE C., FAESSEL L., TRAVERS M., RAT-MORIS E., THIERRY D., 2001. Protéger les chrysopes en hiver. *Réussir Fruits et Légumes*, 198: 26-28.
- CORROYER N., GARAPON D., ARNAL A., 1995. Mise en place et développement de haies composites en agriculture biologique. GRAB, IDF, Agence Paysages. 15 pp.
- COWGILL S. E., 1991. Hoverflies on arable land. *Game Conservancy Review* : 57-58.
- FURAUD L., 1999. Mise en œuvre de la protection intégrée du verger de Puythouck: étude de l'environnement du verger et mise en évidence de certaines essences de la haie en tant que réservoir d'insectes utiles. Rapport de stage, service technique de la ville de grande-Synthe : 68 pp.
- HAGEN K.S., 1986. Ecosystem analysis : Plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. In Boethel D.J. and Eikenbary R.D. (Eds.), Interactions of plant resistance and parasitoid and predators of insect : 151-197.
- HARWOOD R.W.J., HICKMAN J.M., MAC LEOD A., SHERRATT T.N., WRATTEN S.D., 1994. managing field margins for hoverflies. BCPC Monograph n°58 : Field Margins : Integrating Agriculture and Conservation : 147-152.
- HONEK, A., 1983. Factors affecting the distribution of larvae of aphid predators (Col., Coccinellidae and Dipt., syrphidae) in cereal stands. *Z. ang. Ent*, 95, Hamburg und Berlin: 336-354.
- IPERTI G., 1986. Les coccinelles de France. *Phytoma. Défense des cultures*. Avril 1986 : 14-23.
- MAJERUS M.E.N., 1994. Ladybirds. Harper Collins Publishers, 367 pp
- McEWEN P.K., SHUJA A., SENIOR L., 1998. Conservation of the common green lacewing (*Chrysoperla carnea* s.l.) (Neuroptera, Chrysopidae) to control crop pests. *Acta zool. Fennica* 209 : 153-156.
- McEWEN P.K., NEW T.R., and WHITTINGTON A.E., 2001. *Lacewing in the crop environment*. Cambridge University Press. 546 pp
- OILB-SROP, 1974. Les organismes auxiliaires en verger de pommier. Première édition : 242 pp.
- NOYER C., CANARD M., 1993., Synthèse bibliographique sur la biologie de *Chrysoperla carnea*. Rapport de stage, Service Régional de la Protection des Végétaux "Midi-Pyrénées" : 40 pp.
- SOMMAGIO D., 1999. Syrphidae : can they be used as environmental bioindicators? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, Italy : 343-356.
- WYSS E., 1996. The effects of artificial weed strips and diversity and abundance of the arthropod fauna in a swiss experimental orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 60 : 47-59.

⁽¹⁾ Etude financée dans le cadre du projet interrégional "Agrobiologie Transmanche" établi entre le Nord Pas-de-Calais et le Kent. Ce projet regroupe les organismes suivants : le G.A.B.N.O.R., A. PRO. BIO, la F.R.E.D.E.C., le S.R.P.V. et H.R.I. (EastMalling).

Les auteurs remercient E. CLIN et D. COUSIN pour leur travail à la F.R.E.D.E.C. - G. REMAUDIERES du Museum National d'Histoire Naturel de Paris, P. REYNAUD du L.N.P.V. de Montpellier, J.P. SARTHOU de l'E.N.S.A.T. de Toulouse et M. CANARD de Toulouse pour leur contribution aux identifications.

FINCH, S., COLLIER, R.

Horticulture Research International
Wellesbourne
WARWICK
CV35 9EF
UK

SUMMARY

Research has shown that the numbers of pest insects found on crop plants are reduced considerably when the background of the crop is allowed to become weedy, when the crop is intercropped with another plant species or when the crop is undersown with a living mulch, such as clover. After studying how pest insects behave in undersown brassica crops, we suggest that it is simply the number of green objects surrounding the host plants that is the major factor that prevents the pest insects from finding their host-plants. Hence, increasing plant diversity within crops should help considerably to reduce pest insect numbers. Our work has shown that increasing plant diversity within the crop has the advantages of a broad-spectrum treatment, since it had a similar effect on all eight of the pest insect species tested. By selecting non-crop plants with the appropriate architecture and optimising the spatial arrangement of the crop and non-crop plants, it should be possible to optimise the effect of the background plants in pest control and at the same time minimize their competitive effects in reducing crop yield. As much of the work done to generate the new theory was based on detailed information on the cabbage root fly, comparable work is needed on the key pest species of other crops. The effects of increased plant diversity on predators and parasitoids should also be determined.

RESUME

Des travaux de recherche ont démontré que le nombre d'insectes nuisibles présents sur les plantes cultivées est considérablement réduit lorsque l'on permet aux mauvaises herbes de pousser parmi ces plantes, lorsque deux variétés de plantes sont semées de façon intercalée ou bien lorsque du trèfle par exemple est semé en couverture de la plante cultivée. Après avoir étudié la réaction d'insectes nuisibles sur des choux plantes avec du trèfle en couverture, nous pensons que le facteur déterminant qui empêche les insectes nuisibles de trouver leur plantes hôtes est simplement le nombre d'objets verts qui entoure la plante hôte. Ainsi, accroître la diversité des plantes parmi une culture donnée devrait considérablement réduire le nombre d'insectes nuisibles. Notre travail démontre qu'accroître la diversité des plantes parmi une culture donnée a tous les avantages d'un traitement non-spécifique, puisque cette diversification a eu un effet comparable sur les huit espèces d'insectes nuisibles étudiées. En sélectionnant des plantes non-commerciales avec une architecture appropriée et en optimisant l'agencement entre plantes cultivées et plantes non-commerciales, il devrait être possible d'optimiser l'effet de ces plantes «d'arrière-plan» dans la lutte contre les insectes nuisibles et en même temps de minimiser leur impact néfaste sur la récolte. Comme la plupart du travail effectué pour générer cette nouvelle théorie était basé sur des informations détaillées concernant la mouche du chou, un travail similaire est nécessaire pour les insectes nuisibles clefs des autres cultures. Les effets de la diversification des plantes parmi une culture donnée sur les prédateurs et les parasites doivent aussi être évalués.

INTRODUCTION

Many researchers have shown that the numbers of pest insects found on crop plants are reduced considerably when the crop is allowed to become weedy, is intercropped with another plant species, or is undersown with a living mulch. Examples of this effect in horticultural crops include: 1) the use of clover mulches to reduce the numbers of fly, beetle, caterpillar and aphid pests colonising brassicas, 2) the use of clover mulches to reduce thrips colonisation in leeks and 3) the manipulation of weeds to reduce aphid colonisation in red beet. It has been suggested that the pest insects are disrupted from colonising such crops by the non-host plants producing 1) physical obstruction, 2) visual camouflage, 3) "masking" the host-plant odours, 4) "deterrent" chemicals, or by 5) altering the physiology of the host plants. Other authors have suggested that more pest insects are found in monocrops because the host-plants are more concentrated and fewest in diverse plantings because such areas arrest high numbers of beneficial predatory insects.

EFFECTS OF INCREASED PLANT DIVERSITY ON HOST-PLANT SELECTION

We did experiments to determine why fewer pest insects colonise brassica plants that are undersown with clover. Our data showed that undersowing had a similar effect on all eight of the pest species tested, even though they were from four different insect orders (flies, beetles, moths/butterflies, aphids). The effect was produced also when the host plants were surrounded by sheets of green paper or plant models made from green card, neither of which were releasing plant chemicals. It seems that the disruption to host-plant selection is caused simply by providing the insect with a greater number of green surfaces on which to land.

Our observations lead us to suggest that the host plant selection process occurs as follows:

1. Plant odours stimulate searching insects to land.
2. The insects land on any green object (but avoid brown objects such as bare soil). They do not differentiate between the greens, or the odours, of host and non-host plants. Therefore the insects may land on a host plant (appropriate landing) or on clover (inappropriate landing). The insects that make inappropriate landings fly off the plant and may repeat the process, or they simply leave the area.
3. Once an insect lands on a host plant it then assesses the suitability of the plant using chemical receptors on its feet and mouthparts. This may involve the insects making short flights from leaf to leaf. On plants surrounded by bare soil, most of the insects land back on the same plant (appropriate landing). On plants surrounded by clover, some insects land on the clover (inappropriate landing) and then leave.

In one experiment, from 100 landings/plant made by female cabbage root flies in both situations, more (36) female flies laid eggs alongside host plants growing in bare soil than around host plants surrounded by non-host plants (7).

OPTIMISING THE EFFECT

From a crop protection standpoint, the more non-host plants removed from any crop area, the greater chance an insect has of finding a host plant. Hence, our current cultural methods are exacerbating our pest control problems, as "bare-soil" cultivation ensures that crop plants are exposed to the maximum pest insect attack possible in any given locality. Our appropriate/inappropriate landing theory indicates that it is just the number of green objects surrounding a host-plant that reduces colonization by pest insects. Hence, future work is needed to quantify the type of plant architecture needed in the surrounding plants to reduce pest insect numbers in any given crop. Apart from selecting background plant species that will reduce pest insect numbers in selected crops, work will be required also to select plant species that cause the least reduction in yield to the harvested crop plants.

COMPANION PLANTING

There is also a need to obtain a better understanding of “companion planting”, a practice used frequently by organic growers. There is no scientific evidence that the odours from highly aromatic "companion" plants can actually deter pest insects. Work is required, therefore, to determine how these aromatic plants produce their effects. Such effects are usually apparent only when the "companion" plants are large compared to the crop plants. Hence, the differences recorded may simply be a reflection of appropriate/inappropriate landing and again have little to do with volatile chemicals, no matter how pungent the plant odours may seem to proponents of this approach.

WILD HOST PLANTS

The “appropriate/inappropriate landing” theory also explains why wild host-plants growing surrounded by natural vegetation are rarely decimated by pest insects. However, low numbers of "pest" insects do develop on wild host-plants. Future work is required, to determine what proportion of any given “pest” population develops on wild-host plants and whether such plants, form what is known as the “green bridge”, and provide "pockets" of insects that readily switch back to the cultivated crop plants. If they do not, or if numbers from wild host-plants are low, then it should be possible to control certain pest insects by growing the new and old crops sufficiently far apart to "effectively isolate" the new crop from the earlier infestation.

BIOLOGICAL CONTROL

Work is required also to determine whether increased plant diversity influences the overall distribution of the parasitoids of pest species. It is well-documented that they use chemical cues to locate their host insects. Similarly it is important to find out whether predation is higher on infested plants surrounded by non-host plants than on plants surrounded by bare soil.

DISCUSSION

As much of the work done to generate the new theory was based on detailed information on the cabbage root fly, comparable work is needed on key pest species of brassica and other crops to show whether our theory is as robust as we believe. The natural progression then would be to determine whether our theory applies also to host-plant selection by 1) generalist insects that feed on a wide, but selected, range of plant species, and by 2) specialist insects that feed on plant families other than the Cruciferae.

RECHERCHE SUR LE PARASITISME DU PUCERON CENDRÉ DU POMMIER (*DYSAPHIS PLANTAGINEA*) AVEC L'UTILISATION DU SORBIER (*SORBUS AUCUPARIA*) COMME PLANTE-RÉSERVOIR

BRIBOSIA E., BYLEMANS D., MIGON M. & VAN IMPE G.

CRF – Centre Royal de Recherches de Gorssem
De Brede Akker 13
3800 Saint-Trond
Belgique

SUMMARY

The rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* is a recurrent apple pest against which most organic apple growers are virtually unarmed. The development of a sustainable non-chemical control method would be most welcome from fruitgrowers working in areas usually prone to rosy apple aphid infestations.

The potentialities of predators have been evaluated in several research projects but little attention has been paid to parasitoids so far. Somehow, we think these natural enemies may prove particularly promising biocontrol agents because of their abilities to parasitize immature fundatrices in early spring.

In commercial apple orchards, parasitoid populations usually are too low to keep the pest under its economical damage threshold and surviving aphids rapidly reach uncontrollable levels. Given the open boundaries of the orchard agroecosystem, introducing mass-bred parasitoids should not be considered but priority be given to increasing indigenous parasitoid reproduction opportunities. This could be achieved through the introduction of particular plant species harbouring alternative hosts for *D. plantaginea* parasitoids such as the rowan tree *Sorbus aucuparia*.

RESUME

Le puceron cendre du pommier, *Dysaphis plantaginea*, est un redoutable ravageur susceptible d'infliger de lourdes pertes aux fruiticulteurs soucieux d'éviter l'usage de pesticides non sélectifs vis-a-vis de la faune auxiliaire. Pour de nombreux fruiticulteurs cultivant dans des régions régulièrement affectées par ce ravageur, la mise au point d'une méthode de lutte non chimique serait la bienvenue.

L'utilisation d'ennemis naturels en vue de contrôler le puceron cendré a déjà fait l'objet de certaines études mais le rôle joué par les parasitoïdes a souvent été laissé sous silence. Or, ces aphidiphages nous semblent particulièrement prometteurs étant donnée la faculté qu'ils ont de parasiter les fondatrices immatures en tout début de saison. En culture intensive de pommes, les populations de parasitoïdes sont néanmoins insuffisantes pour contrôler la totalité des fondatrices et les pucerons survivants deviennent rapidement la source d'une infestation généralisée de l'arbre. Le verger de pommiers constituant un agroécosystème ouvert, priorité doit être accordée aux méthodes visant un accroissement des populations indigènes de parasitoïdes et non pas à l'introduction d'auxiliaires issus d'élevages de masse. L'une de ces méthodes consiste à aménager le verger au moyen d'essences hébergeant des pucerons-hôtes alternatifs pour les parasitoïdes de *D. plantaginea* telles que le sorbier des oiseleurs, *Sorbus aucuparia*.

PROBLÉMATIQUE POSÉE PAR LE PUCERON CENDRÉ DU POMMIER

Le puceron cendre du pommier, *Dysaphis plantaginea*, est un redoutable ravageur contre lequel le cultivateur de pommes biologiques n'a que peu de recours s'il souhaite intervenir tout en épargnant la faune auxiliaire. Malgré les espoirs portés dans le développement de systèmes prévisionnels (afin de juger de l'opportunité d'un traitement préventif), l'étendue des infestations reste encore largement imprévisible et ne devient clairement observable qu'à un stade où les jeunes fruits ont déjà sérieusement souffert de la présence du ravageur.

En culture intégrée de pommes, ce ravageur peut également surprendre le fruiticulteur et lui infliger de lourdes pertes de rendement. L'avenir de la lutte chimique est d'ailleurs plutôt sombre car l'usage intensif en Europe d'un aphicide tel que le pirimicarbe a été suivi d'un nombre actuellement toujours croissant de cas de populations résistantes à cette matière active. Il est fort probable qu'un scénario similaire soit en train de se préparer avec l'unique alternative chimique efficace aujourd'hui disponible, à savoir l'imidaclopride. La recherche d'une méthode de lutte alternative contre ce ravageur notoire nous semble pleinement justifiée dans un pareil contexte.

POSSIBILITÉS EN LUTTE BIOLOGIQUE

La lutte biologique contre un puceron ravageur tel que *D. plantaginea* peut être envisagée sous divers angles : lutte "biochimique" utilisant des substances insecticides d'origine végétale, lutte microbiologique au moyen de champignons entomopathogènes tels que les entomophthorales, introductions d'auxiliaires prédateurs et parasitoïdes ou aménagement de l'environnement végétal du verger en vue de favoriser l'action des aphidiphages indigènes. Nos travaux portent sur cette dernière option mais dans un contexte assez différent de celui habituellement rencontré : non pas augmenter la diversité végétale en vue d'accroître l'activité d'une large gamme d'auxiliaires aphidiphages mais plutôt sélectionner en priorité les espèces végétales adéquates pour la reproduction des parasitoïdes de *D. plantaginea*.

PARASITISME DU PUCERON CENDRÉ

Dans nos vergers, *D. plantaginea* est essentiellement parasité par *Ephedrus persicae*, un hyménoptère de la famille des Braconidae et de la sous-famille des Aphidiidae. Les pucerons sont parasités au stade larvaire et ce n'est que lorsque la larve du parasitoïde achève son dernier stade de développement que l'hôte est finalement tué et prend l'aspect d'un puceron "momifié" de couleur noire. L'éclosion du parasitoïde a lieu de trois semaines à un mois après la ponte dans le puceron, ceci en fonction de la température.

Plusieurs centaines de pucerons peuvent être éliminées par une seule femelle d'*E. persicae* mais la contribution des parasitoïdes indigènes dans le contrôle des populations de pucerons cendrés semble à première vue insignifiante comparativement à certains prédateurs aphidiphages capables d'anéantir des colonies entières en été. Or, des observations réalisées en élevages et sur le terrain ont révélé que les fondatrices immatures de *D. plantaginea* peuvent être attaquées par les parasitoïdes reprenant leur activité en début de saison. L'élimination des fondatrices avant qu'elles n'aient eu la possibilité de déposer leur progéniture est bien entendu le gage d'un contrôle réussi du puceron cendré ; il s'agit du stade à privilégier en cas d'utilisation de pesticides (naturels ou de synthèse) de même que si l'on a recours à une lutte biologique au moyen d'auxiliaires aphidiphages.

COMMENT ACCROÎTRE LE TAUX DE PARASITISME ?

Bien qu'il soit établi qu'une certaine proportion de fondatrices se fait effectivement parasiter, ce contrôle biologique - même précoce - s'avère ultérieurement sans conséquences vu l'abondance (plus de 100 larves) et la mobilité de la progéniture des fondatrices survivantes.

La richesse d'un verger en parasitoïdes au printemps dépend naturellement de la présence d'hôtes adéquats leur ayant permis de se reproduire la saison précédente. Sachant que les attaques de pucerons cendrés en vergers varient fortement d'une saison à l'autre et que tout est mis en oeuvre du point de vue phytosanitaire afin d'éviter la présence du ravageur, *E. persicae* se trouve dans l'impossibilité d'établir une population stable et conséquente.

Si l'on souhaite permettre à *E. persicae* de se reproduire dans le verger et d'y accroître ses effectifs indépendamment du puceron cendré, il est crucial de lui proposer des espèces alternatives de pucerons susceptibles de se substituer à l'hôte ravageur sur pommier. Outre *D. plantaginea*, plus de quarante espèces de pucerons sont répertoriées au sein du spectre d'hôtes d'*E. persicae*. Malgré la diversité des genres repris dans ce spectre, des essais de transferts d'hôtes réalisés en cages ont montré que les espèces du genre *Dysaphis* étaient mieux appropriées pour la reproduction des parasitoïdes du puceron cendré (Bribosia *et al.*, sous presse). Ces résultats semblent indiquer que l'espèce *E. persicae* communément décrite sur base de critères morphologiques comprendrait en réalité différentes populations de parasitoïdes se distinguant par les hôtes effectivement parasités.

AMÉNAGEMENT DU VERGER DE POMMIERS

L'aménagement du verger au moyen des essences-hôtes pour les diverses espèces du genre *Dysaphis* rencontrées dans nos régions a pour objectif d'assurer la reproduction d'*E. persicae* au sein même du verger, et d'assurer ainsi un accroissement significatif du parasitisme des fondatrices de *D. plantaginea*. Parmi les essences (ou "plantes-relais") envisageables, le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) hébergeant le puceron *D. sorbi* est celle dont l'aménagement dans l'environnement d'un verger de pommiers nous paraît le plus réaliste. Des essais réalisés en cages de terrain comprenant simultanément des colonies de *D. plantaginea* et de *D. sorbi* n'ont pas pu mettre en évidence une préférence d'*E. persicae* pour l'un ou l'autre des hôtes proposés (Bribosia *et al.*, sous presse) ; ces résultats encourageants nous autorisent à considérer *D. sorbi* comme un hôte-réservoir prometteur pour *E. persicae*.

Contrairement à une tendance habituelle visant à privilégier la diversification des essences, nous insistons, du moins dans le cadre de cette étude, sur la nécessité de procéder à un aménagement monospécifique de la plante-relais sélectionnée. Le but d'une telle mesure écologique de prime abord peu orthodoxe est de tourner à notre avantage la sensibilité de la monoculture pour les ravageurs phytophages (le puceron *D. sorbi* en l'occurrence). Une superficie densément plantée de sorbiers constitue, à l'image du verger de pommiers, un milieu particulièrement propice à la multiplication des pucerons et peut jouer efficacement le rôle "d'unité ouverte d'élevage" d'*E. persicae*. La mobilité des parasitoïdes de pucerons implique que de tels aménagements ne doivent pas se limiter au verger individuel mais se concevoir plutôt à une échelle régionale. La mise en place et la gestion de véritables petits vergers de plantes-relais régulièrement répartis au sein de la zone fruitière pourraient être entrepris par quelques fruiticulteurs enthousiastes sous l'impulsion d'une prime d'encouragement. S'il est clair que les cultivateurs faisant le pas en tireront le meilleur bénéfice pour la protection de leur propre verger, de telles mesures agri-environnementales doivent contribuer à enrichir l'ensemble de la région en parasitoïdes et en faire profiter la profession toute entière.

REFERENCES

BRIBOSIA, E., D. BYLEMANS, G. VAN IMPE & M. MIGON, sous presse. *Assessing the suitability of alternative host aphids for Ephedrus persicae Froggatt (Hymenoptera : Braconidae), the main parasitoid attacking Dysaphis plantaginea (Passerini) (Homoptera : Aphididae) in Belgian apple orchards. Proceedings of The Sixth International Symposium on Aphids, Rennes (France), 3-7 September 2001.*

RECHERCHE DE STRATEGIE DE LUTTE CONTRE L'ANTHONOME DU POMMIER (*Anthonomus pomorum* L.) EN VERGER DE PRODUCTION BIOLOGIQUE

OSTE-LEDEE S., DESPREZ M.C., DETOURNE-EMERY D.

F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais
(Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures)
21, rue Becquerel B.P 74
62750 Loos-en-Gohelle

RESUME

Un programme d'études sur l'anthonome du pommier a été mis en œuvre par la F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais dans le cadre du programme interrégional « Agrobiologie Transmanche ». Ce programme vise à acquérir des références sur la biologie et la dynamique de population de ce ravageur, et à rechercher des stratégies de lutte en production biologique.

Une recherche bibliographique a permis de recenser les techniques de lutte existantes, les méthodes d'évaluation en verger.

Un suivi de population en vergers a permis d'évaluer la dynamique de population du charançon et de déterminer les périodes à haut risque de dommages pour les pommiers. Enfin, des tests en laboratoire, en tour de Potter, ont permis de tester l'efficacité de plusieurs substances actives sélectionnées à partir de la recherche bibliographique. Une spécialité à base de pyrèthre et une, associant la roténone au pyrèthre, testées à une température de 10°C, ont montré la meilleure efficacité dans les conditions de laboratoire. Ces tests sont à renouveler pour confirmer les résultats qui ne peuvent être utilisés en vue de préconisations.

SUMMARY

An investigation programme about the apple blossom weevil was set up by the F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais within the framework of the transborder Interreg project « Agrobiologie Transmanche » (Kent, England). This programme aimed for obtaining some references about biology and population dynamics of the pest and some control strategies in organic production.

A bibliographical search allowed to make an inventory of the existing control technologies and estimation methods in orchards.

A population monitoring in orchards estimated dynamics population of the weevil and determined the high-risk damages periods for the apple-trees. Lastly, several products from the bibliographical search underwent efficiency tests in laboratory, in Potter tower. A pyrethrum-based product and an other one with pyrethrum and rotenone, tested at 10° Celcius, showed the best efficiency in laboratory conditions. This tests will have to be repeated to confirm this results that can't be used as recommendation.

INTRODUCTION

La F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais a mis en place un programme d'études sur l'anthonome du pommier dès 2000 dans le cadre du projet interrégional « Agrobiologie Transmanche » établi entre le Nord Pas-de-Calais et le Kent. Ce projet regroupe pour le versant français : le G.A.B.N.O.R.* (coordinateur du dossier), A.P.R.O.B.I.O.* et la F.R.E.D.E.C.*. Le S.R.P.V.* y est également associé. Pour le versant anglais, le partenaire est H.R.I.*. Pour la F.R.E.D.E.C. , le programme est financé pour moitié par la région Nord Pas-de-Calais et pour l'autre moitié par l'Europe.

L'anthonome figure parmi les ravageurs causant de sérieux dégâts en verger de production biologique, mais actuellement aucune stratégie de lutte réglementée n'existe. L'objectif de ce programme est ainsi de rechercher des stratégies de lutte compatibles avec le cahier des charges de production biologique.

Une première phase de recherche bibliographique initiée par la F.R.E.D.E.C. a permis de regrouper des références sur le ravageur tant sur la biologie, les techniques de luttés envisageables que sur les substances actives utilisables et autorisées au cahier des charges de production biologique.

Durant deux campagnes, en 2000 et 2001, des suivis de population ont été menés en verger de production biologique afin d'évaluer la dynamique de population du charançon.

Des tests ont également été conduits en laboratoire afin de déterminer l'efficacité de différentes substances actives sur le ravageur.

RAPPEL DE LA BIOLOGIE DE L'ANTHONOME DU POMMIER

Le cycle du ravageur comprend une phase d'hivernation (sous les écorces des pommiers, dans l'environnement du verger) (Assoignons, 1945 ; Jorandon et Corroyer, 1998). A la sortie de l'hiver, dès que la température atteint 9°C pendant plusieurs jours, les adultes sortent de manière échelonnée.

Les anthonomes s'accouplent et des œufs sont pondus dans les boutons floraux (un œuf par fleur). Pour les variétés à floraison homogène comme la Boskoop, la période d'attaque potentielle est de 7 à 10 jours contre 15 à 20 jours pour les variétés à floraison échelonnée (Reinette du Mans). La ponte peut avoir lieu jusqu'aux stades C-D (Assoignons, 1945 ; Balachowsky, 1963).

Après incubation des œufs qui varie de cinq à douze jours selon la température, les larves se développent durant trois à quatre semaines aux dépens des étamines, des stigmates, des bases des pétales (Assoignons, 1945). Les fleurs attaquées ne s'ouvrent pas, se dessèchent, ce qui donne un symptôme caractéristique de clou de girofle.

Aux alentours du stade H, la larve passe en nymphose pour une durée de huit à dix jours après laquelle l'adulte s'échappe de la fleur attaquée.

SUIVI DE LA DYNAMIQUE DE POPULATION DE L'ANTHONOME EN VERGERS

L'évaluation des niveaux de population d'anthonomes est indispensable à la mise en place d'une lutte en verger.

La technique du frappage (100 frappages réalisés à raison de 2 frappages / arbre sur 50 arbres) est actuellement la méthode de suivi la plus fiable qui permette de détecter avec précision la sortie d'hivernation des premiers adultes et de déterminer les dates de dépassement des seuils d'intervention (seuil de 30 adultes / 100 frappages).

◆ Suivi de population

Un suivi de population a été entrepris de février à juillet sur deux années (du 1^{er} février au 6 juillet 2000 ; du 5 février au 11 juillet 2001).

En 2000, trois variétés à floraison échelonnée (Delbarestivale – Idared – Melrose) ont été suivies dans un verger du secteur de St Amand-les-Eaux, où les niveaux d'attaques en 1999 variaient de 40% de bourgeons attaqués sur variétés tardives à 90% sur variétés plus précoces.

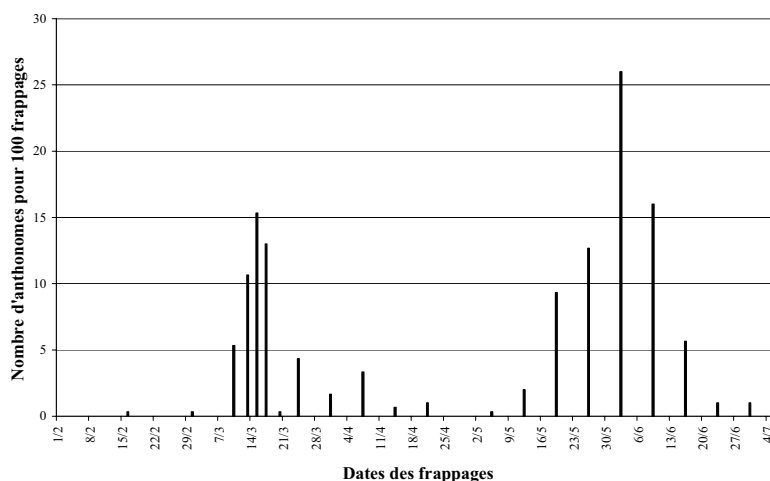
En 2001, trois variétés ont été étudiées dans deux vergers distincts : toujours le verger de référence de St Amand-les-Eaux et un verger situé sur le secteur de Trélon pour lequel des premières attaques ont été décelées par le producteur en 2000. Les variétés suivies ont été Delbarestivale (pour les deux vergers), Idared (verger de St Amand-les-Eaux) et La Paix (verger de Trélon).

Des contrôles hebdomadaires (100 frappages par variété) ont été réalisés sur ces deux vergers.

Sortie d'hivernation

En 2000, les premiers adultes ont été observés le 16 février sur Idared (un seul individu observé) et le 1^{er} mars sur Melrose (un seul adulte). Ces émergences ponctuelles se sont confirmées par une sortie plus massive des adultes à partir du **10 mars** avec une moyenne de 5.3 anthonomes pour 100 frappages.

En 2001, les premières émergences ont été observées dans le verger de St Amand le **12 mars** à la fois sur Delbarestivale (1 individu) et sur Idared (7 adultes). Pour le verger de Trélon, les premiers adultes ont été détectés le **15 mars** sur Delbarestivale et le **11 avril** sur La Paix. La sortie d'hivernation plus tardive est vraisemblablement liée aux caractéristiques de la variété La Paix qui présente une phénologie décalée (stade F entre le 17 et 23 mai en 2001 contre le 10 mai sur Delbarestivale).



Graph 1 : Evolution de la dynamique de population de l'anthomyde sur le verger de St Amand – Année 2000 (moyenne des trois variétés observées)

Pic de population

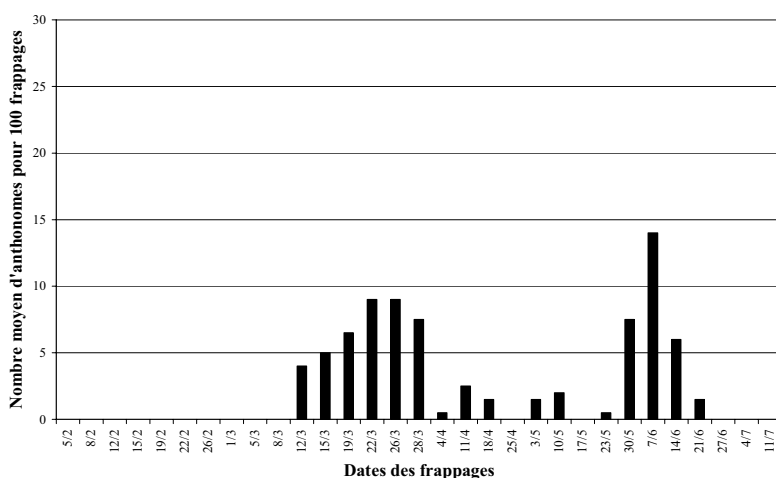
En ce qui concerne son cycle biologique, l'anthomyde présente une génération hivernante (adultes hivernants) et une génération dite estivale (adultes issus des pontes de printemps).

En 2000, le pic de la génération hivernante a été détecté le **15 mars** sur Delbarestivale (stade C) et le **17 mars** sur Idared (stade C).

En 2001, dans le même verger d'étude, le pic d'activité de la génération hivernante a été observé le **26 mars** sur Delbarestivale (stade C-D) et le **28 mars** sur Idared (stade D). Les pics d'activité semblent suivre les stades phénologiques : le décalage de la phénologie de 2001 (retard de 7 à 14 jours en moyenne par rapport à l'année 2000) semble ainsi se répercuter sur l'activité du ravageur.

Quant à la génération estivale, un pic d'activité a été observé dans le verger de St Amand les **9 juin 2000** et **14 juin 2001** sur Delbarestivale et les **2 juin 2000** et **7 juin 2001** sur Idared.

Dans le secteur de Trélon, le pic d'activité sur les variétés Delbarestivale et La Paix a été respectivement observé les **14** et **21 juin 2001**.

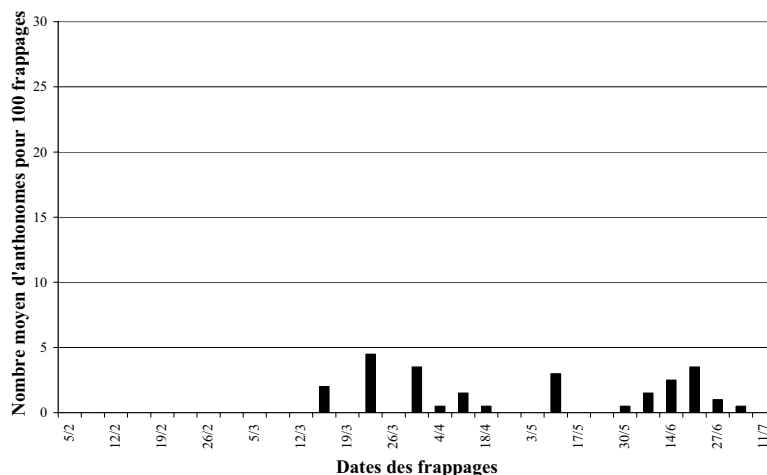


Graph 2 : Evolution de la dynamique de population de l'anthomyde sur le verger de St Amand – Année 2001 (moyenne des deux variétés suivies)

Fin de la période d'activité

En 2000, les derniers adultes ont été observés le **30 juin**.

En 2001, la fin de la période d'activité a été enregistrée le **21 juin** sur St Amand, et le **4 juillet** sur Trélon.



Graphe 3 : Evolution de la dynamique de population de l'anthomyde sur le verger de Trélon – Année 2001 (moyenne des deux variétés suivies)

Niveau de population

Si l'on raisonne en terme de cumul d'anthomydes observés, le niveau de population du verger de référence (St Amand) est nettement plus élevé que celui du verger de Trélon suivi pour la première fois en 2001. Toutes variétés confondues, 157 anthomydes ont été observés sur St Amand contre 50 pour Trélon.

Hormis le facteur parcellaire, le niveau de population des anthomydes varie également selon la génération (GH ou GE) et la variété. Ainsi, la variété Idared a hébergé 58.9% du nombre total d'anthomydes recueillis au sein des deux vergers. Cette forte pression, sur la variété Idared, est vraisemblablement à associer à la présence, à proximité des rangs suivis, d'une pépinière abandonnée pouvant faire office de refuge pour l'hivernation. De plus, la variété Idared a toujours été la plus touchée de ce verger en terme de dégâts d'anthomydes. A l'inverse, pour la variété La Paix, seuls 10.6% des anthomydes observés sur la campagne y ont été détectés.

Enfin, dans les conditions de l'année 2001, la part de la génération hivernante a été de 57.5% des individus observés sur l'ensemble de la campagne. Ce constat pourrait s'expliquer par la limitation du développement des anthomydes en GE en raison, probablement, de l'intervention des producteurs des deux vergers suivis.

Pour le verger de St Amand, suivi sur les deux campagnes, il faut noter une diminution du niveau de population entre 2000 et 2001. Sur Delbarestivale, le cumul est passé de 103 charançons en 2000 à 35 en 2001. Sur Idared, 169 anthomydes ont été détectés en 2000 contre 122 en 2001.

Cette variation peut être liée à deux facteurs :

- le faible nombre de bouquets floraux sur Delbarestivale en 2001 qui aurait moins facilité l'attraction des anthomydes
- la régulation progressive des niveaux de population d'anthomydes liée aux traitements à base d'insecticides végétaux appliqués par le producteur en 2000 et 2001.

♦ Estimation des dégâts

Des notations sur bouquets floraux, aux stades G-H, ont été réalisées afin de déterminer l'intensité d'arbres touchés par variété et le taux d'infestation moyen par arbre et par variété.

Pourcentage d'arbres touchés

En 2000, la quasi-totalité des arbres suivis étaient touchés et le taux d'attaque variait de 90% à 98% selon les variétés.

En 2001, les taux d'attaque sont très proches : ils varient de 80% (Delbarestivale) à 100% (Idared) pour le verger de St Amand et de 84% (La Paix) à 90% (Delbarestivale) pour le verger de Trélon.

Taux d'infestation par arbre (part des bouquets floraux touchés sur le nombre total de bouquets)

Pour St Amand, l'infestation moyenne est, en 2001, de 43% sur Idared (29% en 2000) et de 31% sur Delbarestivale (14% en 2000). L'infestation sur Idared est très importante mais elle reste tolérable dans le contexte de l'année 2001 où un potentiel important en terme de nombre de fleurs a été observé. La part moyenne des attaques a alors été considérée comme un éclaircissage naturel. Par contre, le niveau d'attaque sur Delbarestivale est plus problématique car cette variété se situait en année d'alternance en 2001.

A Trélon, l'infestation est moins importante, variant de 10% sur La Paix à 13% sur Delbarestivale.

Entre 2000 et 2001, l'augmentation du taux d'infestation par arbre est liée à la part des bouquets floraux qui est plus faible en 2001 alors que la part des bouquets floraux attaqués reste, elle, constante d'une année sur l'autre. Ce niveau d'attaque peut également être attribué à l'absence de protection durant le début de l'activité des anthonomes (intervention les 30 mars et 1^{er} avril 2001, respectivement à St Amand et Trélon soit après le pic d'activité du ravageur).

ESSAIS EN LABORATOIRE

◆ Matériel et méthode

Des tests ont été effectués en tour de Potter pour déterminer l'efficacité de substances actives sélectionnées à partir des données bibliographiques.

Sur les deux années d'étude, 4 substances actives ont été testées : la roténone (3 l/ha), le pyrèthre (1.5 l/ha), l'azadirachtine (0.8 l/ha) et une association roténone – pyrèthre (3.5 l/ha).

Aucune référence de laboratoire n'existant pour l'anthonome, la technique adoptée pour ces essais s'est calquée sur celle utilisée sur pucerons. Une gamme de six concentrations a été appliquée sur deux répétitions de 10 individus : DE (dose d'emploi), 4 DE, ¼ DE, 1/16 DE, 1/64 DE et 1/256 DE ainsi qu'un témoin (eau).

La température d'incubation testée a été de 10°C en 2001, de 15 et 20°C en 2000 (et 10°C pour le pyrèthre).

Les mortalités ont été relevées après 24, 48 et 72 heures.

◆ Résultats

Les résultats sont exprimés avec la dose létale 50 (DL 50) et le calcul du rapport DE/DL 50 (tableau 1). Si l'on adopte les mêmes interprétations que pour les tests sur pucerons, il faut que la mortalité observée au 1/16ème de la dose d'emploi soit supérieure à 50% et celle observée au ¼ de la dose d'emploi soit égale à 100%, pour espérer une bonne efficacité en parcelle. De même, le rapport DE/DL 50 doit être supérieur à 20 pour espérer une bonne efficacité au champ (Delorme et al., 1987).

| | T°C d'incubation | DL 50 (l / ha) | DE / DL 50 |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| Roténone (2000) | 15 | 1.815 | 1.65 |
| | 20 | 0.667 | 4.50 |
| Roténone (2001) | 10 | 0.31 | 9.68 |
| Pyrèthre (2000) | 15 | 0.152 | 9.84 |
| | 20 | 0.155 | 9.65 |
| | 10 | 0.055 | 27.38 |
| Pyrèthre (2001) | 10 | 0.026 | 57.69 |
| Azadirachtine (2000) | 15 | indéterminée | - |
| | 20 | indéterminée | - |
| Pyrèthre – Roténone (2001) | 10 | 0.064 | 54.69 |

Tableau 1 : Récapitulatif des DL 50 et des rapports DE / DL 50 pour les trois substances actives testées sur anthonome à 10, 15 ou 20°C.

La DL 50 n'a pu être déterminée pour l'azadirachtine quelle que soit la température d'incubation. Cette substance active n'aurait donc aucune efficacité sur la population d'anthonomes testés.

Pour la roténone, les rapports DE / DL 50 sont toujours inférieurs à 20 quelle que soit la température, ce qui laisse supposer une efficacité limitée.

Le rapport DE / DL 50 le plus important a été observé sur pyrèthre et sur l'association roténone-pyrèthre.

Pour le pyrèthre, les résultats obtenus en 2001 confirment les premières observations de l'année 2000. Cette substance active pourrait être retenue pour engager une expérimentation en verger.

Pour l'association pyrèthre - roténone, de nouveaux tests en laboratoire seraient nécessaires pour confirmer les premières tendances.

CONCLUSION

Au travers du programme interrégional mis en œuvre sur deux années, de nombreuses références ont pu être acquises sur l'anthonome.

D'une part, ces avancées ont permis d'acquérir une meilleure connaissance du ravageur au travers du suivi de population en verger et grâce à la recherche bibliographique.

Des tests en laboratoire ont permis de déterminer une efficacité correcte du pyrèthre et de l'association pyrèthre – roténone à 10°C.

Ces avancées demandent à être confirmées tant au niveau de l'établissement de la dynamique de population du ravageur qu'au niveau des stratégies de lutte.

Une poursuite du programme d'études est donc envisagée avec de nouveaux tests en laboratoire, des expérimentations en vergers, des suivis de population. Le partenariat avec H.R.I. sera développé avec une implication au niveau de la recherche de méthodes de détection des anthonomes par l'utilisation de phéromones.

Ces résultats ne peuvent être utilisés en vue de préconisation.

* G.A.B.N.O.R. – Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord Pas-de-Calais

* A.P.R.O.B.I.O. – Association pour la Promotion des Produits Biologiques

* F.R.E.D.E.C. – Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures

* S.R.P.V. – Service Régional de la Protection des Végétaux

* H.R.I. – Horticulture Research International

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSOIGNONS F.J., 1945. L'anthonome du pommier. In : *Arbres et Fruits* numéro 2 et 3, 62.

BALACHOWSKY A., 1963. Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome I : Coléoptères, p. 1150-1167, Masson et Cie Editeurs.

JORANDON J.M. et CORROYER N., 1998. Les anthonomes du pommier et du poirier. In : *Arbo Bio Infos* n°24.

DELORME R., AUGÉ D., BOUCHERY Y., CLOQUEMIN G., 1987. Détection et caractéristiques des souches résistantes de *Myzus persicae* (Sulzer). ANPP, première conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, 1-3 décembre 1987, p. 227-236.

IDENTIFYING SEMIOCHEMICAL ATTRACTANTS FOR THE APPLE BLOSSOM WEEVIL, *ANTHONOMUS POMORUM*

INNOCENZI P.^{1,2}, CROSS J.¹, JAY C.¹ AND HALL D.²

¹ Horticulture Research International, East Malling, West Malling, Kent ME19 6BJ

² Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Kent ME4 4TB

SUMMARY

Several species of the weevil genus *Anthonomus* are known to produce aggregation pheromones and be attracted to host-plant volatiles. Work was initiated to identify possible semiochemical attractants for the apple blossom weevil, *Anthonomus pomorum*, a damaging pest of apples. Live baiting studies and volatile comparisons of the sexes failed to highlight any intraspecific attraction or chemicals typical of previously identified pheromones within the genus. However, several electrophysiologically active chemicals were identified in volatile collections from weevils on apple foliage, one of which, geraniol, is a previously reported pheromone component within the genus.

RESUME

Plusieurs espèces d'anthonomes du genre *Anthonomus* sont réputées pour leur production de phéromones d'aggrégation ainsi que pour leur attirance vis-à-vis des volatiles émis par des plantes hôtes. Des travaux de recherche ont été initiés afin d'identifier des substances chimiques ayant un effet d'attraction sur l'anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum*), ravageur important des vergers de pommiers. Des études avec des appâts vivants et des comparaisons de volatiles émis par les deux sexes, n'ont pas permis de relever une attraction intraspécifique, ni d'identifier des composants chimiques typiques de phéromones émises par ce genre. Cependant, plusieurs composants chimiques actifs de façon électro-physiologique ont été identifiés dans les collections de volatiles effectuées sur des anthonomes trouvés sur feuilles de pommiers. Un de ces composants, le géraniol, a déjà été reporté en tant que composant de phéromone spécifique à ce genre.

INTRODUCTION

The apple blossom weevil, *Anthonomus pomorum*, is a major pest of apples throughout the UK, North Africa and continental Europe. Adult oviposition and subsequent larval feeding damages the individual flower buds and prevents fruiting (Brown et al., 1993). Males of several related weevil species, including *A. grandis* and *A. rubi*, have been shown to produce aggregation pheromones that attract both sexes of the same species (Tumlinson et al., 1969; Innocenzi et al., 2001). Other species in the Family, *Conotrachelus nenuphar* and *Rhynchophorus palmarum*, although producing pheromones, also show strong attraction to host plant volatiles (Leskey and Prokopy, 2001; Rochat et al., 2000). Kalinova et al (2000) showed that *A. pomorum* was preferentially attracted to certain apple cultivars, which was attributed to qualitative and quantitative differences in volatile emissions. Further work identified four electrophysiologically active chemicals using gas chromatography linked to electroantennography (GC-EAG). The aim of this work was to identify pheromones and/or host-plant kairomones of the apple blossom weevil for use in monitoring and control programs

MATERIALS AND METHODS

Trapping experiments

Trapping experiments were carried out in apple orchards. A single, overwintered weevil was placed in a gauze bag next to apple buds. At intervals, numbers of weevils on live-baited branch were counted by the limb-jarring method (Toepfer et al., 1999), and compared with numbers on control branches, an empty gauze bag encapsulating several buds.

Collection of volatiles

Volatiles were collected from single weevils or groups of up to six weevils on apple foliage by drawing charcoal-filtered air over them and trapping volatiles on filters containing Porapak Q as adsorbent. The trapped volatiles were removed from the Porapak with dichloromethane for analysis.

Gas chromatography (GC) and mass spectrometry (MS)

Samples were analysed by GC on fused silica capillary columns coated with non-polar (CPSil5CB) or polar (CPWax52CB) stationary phases with flame ionisation detectors (FID). For GC-MS analyses, the GC column was coupled directly to an ion trap mass spectrometer operated in electron impact mode.

Electrophysiology

GC-EAG responses from a weevil immobilised in a plasticine block were recorded with microelectrodes filled with saline. The EAG preparation was used as a biological detector in GC analyses by splitting the outlet from the GC column equally between the FID and the insect preparation (Cork et al. 1990). Compounds showing activity in linked GC-EAG runs were further tested for their relative activity using EAG alone. Four additional compounds were included in the study, nerol, geranic acid, 3-carene and (Z)-3-hexenyl benzoate.

RESULTS AND DISCUSSION

Field trial results indicated no differences between numbers of *A. pomorum* approaching buds with live weevils and numbers approaching those without. The chemical identities of 22 volatile components from weevil and apple foliage were determined from their mass spectra and GC retention times. There were no obvious and consistent differences between GC profiles from apple foliage alone and foliage with weevils, suggesting that the weevils are not producing any compounds in the amounts that have been produced in similar work with other weevil species such as *A. rubi*. Furthermore, there were no obvious differences in collections from weevils designated as males or females. A large GC-EAG response was observed on occasions to an unidentified, minor component. Small GC-EAG responses were consistently observed to five components identified as methyl salicylate, geraniol, α -farnesene, benzyl alcohol and 2-phenylethanol. Geraniol and 2-phenylethanol were found to be the most EAG-active. α -Farnesene was unavailable for testing. Laboratory and field results to date provide no evidence that *A. pomorum* produces an attractive pheromone, although electrophysiological responses have been obtained to components of apple foliage as well as geraniol and 2-phenylethanol. One highly GC-EAG-active component remains unidentified. Future work will aim to identify this component as well as test the field attractancy of the GC-EAG active components.

ACKNOWLEDGEMENTS

Many thanks to Matthew Wilson of Robertsbridge for allowing use of his organic orchard for weevil collections and trapping trials. This work was funded by the East Malling Trust.

REFERENCES

- BROWN M.W., SZENTKIRALYI F. and KOZAR F. (1993). Spatial and temporal variation of apple blossom weevil populations (Col., Curculionidae) with recommendations for sampling. *Journal of Applied Entomology*, 115: 8-13.
- CORK, A., BEEVOR, P.S., GOUGH, A.J.E. and HALL, D.R. (1990). Gas chromatography linked to electroantennography: A versatile technique for identifying insect semiochemicals. pp. 271-279, in A.R. McCaffery and I.D. Wilson (eds.). *Chromatography and isolation of insect hormones and pheromones*. Plenum Press, London.
- INNOCENZI, P.J., HALL, D.R. & CROSS, J.V. (2001) Components of the male aggregation pheromone of the strawberry blossom weevil, *Anthonomus rubi* Herbst. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology*, 27: 1203-1218.
- LESKEY T.C. and PROKOPY R.J. (2001). Adult plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) attraction to fruit and conspecific odours. *Annals of the Entomological Society of America* 94: 275-288.
- KALINOVA, B., STRANSKY, K., HARMATHA, J., CTVRTECKA, R. and ZD'AREK, J. (2000). Can chemical cues from blossom buds influence cultivar preference in the apple blossom weevil (*Anthonomus pomorum*). *Entomologia experimentalis et applicata* 95: 47-52.
- ROCHAT D, NAGNAN-LE MEILLOUR, ESTEBAN-DURAN J.R., MALOSSE C., PERTHUIS B., MORIN J.P. A DESCOINS C. (2000). Identification of pheromone synergists in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum*, and attraction of related *Dynamis Borassi*. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 155-187.
- TOEPFER, S., GU, H. and DORN, S. (1999). Spring colonisation of orchards by *Anthonomus pomorum* from adjacent forest borders. *Entomologia experimentalis et applicata* 93: 131-139.
- TUMLINSON J.H., HARDEE D.D., GUELDER R.C., THOMPSON A.C., HEDIN P.A., and MINYARD J.P. (1969). Sex pheromones produced by male boll weevils: isolation, identification and synthesis. *Science*, 166: 1010-1012.

**POINT SUR LA RECHERCHE D'UNE STRATEGIE DE LUTTE CONTRE LA MOUCHE
DE LA CAROTTE (*Psila rosae*)
EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

LEGRAND M., ADAMCZAK J-Ph., OPIGEZ C.

F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais
(Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures)
21, rue Becquerel B.P.74
62750 LOOS-EN-GOHELLE

RESUME

La mouche de la carotte représente le principal problème sanitaire en maraîchage biologique après le désherbage dans le Nord Pas-de-Calais. La méthode couramment utilisée par les agriculteurs consiste à utiliser des voiles de type P17 de la levée à la récolte. Cependant, ces voiles perturbent le développement de la culture engendrant des baisses de rendement.

Quatre essais ont été mis en place en 2000 et 2001 afin de tester différentes modalités. Celles-ci ont pour but de protéger les cultures à l'aide des voiles uniquement à partir des périodes à risques de dégâts, déterminées par piégeage chromatique.

Les résultats confirment la nuisibilité des voiles posés systématiquement. La mise en place dès les premières captures ne semble pas non plus offrir le meilleur compromis. Les seuils de l'agriculture conventionnelle apportent une protection, encore perfectible, sans trop nuire au rendement.

Un système de prévision des vols, couplé à ces seuils permettrait sans doute d'optimiser la lutte contre la mouche de la carotte.

SUMMARY

Carrot fly is the main pest insect in Nord Pas-de-Calais after weeding in organic gardening. From levee to harvest, farmers are veiling their crops with P17 veil. Nevertheless, those veils upset carrot growth and cause bad yields.

Four trials have been carried out for two years (2000 and 2001) to find the best solution to reduce damage of the carrot fly to carrot crops. Our aim is to establish a potential risk for carrot crops by chromatic trapping and then set a « reasoned » protection up with veils.

Results confirm that systematical use of veils is harmful and using them from the first trap on is no better.

Thresholds used in conventional carrot production systems ensure a (perfectible) protection ; better yields will follow.

A fly forecast system, coupled to the thresholds could optimize carrot fly control. It will be test in 2002.

OBJECTIF

La mouche de la carotte, *Psila rosae* est l'un des principaux problèmes phytosanitaires rencontrés par les maraîchers biologiques après le désherbage. La lutte, à l'heure actuelle, consiste le plus souvent à utiliser des voiles type « P17 » tout au long de la période de végétation afin de protéger les cultures contre ce ravageur. Cette technique a cependant pour inconvénient de perturber la croissance de la culture et d'engendrer parfois des baisses de rendement.

L'objectif de cette étude⁽¹⁾ est d'optimiser l'utilisation des voiles afin de protéger les cultures uniquement à partir des périodes à risques de dégâts, déterminées à l'aide d'un système de piégeage chromatique.

MATERIEL ET METHODE

Quatre essais, répartis sur 2 années, ont été conduits sur 4 sites différents dont un en parcelle de conversion (site du Pôle Légume Région Nord à Lorgies): Lestrem et Wavrin en 2000 et Bois Grenier et Lorgies en 2001. 4 modalités ont été testées et comparées à des parcelles témoin non protégées. Le dispositif comprend 5 répétitions pour chacune des modalités sur chaque site d'expérimentation.

L'activité du ravageur est suivie grâce à 5 plaques jaunes engluées de 20 cm de côté et disposées parallèlement à une haie. Les relevés de piégeage sont effectués une fois par semaine en 2000 et deux fois par semaine en 2001 : le nombre de mouches capturées est alors enregistré.

Une seule observation est effectuée sur plantes. Elle a lieu à la récolte sur un minimum de 150 carottes par parcelle élémentaire afin de déterminer :

- le rendement brut (masse totale de carottes récoltées)
- le pourcentage de carottes véreuses (attaquées par les larves de mouches)
- le rendement net (masse totale de carottes récoltées – la masse des carottes véreuses).

Les modalités testées sont :

01 (référence) : Protection à l'aide de voiles P17 dès les 1ères captures de mouches enregistrées sur les plaques jaunes,

02 : Protection permanente à l'aide de voiles P17 de la levée à la récolte (testée uniquement en 2000),

03 : Protection en fonction d'un seuil d'intervention utilisé en agriculture conventionnelle :

- 1 mouche /piège /jour jusqu'au 31/07 (contre le 1^{er} vol)
- 0.4 mouche /piège /jour à partir du 01/08 (contre les 2^{ème} et 3^{ème} vols),

04 : Protection à l'aide de voiles P10 dès les 1ères captures de mouches enregistrées sur les plaques jaunes (testée uniquement en 2001).

RÉSULTATS

1) Activité du ravageur et déroulement des essais

L'activité du ravageur est très variable selon les sites.

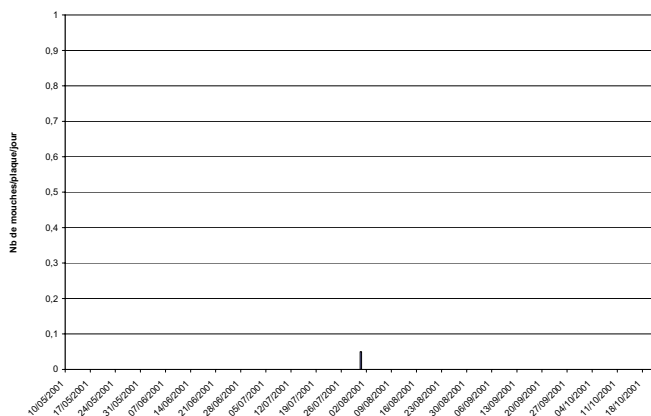
Pour les deux années d'étude 2000 et 2001, les vols les plus importants sont observés à partir de fin juillet, début août. C'est à partir de cette période que les attaques de mouche semblent les plus préjudiciables.

Année 2000

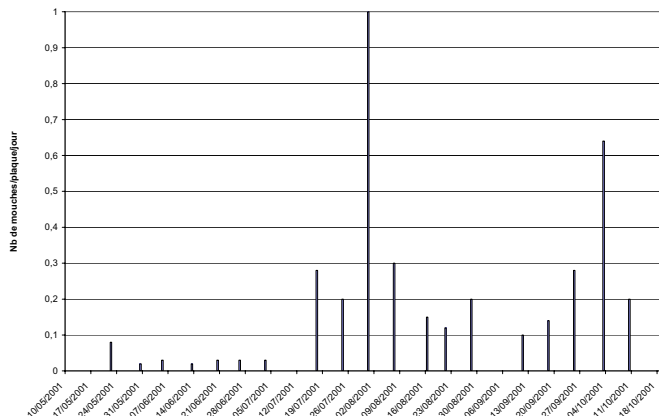
Sur le site de Lestrem, seules deux mouches sont capturées (le 31/07/2000) durant toute la saison soit moins de 0.1 mouche /piège /jour. L'activité du ravageur est donc quasiment nulle sur cette parcelle. Les parcelles de la modalité 01 sont protégées à partir du 31 juillet.

Sur le site de Wavrin, l'essai est mis en place le 05 juillet. Des mouches sont capturées pratiquement chaque semaine. Par conséquent, les parcelles de la modalité 01 sont aussitôt protégées. Le seuil d'intervention conventionnel, quant à lui, est atteint le 31 juillet et dépassé le 03 octobre. Néanmoins, la protection à l'aide du seuil (modalité 03) n'est mise en place qu'à partir du 03 octobre, compte tenu du caractère ponctuel du vol observé le 31 juillet et du seuil d'intervention tout juste atteint à cette date.

Graphique 1: Vols de *P.rosae* à Lestrem en 2000



Graphique 2: Vols de *P.rosae* à Wavrin en 2000



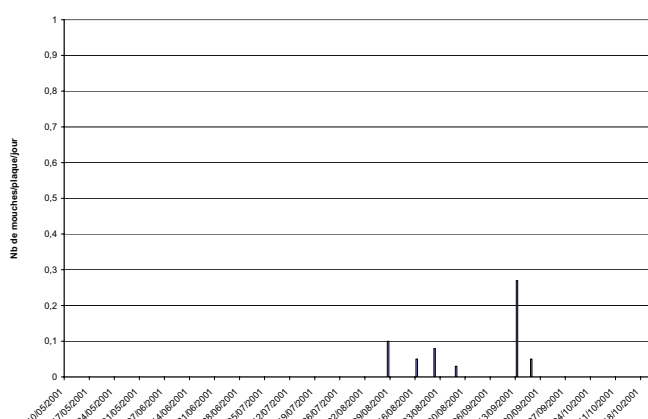
Année 2001

A Lorgies, les premières captures sont enregistrées le 6 août. Toutefois, le vol reste de faible intensité durant toute la saison.

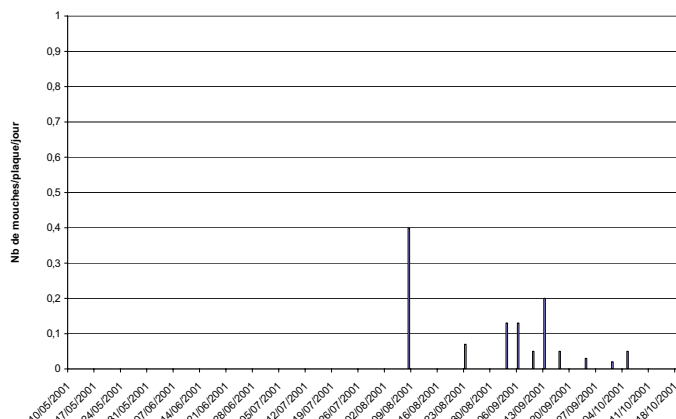
En effet, le maximum des captures observé le 13 septembre, est de 0.27 mouche /piège /jour. Le seuil d'intervention n'ayant pas été atteint, la protection en fonction des seuils (modalité 03) n'a donc jamais été mise en place. Les modalités 01 et 04 ont été protégées le 6 août.

A Bois-Grenier, les premières captures sont observées le 8 août à raison de 0.4 mouche /piège/ jour. Par conséquent, le seuil d'intervention est atteint dès le début du vol. L'intensité des captures diminue ensuite avec toutefois des mouches piégées pratiquement à chaque relevé jusque début octobre. Les modalités 01, 03 et 04 sont donc mises en place dès le 08 août.

Graphique 3: Vols de *P.rosae* à Lorgies en 2001



Graphique 4: Vols de *P.rosae* à Bois Grenier en 2001



2) Notation à la récolte

tableau 1 : Rendements bruts (kg/m²)

| | Témoin | Modalité 01 | Modalité 02 | Modalité 03 | Modalité 04 |
|---------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lorgies | 7.83 | 4.80 | | 7.83 | 4.83 |
| Wavrin | 4.25 | 1.14 | 0.94 | 2.50 | |
| Bois-Grenier | 2.18 | 2.01 | | 2.01 | 2.17 |
| moyenne | 4.32 | 2.67 | | 4.14 | |

Cette notation n'a pu être effectuée à Lestrem.

Les rendements des parcelles témoin et de la modalité 03, avec environ 4.2kg/m², sont 2 à 3 fois plus élevés que ceux des autres modalités (01,02 et 04) excepté sur le site de Bois-Grenier où aucune différence n'est significative.

Des différences relativement importantes de rendement ont pu être observées entre les parcelles de Bois-Grenier, Wavrin et le site de Lorgies (parcelle en première année de conversion). Celles-ci sont en fait essentiellement dues à des conditions d'implantations difficiles pour les deux premiers sites et à un sol très riche à Lorgies. Une importante attaque de pucerons, *Cavariella aegopodii* vecteurs du virus *Motley Dwarf Virus* a également eu lieu à la levée à Bois-Grenier.

tableau 2 : Pourcentage de carottes véreuses (%/parcelle)

| | Témoin | Modalité 01 | Modalité 02 | Modalité 03 | Modalité 04 |
|---------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lestrem | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Lorgies | 11.14 | 10.83 | | 11.14 | 10.84 |
| Wavrin | 8.76 | 2.16 | 1.9 | 9.48 | |
| Bois-Grenier | 20.46 | 12.03 | | 12.03 | 12.25 |
| moyenne | 10.09 | 6.25 | | 8.16 | |

Le pourcentage de carottes véreuses est révélateur du niveau d'attaque du ravageur. Il varie en fonction des sites : nul à Lestrem, moyen à Wavrin et Lorgies (environ 10%), élevé à Bois-Grenier (environ 20%).

Les attaques les plus importantes sont donc observées sur les parcelles témoin et sur la modalité 03 lorsque celles-ci ont été protégées tardivement (Wavrin) ou pas du tout (quand le seuil n'a pas été atteint comme à Lorgies).

Les dégâts de mouche sont faibles pour les modalités 01 et 02 à Wavrin.

A Lorgies, il n'y a pas de différences significatives entre les modalités. A Bois-Grenier, les dégâts sur les modalités 01, 03 et 04 bien qu'élevés (environ 12%) restent inférieurs au témoin.

tableau 3 : Rendements nets (kg/m²)

| | Témoin | Modalité 01 | Modalité 02 | Modalité 03 | Modalité 04 |
|---------------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Lorgies | 6.99 | 4.24 | | 6.99 | 4.29 |
| Wavrin | 2.69 | 1.12 | 0.92 | 2.27 | |
| Bois-Grenier | 1.73 | 1.77 | | 1.77 | 1.87 |
| moyenne | 3.80 | 2.37 | | 3.67 | |

Les modalités témoin et 03 présentent les meilleurs rendements nets avec environ 3.8 kg de carottes commercialisables au m², excepté à Bois-Grenier où aucune différence n'est significative.

Les rendements nets sont diminués pour les modalités dont la protection à l'aide des voiles a été mise en place précocement.

DISCUSSION : COMMENTAIRES PAR MODALITES

Modalité 01 (protection dès les premières captures)

Cette stratégie ne semble pas la mieux adaptée à l'agriculture biologique.

Sur le site de Lestrem, la protection à l'aide des voiles est superflue compte tenu de l'activité pratiquement nulle du ravageur. A Wavrin, cette stratégie a conduit à protéger en permanence la culture c'est-à-dire dès la levée jusqu'à la fin de la végétation. L'efficacité de la protection est réelle puisque seuls 2.16% de carottes sont véreuses à la récolte. Les quelques dégâts observés peuvent être dus, dans ce cas, à l'envol des voiles et à des perforations du tissu en cours de saison. Cependant, les voiles P17 induisent des phénomènes micro-climatiques qui deviennent néfastes au bon développement de la culture et responsables d'une importante perte de rendement à la récolte. Ce préjudice est supérieur aux dégâts occasionnés par la mouche en cas de pression moyenne ou faible du ravageur comme ce fut le cas à Wavrin, Lestrem et Lorgies.

Modalité 02 (protection de la levée à la récolte)

Cette stratégie n'a été testée qu'en 2000.

Si l'efficacité de la protection est indiscutable (1.9% de dégâts à Wavrin contre 8.76% dans les parcelles témoin), cette stratégie semble encore moins intéressante en agriculture biologique qu'une protection dès les premières captures. En effet, le P17 nuit considérablement au rendement. De plus, une protection systématique permanente n'est pas toujours justifiée, par exemple sur le site de Lestrem où le ravageur a été détecté mais n'a été que très faiblement actif.

Modalité 03 (protection en fonction des seuils d'intervention)

La protection à l'aide des voiles P17 en fonction des seuils conventionnels semble offrir pour l'instant le meilleur compromis dans la lutte contre la mouche de la carotte. En effet, les seuils permettent de ne déclencher la protection qu'en cas d'attaque importante, comme ce fut le cas à Bois-Grenier.

Sur les deux années d'études, lorsque l'on s'intéresse aux rendements nets, il s'avère que les résultats moyens (3.67kg/m²) sont proches de ceux du témoin (3.80kg/m²). En revanche, le pourcentage de carottes véreuses, bien qu'inférieur au témoin, reste élevé avec 8.16% de carottes attaquées en moyenne. Ceci est probablement dû à la mise en place de la protection trop tardive. C'est pourquoi, étant donné l'importance de l'attaque, il aurait été utile de disposer les voiles avant le début du vol d'où l'intérêt de pouvoir anticiper

l'arrivée des adultes dans de telles circonstances. L'utilisation d'un modèle de prévision des vols serait des plus utiles.

Modalité 04 (protection dès les premières captures à l'aide d'un voile P10)

Cette stratégie n'a été testée qu'à partir de 2001.

Etant donné l'impact relativement néfaste du P17 sur la culture au cours d'une période de couverture assez longue, nous avons jugé utile de tester un nouveau type de voile présentant des caractéristiques intéressantes (plus résistant, facilement réutilisable, plus translucide) afin de minimiser les effets micro-climatiques et ainsi se rapprocher des conditions des parcelles témoin tout en assurant une protection à la culture en place.

Les résultats des deux essais à Bois-Grenier et Lorgies sont contradictoires. Sur le premier site, la mise en place des voiles dès les premières captures n'a pas biaisé le rendement brut, ce qui n'est pas le cas à Lorgies.

L'efficacité de la protection est décevante (12.25 et 10.84% de carottes véreuses) mais ces résultats peuvent être davantage attribués à la date trop tardive de mise en place de la protection qu'à l'efficacité des voiles eux-mêmes, les résultats étant proches de ceux des parcelles de référence.

CONCLUSION

Les résultats de ces essais confirment la nuisibilité d'une utilisation systématique des voiles P17 de la levée à la récolte. En effet, leur utilisation en été, par variation de la température, de l'humidité, de l'intensité lumineuse sous voile..., devient néfaste au bon développement de la culture. Des pertes de rendements sont alors observées à la récolte.

La mise en place des voiles dès les premières captures ne semble pas non plus offrir le meilleur compromis : des mouches pouvant être observées très tôt en saison, cette stratégie revient parfois au même qu'une protection systématique. L'activité du ravageur n'est d'ailleurs parfois pas suffisante pour justifier une intervention.

L'utilisation trop précoce des voiles P17 perturbe donc le rendement au point d'être plus préjudiciable que le ravageur. Le recours à des filets anti-insectes spécifiques éviterait sans doute ce problème, mais son coût rédhibitoire et une mise en place fastidieuse rendent son utilisation peu courante par les producteurs.

Cependant, une protection reste indispensable en cas de forte attaque. Toutefois, la mise en application de cette protection n'est pas satisfaisante pour l'instant. En effet, dans le cas de l'agriculture biologique, la protection doit être préventive, alors que dans le cas de l'agriculture conventionnelle grâce aux insecticides autorisés, une application deux jours après le vol pourra être efficace contre les larves. C'est pourquoi, le développement d'un modèle prédictif des vols basé sur le cycle biologique de la mouche, couplé à la méthode de piégeage apparaît nécessaire afin de suivre les populations du ravageur avec plus de fiabilité. Alors, il sera sans doute possible d'optimiser la lutte en augmentant l'efficacité de la protection tout en préservant le meilleur rendement.

Ce système de prévision des vols, couplé au piégeage du ravageur devrait être testé en 2002.

⁽¹⁾Cette étude est financée dans le cadre du projet interrégional « Agrobiologie Transmanche » établi entre le Nord Pas-de-Calais et le Kent. Ce projet regroupe pour le versant français : le G.A.B.N.O.R.* (coordinateur du dossier), A.P.R.O.B.I.O.* et la F.R.E.D.E.C.*. Le S.R.P.V.* y est également associé. Pour le versant anglais, le partenaire est H.R.I.*. Pour la F.R.E.D.E.C. , le programme est financé pour moitié par la région Nord Pas-de-Calais et pour l'autre moitié par l'Europe.

* G.A.B.N.O.R. – Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord Pas-de-Calais

* A.P.R.O.B.I.O. – Association pour la Promotion des Produits Biologiques

* F.R.E.D.E.C. – Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures

* S.R.P.V. – Service Régional de la Protection des Végétaux

* H.R.I. – Horticulture Research International

STRATEGIES FOR CONTROLLING THE CARROT FLY (*PSILA ROSAE* F.) IN ORGANIC CROPS

COLLIER R., FINCH S.

Horticulture Research International
Wellesbourne
WARWICK
CV35 9EF
UK

SUMMARY

Although the carrot fly is a major pest of carrot and other umbelliferous crops grown organically, there is considerable scope for reducing or eliminating infestations using cultural control methods. Isolation of new crops from sources of infestation is very effective. However, it is a technique that many organic growers may not be able to follow, because of the limited supply of organic land. Crop covers are also extremely effective and adult carrot flies can be excluded from crops by applying covers at appropriate times. Alternatively, carrot fly damage can be reduced by selecting a sowing date that avoids the peak period of egg laying by the first generation of flies or by lifting the crop early to cut short the development of damage. In addition, the effects of cultural techniques and partial host plant resistance to carrot fly are additive and could be exploited further in organic systems. A simulation model that uses weather data to predict the timing of carrot fly generations has been developed at HRI Wellesbourne. Conventional growers use the output from this model to indicate when crops should be monitored closely and/or sprayed with insecticide. It could be used by organic growers to indicate 1) when crops should be sown to avoid attack, 2) the period crop covers should be used to avoid egg-laying and 3) when crops should be harvested to avoid the development of damage. This paper summarizes how organic growers can control carrot fly using several of the methods developed primarily for conventional vegetable production.

RESUME

Malgré le fait que la mouche de la carotte est un insecte nuisible majeur pour la carotte ainsi que pour d'autres ombellifères cultivées biologiquement, l'emploi de méthodes culturelles de contrôle offre la possibilité de réduire, voir d'éliminer ces infestations. Isoler une nouvelle plantation des sources d'infestation est très efficace. Cependant, beaucoup de producteurs biologiques ne pourront adopter cette technique du fait du manque de terrain certifié en agriculture biologique. Les filets sont aussi extrêmement efficaces et les mouches adultes peuvent être empêchées d'atteindre la culture en appliquant les filets à temps. De même, les dégâts causés par la mouche de la carotte peuvent être réduits en choisissant une date de semence qui évite la période clef de ponte de la première génération de mouche ou bien en récoltant les carottes en avance afin de limiter le développement d'éventuels dégâts. De plus, les effets des méthodes culturelles ainsi que de la résistance partielle de la plante hôte à la mouche de la carotte sont additifs et pourraient être exploités d'avantage en production biologique. Un modèle de simulation utilisant des données météorologiques afin de prédire l'éclosion des nouvelles générations de la mouche de la carotte a été développé à HRI Wellesbourne. Les producteurs conventionnels utilisent les résultats de ce modèle afin de déterminer quand les cultures ont besoin d'être suivies de près et / ou bien d'être traitées à l'aide d'un insecticide. Ce modèle pourrait être utilisé par les producteurs biologiques afin d'indiquer 1) quand semer pour éviter une attaque, 2) quand appliquer les filets pour éviter la ponte d'oeufs et 3) quand effectuer la récolte pour éviter le développement d'éventuels dégâts. Cet exposé résume comment les producteurs biologiques peuvent contrôler la mouche de la carotte en ayant recours à des méthodes de contrôle développées à l'origine pour des producteurs conventionnels.

CROP ISOLATION

New crops are infested by the dispersal of adults from crops that were infested during the previous generation. In a recent study at hri, small plots of carrots were drilled about 100 m apart at distances of from 130-1300 m away from a highly infested field of carrots, to estimate how far flies disperse in the spring to find a new crop. The numbers of flies caught in the small plots declined markedly with increasing distance from the site of emergence. A ten-fold increase in distance from the overwintering site (e.g. 100-1000 m) caused the numbers of flies captured to decrease by 1/66. There were also consistent relationships between the fall-off in the numbers of flies, eggs, pupae and crop damage with increasing distance from the overwintering site. Estimates from this dispersal study, and from studies of fly distribution in commercial carrot crops indicated that carrot flies appear to disperse about 50-100 m/day both within crops and when trying to find new crops. If such estimates can be confirmed, they should help in future to decide where to site new crops to ensure that fly infestations remain low.

CROP COVERS

Crop covers are extremely effective and can be used to exclude adult carrot flies, provided crops are covered at appropriate times. Crops may be covered at drilling or later, but the covers must always be in place before the flies start to lay eggs. Over the last few years, crop covers have been used as a tool in field experiments to manipulate carrot fly populations. Covers were applied to selected beds of carrots immediately after drilling to exclude the natural infestation of flies. Various covers were then removed at two-week intervals from mid-july onwards, to identify the most damaging period of attack by the second generation of carrot fly. Severe crop damage occurred when the covers were removed during late july and early august, at the start of the second fly generation. In contrast, carrots exposed to attack after mid-september suffered little damage, even though large numbers of flies were captured on sticky traps. The results showed clearly that only the offspring of flies that were in the field before the end of september damaged the crop during the winter.

MANIPULATING SOWING AND HARVESTING DATES

Carrot fly infestations can be reduced considerably by selecting a sowing date that avoids the peak period of egg laying by the first generation of flies. This means usually that carrots should be sown towards the end of may and in early june after the first (overwintering) generation of flies has finished dispersing. Early lifting of the crop cuts short the development of damage by carrot fly larvae and prevents the carry over of large numbers of insects from one crop to the next. In the uk, crops lifted before october could suffer very little damage from the second fly generation.

To determine the effects of sowing date on second generation fly emergence, small plots of carrots were sown every two weeks from mid-march until mid-june 1999, in an area close to the source of the main carrot fly population at hri wellesbourne. In mid-july, prior to the start of the second fly generation, part of each plot was enclosed in a field cage, made from fine-mesh netting, to record fly emergence. Flies were captured on orange sticky traps (rebell®, swiss federal research station) placed within the emergence cages. The largest numbers of flies (497/plot) emerged from plots that were sown at the end of march, whilst the smallest numbers (13/plot) emerged from those that were sown in mid-june. Plots that were sown in mid-may, partway through the first fly generation, produced 60 flies/plot, 12% of the flies that emerged from plots sown in late march. The time of emergence of second generation flies was affected also by sowing date. The later the plots were sown, the later second generation flies emerged from them. Flies emerged on 19 july (time to 50% emergence) from plots sown in mid-march, whereas flies emerged in early september from plots sown in mid-may to mid-june.

HOST PLANT RESISTANCE

Partial resistance has been identified in about 20 carrot varieties, most of which are nantes types. The damage found on such varieties is about half that found on a susceptible variety. Breeding material originating from research programmes done at hri wellesbourne in the 1980's has been released to seed companies. Some of the breeding lines developed subsequently by the commercial companies are approximately 75% resistant to carrot fly attack. Such levels of resistance would make a substantial contribution to the control of carrot fly in organic crops, particularly if used in conjunction with methods of cultural control.

FORECASTING THE TIMING OF ATTACKS

Successful application of several of the techniques summarised depends on a good knowledge of carrot fly phenology. The rate of fly development is temperature dependent so that adult fly emergence, egg-laying and crop damage will occur earlier in a warm year. A simulation model that uses weather data to predict the timing of carrot fly generations has been developed at HRI Wellesbourne. Within the model, daily air and soil temperatures are used to simulate the development of carrot fly populations. Conventional growers use the output from this model to indicate when crops should be monitored closely and/or sprayed with insecticide. However, it could be used by organic growers to indicate 1) when crops should be sown to avoid attack, 2) the period crop covers should be used to avoid egg-laying and 3) when crops should be harvested to avoid the development of damage.

DISCUSSION

There are several methods of reducing the risk of carrot fly infestation that could be used by conventional and organic growers alike. Although isolation of new crops from sources of infestation is a very effective control technique, it is one that many organic growers may not be able to follow, because of the limited supply of organic land. With the exception of crop covers, none of the other techniques are likely to provide 100% control by themselves, but if used together, their effects would be additive. Obviously the need for continuity of supply may mean that not all crops can be sown late or lifted early. Similarly, the most resistant cultivars may not be the most appropriate for each market and season. However, provided growers have a good knowledge of carrot fly phenology and of the possible impact of various practices on damage to the present crop, and on the size of the following generation, they can plan strategies to obtain the maximum benefit from a combination of these techniques.

RESEAU TRANSMANCHE POUR LA PRODUCTION BIOLOGIQUE

STANNARD M., LE FUR A., Responsable professionnelle : BOUTIN C.

GABNOR
(Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord Pas-de-Calais)
Le Paradis
59133 PHALEMPIN

Contacts au Royaume-Uni
Horticulture Research International : Marion Arnaud, East Malling, West Malling, Kent, ME19 6BJ
Soil Association : Rob Haward, Bristol House, 40-56 Victoria Street, Bristol, BS1 6BY

SUMMARY

To build a partnership in organic agriculture between Nord Pas-de-Calais and Kent, we need to know each other better. GABNOR and H.R.I. built communication tools in order to communicate better : lists of main actors in the two areas, growers data bases and web sites.

RESUME

Pour collaborer sur le développement de l'agriculture biologique, il faut avant tout connaître les acteurs des deux régions.

Le GABNOR et H.R.I. ont créé des outils de communication sur l'agriculture biologique dans le Nord Pas-de-Calais et le Kent : répertoires des personnes ressources, bases de données regroupant les contacts en agriculture biologique, sites internet.

Cela a permis d'améliorer les échanges entre les agriculteurs biologiques et les techniciens du Nord Pas-de-Calais et du Kent, contribuant à une meilleure connaissance entre les régions.

REPERTOIRES DES PERSONNES RESSOURCES

Réalisation de la plaquette « L'Agriculture Biologique dans le Nord Pas-de-Calais. Où s'informer? » :

Elle présente les personnes ressources pour le développement de l'agriculture biologique, le conseil, les références, les contrôles et notifications.

Au dos, sont présentés les organisations nationales d'agriculture biologique ainsi que le programme Agrobiologie Transmanche et notre partenaire H.R.I.

Destinée aux organismes agricoles de la région (pour les formateurs, techniciens, etc.), elle a été envoyée à tous les établissements de formation agricole, aux partenaires financiers et institutionnels du GABNOR, aux principaux organismes agricoles de la région. Elle est traduite pour une diffusion dans le Kent.

Les répertoires disponibles dans le Kent :

La Soil Association édite un listing intitulé « Sources of Technical Information, Education and Advice », réunissant les services de conseil, d'information, de formation, etc.

BASE DE DONNEES DES PRODUCTEURS

Dans le Nord Pas-de-Calais :

A usage interne, la base de donnée informatique rassemble les producteurs du Nord Pas-de-Calais en agriculture biologique, en conversion ou qui s'informent sur l'agriculture biologique, ainsi que des techniciens.

C'est un outil utile pour organiser les échanges avec le Kent.

Dans le Kent :

H.R.I. a réalisé une base équivalente réunissant des producteurs de fruits biologiques.

SITES INTERNET SUR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Le site du Nord Pas-de-Calais :

www.agriculturebio.com/gabnor

Créé par des étudiantes, le site internet présentant l'agriculture biologique dans le Nord Pas-de-Calais est hébergé par le site national « agriculturebio.com ».

Il présente :

- les personnes ressources de la région,
- les chiffres de l'agriculture biologique dans le Nord Pas-de-Calais et les filières,
- le programme Agrobiologie Transmanche, avec des liens vers les sites d'agriculture biologique au Royaume Uni,
- les centres de formation partenaires du GABNOR,
- les systèmes de production régionaux avec des témoignages d'agriculteurs,
- les démarches pour se convertir à l'agriculture biologique,
- l'association A PRO BIO.

Le site présentant les activités d'H.R.I. en agriculture biologique :

www.hri.ac.uk/organic

De son côté, H.R.I. a inclus dans son site une présentation des partenaires français et du programme Agrobiologie Transmanche.

Le site de la Soil Association : Principale organisation d'agriculteurs biologiques au Royaume-Uni.

www.soilassociation.org

ECHANGES DE PRODUCTEURS

STANNARD M., LE FUR A., Responsable professionnelle : BOUTIN C.

GABNOR
(Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord-Pas de Calais)
Le Paradis
59133 PHALEMPIN

Contacts au Royaume-Uni
Horticulture Research International : Marion Arnaud, East Malling, West Malling, Kent, ME19 6BJ
Soil Association : Rob Haward, Bristol House, 40-56 Victoria Street, Bristol, BS1 6BY

SUMMARY

Knowing each other allowed growers discussions and built ground for future collaboration between Nord Pas-de-Calais and Kent's organic farmers.

RESUME

Le travail de connaissance mutuelle entre les deux régions a abouti à des échanges de producteurs et à l'identification de thèmes de collaboration future entre les agriculteurs bio du Nord Pas-de-Calais et ceux du Kent.

ECHANGES DE PRODUCTEURS

Les 20 et 21 juillet 2000, accueil par les producteurs biologiques du Nord Pas-de-Calais d'arboriculteurs biologiques du Kent

Une dizaine de producteurs du Kent ont visité des vergers du Nord-Pas de Calais, accompagnés de Marion Arnaud et de chercheurs d'H.R.I. Les Anglais ont découvert différents systèmes de production sur les vergers de Benoît Outters à Wallon Cappel, Christine Boutin à Ambricourt, Didier Dujardin à Ohain et François Carlier à Lecelles. Ces producteurs commercialisent leurs fruits (pommes et poires) via la coopérative de producteurs biologiques NorABio.

Le 17 août 2000, visite de vergers dans le Kent

En retour, 6 producteurs de pomme du Nord Pas-de-Calais ont visité deux vergers dans le Kent. Les vergers de Mathieu Wilson à Robertsbridge (17 ha) et Paul Ward à Marden (23 ha) sont plus grands que ceux du Nord Pas-de-Calais (5 ha en moyenne). Les fruits sont vendus directement aux grandes surfaces.

En arboriculture, les systèmes de production sont différents dans le Nord Pas-de-Calais et dans le Kent. L'identification de problématiques techniques communes permet des expérimentations et échanges techniques transfrontaliers. Des producteurs des deux régions sont restés en contact à l'issue de l'échange. Par contre, les circuits de commercialisation étant très différents, peu de travail en commun est envisageable sur ce sujet.

ECHANGES SUR L'ORGANISATION DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE DANS LES REGIONS TRANSFRONTALIERES

Rencontre de la Soil Association, le 29 juin 2001 à HRI

Le GABNOR a rencontré Rob Haward, horticulture development manager à la Soil Association, en présence de Marion Arnaud et David Parry d'H.R.I.

La Soil Association, principale organisation d'agriculteurs biologiques au Royaume-Uni, regroupe la plupart des producteurs.

Activités de la Soil Association :

- certification des agriculteurs et des transformateurs,
- développement de l'agriculture biologique,
- organisation de la filière,
- renforcement des liens producteurs / consommateurs.

L'objectif était de présenter le GABNOR, l'agriculture biologique dans le Nord Pas-de-Calais, connaître la Soil Association et l'agriculture biologique au Royaume Uni.

Les agriculteurs biologiques du Royaume-Uni sont au nombre de 3 500.

La Soil Association réalise des publications intéressantes pour les producteurs du Nord-Pas de Calais : présentation de l'agriculture biologique au Royaume Uni ; l'agriculture biologique : principales questions ; production de porc biologique ; les rotations en agriculture biologique ; les pommes de terres biologiques ; l'homéopathie ; un périodique sur l'actualité de l'agriculture biologique.

L'agriculture du Kent présente des points communs avec celle du Nord Pas-de-Calais : des collaborations techniques entre producteurs sont donc possibles.

Toutefois, les circuits de commercialisation sont très différents. Le Nord Pas-de-Calais peut apporter son expérience dans l'organisation des producteurs et des filières.

Projets de collaboration

Guide transfrontalier des pratiques en fruits et légumes biologiques.

Assolements en grandes cultures.

Modes de mise en marché.

Echanges en fruits, légumes, grandes cultures et élevage plein-air.

SITE DE DEMONSTRATION ET POLE D'EXCELLENCE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

DELEBECQ A., LE FUR A., Responsable professionnelle : BOUTIN C.

GABNOR
(Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord-Pas de Calais)
Le Paradis
59133 PHALEMPIN

Contact au Royaume-Uni
Horticulture Research International : Marion Arnaud, East Malling, West Malling, Kent, ME19 6BJ

SUMMARY

In Nord Pas-de-Calais and Kent, centres of excellence are set up in order to share skills on organic agriculture. They are also tools to communicate with different public and to exchange with other countries. These centres of excellence will include demonstration and experimental organic fields.

RESUME

Dans le Nord Pas-de-Calais et dans le Kent, des pôles d'excellence en agriculture biologique se mettent en place. L'objectif est de réunir des organismes et outils au service du développement de l'agriculture biologique. Ces pôles d'excellence incluent des parcelles cultivées en agriculture biologique, sites de démonstration et d'expérimentation.

Ces pôles d'excellence sont aussi des lieux d'échange avec les pays frontaliers.

PARCELLES DE DEMONSTRATION ET D'EXPERIMENTATION EN PRODUCTION BIOLOGIQUE

Le GABNOR coordonne la réflexion visant à la mise en place d'un verger biologique en conduite extensive à l'Institut de Genech.

Partenaires : Institut de Genech, GABNOR, C.R.R.G. (Centre Régional de Ressources Génétiques), F.R.E.D.E.C.

Surface : 5 000 m².

Objectifs : étudier le comportement de différentes variétés en conduite biologique extensive.

Plantation : décembre 2001.

Pour sa mise en place, nous avons bénéficié des connaissances d'H.R.I., notamment sur les variétés.

H.R.I. a mis en place, de son côté, des parcelles de démonstration et d'expérimentations dans le Kent. Sur environ 10 hectares sont implantés des pommiers et des fraises en culture biologiques. Les expérimentations portent sur la gestion des sols, le contrôle des mauvaises herbes, des analyses de nutriments, des études variétales, la gestion des insectes nuisibles et des maladies.

POLES D'EXCELLENCE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Dans le Nord Pas-de-Calais, une étude de faisabilité est réalisée. L'objectif du pôle d'excellence est de

- réunir physiquement ou via un réseau, des organismes et des outils au service du développement de l'agriculture biologique,
- mettre en synergie des compétences et mutualiser des outils.

Le cabinet d'études travaille sur deux hypothèses :

- une « Maison de la Bio » qui réunirait physiquement des organisations et des outils,
- une mise en réseau « virtuelle » des compétences et des outils.

Dans le Kent, un centre est construit cette année suite à une telle étude de faisabilité réalisée en 2000.

La mise en place de ces centres, de part et d'autre de la frontière, facilitera les échanges.

| |
|--|
| DEVELOPPEMENT ET COMMUNICATION DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE AU TRAVERS DU PROGRAMME "AGROBIOLOGIE TRANSMANCHE" |
|--|

CREPIN S.

A PRO BIO

(Association interprofessionnelle de la filière agrobiologique en Nord Pas-de-Calais)

241, Avenue de la République

59110 LA MADELEINE

DEVELOPPEMENT

Observatoire économique (en cours de réalisation) : une présentation en langue anglaise de la filière agrobiologique régionale (de la production à la distribution) sera transmise aux partenaires du programme Interreg.

Favoriser les échanges sur des stratégies commerciales :

➤ En partenariat avec la Chambre de Commerce de Lille (CCI), 12 entreprises de transformation de produits biologiques de la région ont été visitées afin de réaliser un diagnostic et envisager une éventuelle collaboration transmanche. La CCI a ainsi analysé les atouts et les freins des entreprises pour travailler sur le marché anglais. Elle a également présenté aux professionnels les spécificités du marché anglais.

➤ Une visite d'un système de vente aux paniers est prévue en décembre 2001 : visite ouverte aux professionnels et structures partenaires du programme Interreg des deux régions. L'objectif est de découvrir des systèmes de « box scheme » dans le Kent. Au programme : visites de fermes et rencontre avec des producteurs, distributeurs et consommateurs, ainsi que des structures professionnelles.

COMMUNICATION

Favoriser l'accueil et les échanges sur des stratégies commerciales :

Guide Nord Pas-de-Calais : « Organics in Nord Pas-de-Calais » : Guide régional de la bio en langue anglaise, il rassemble les coordonnées des points de vente dans le Nord Pas-de-Calais : vente directe, marchés bio, détaillants mixtes et spécialisés.

Guide dans le Kent : Le guide est complété des mêmes informations pour la région du Kent, fournies par Rose association, traduites en français (document édité par H.R.I.).

Informier et développer en synergie des actions de communication par la participation commune à des salons et forums :

Dans le Kent :

Juillet 2000 – *Kent County Show* (Kent)

Octobre 2000 – « Organic Fruit : Opportunities and Challenges » *Conférence scientifique – Ashford – Kent*

- Intervention d'A PRO BIO sur le marché des produits bio en France, la distribution en France et plus spécifiquement dans le Nord Pas-de-Calais.

Dans le Nord Pas-de-Calais :

Juin 2001 – *Terres en Fête* (Nord Pas-de-Calais)

Outre la présentation du programme Interreg sur le stand d'A PRO BIO, une présentation orale a été faite par l'ensemble des partenaires (H.R.I., GABNOR, F.R.E.D.E.C. et A PRO BIO).

Favoriser la réflexion sur la communication auprès des jeunes publics :

A PRO BIO a accompagné la mise en place de deux actions de sensibilisation menées par H.R.I. dans le Kent (en mars et juillet 2001) : proposition d'animation autour de la pomme : « rencontre avec une pomme » et transmission des informations pour l'organisation de l'action.

Contrôle de la tavelure en verger biologique

- Amélioration génétique du pommier. Quelles perspectives pour l'agriculture biologique ?
Par F. LAURENS (INRA d'Angers)
- Sélection de variétés de pommes, de poires et de porte-greffe pour l'agriculture biologique
Par T. WEBSTER (HRI, England)
- Apple scab management with RIMpro
Par T. TRAPMAN (Bio Fruits Advies, Netherlands)
- The post infection use of Lime sulphur to control apple scab. Experiences in the Netherlands 1999-2002
Par T. TRAPMAN (Bio Fruits Advies, Netherlands)

Entretien du sol en arboriculture biologique

- Itinéraires d'entretien du sol en verger biologique aux Pays-Bas
Par J. BLOKSMA (Louis Bolk Institute)
- Intérêt de la méthode BRDA-HERODY en arboriculture biologique
Par D. MASSENOT (AMISOL)



Gestion de ravageurs en verger biologique

- Gestion des campagnols en verger biologique
Par P. DELATTRE (INRA, Montpellier)
- Lutte biologique contre les campagnols
Par L. ROMET (GRAB)
- La maîtrise de l'hoplocampe du pommier *Hoplocampa testudinae* en agriculture biologique
Par J. FAURIEL (GRAB)

Point des expérimentations sur l'éclaircissage à la floraison en agriculture biologique

- Régulation de la charge en agriculture biologique
Par G. LIBOUREL (GRAB)
- Etude de substances pour l'éclaircissage du pommier en agriculture biologique
Par G. FERRE (CEHM)

AMELIORATION GENETIQUE DU POMMIER. QUELLES PERSPECTIVES POUR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE ?

Par F. LAURENS⁽¹⁾, L. PARISI⁽²⁾

(1) Unité d'Amélioration des Espèces Fruitières et Ornementales. INRA Centre d'Angers. BP57. 49070 Beaucouzé. France

(2) UMR Pathologie Végétale. INRA Centre d'Angers. BP 57. 49070 Beaucouzé. France

La diversité génétique chez le pommier cultivée est très importante : certains ont répertorié chez cette espèce jusqu'à 10 000 variétés différentes (Smith, 1971 ; Watkins, 1985 ; Way et al, 1990). Mais le choix variétal proposé aux consommateurs reste très limité : une dizaine de variétés de pomme représentent 95 % de la consommation. Elles présentent toutes des défauts majeurs : de qualité (manque de goût, petit calibre, ...), agronomique (alternance, productivité, ...); toutes sont sensibles à au moins un des principaux parasites ou ravageurs de l'espèce : en premier lieu la tavelure, mais aussi l'oïdium, le chancre européen, le puceron cendré, le carpocapse, le feu bactérien, ... Elles doivent donc subir des traitements phytosanitaires fréquents pendant la période végétative, à la récolte et en conservation pour atteindre une bonne qualité commerciale.

Face à cette situation, les sélectionneurs se sont donné comme objectif de créer des variétés adaptées aux différentes conditions climatiques et cumulant le plus grand nombre de qualités.

L'INRA d'Angers a une longue expérience dans le domaine de l'amélioration génétique du pommier. Les critères de sélection développés dans le cadre de ce programme, convergent vers 2 axes principaux : la qualité organoleptique et la diminution des coûts de production. Ce dernier point est atteint par la création de variétés résistant à la tavelure (*Venturia inaequalis*) mais également à d'autres champignons phytopathogènes (oïdium, *Podosphaera leucotricha*), à des bactéries (feu bactérien, *Erwinia amylovora*) et des insectes (puceron cendré, *Dysaphis plantaginea*). En matière de recherche, l'accent est mis, depuis de nombreuses années au travers d'une collaboration avec l'UMR PaVé de l'INRA d'Angers, sur la meilleure compréhension des mécanismes de résistance à la tavelure pour aboutir à la création d'hybrides résistant durablement à toutes les races de tavelure présentes en Europe. Une collaboration étroite est également développée avec l'unité Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières de l'INRA de Montpellier pour mieux comprendre les caractéristiques de l'architecture de l'arbre afin d'obtenir des variétés à production régulière nécessitant peu de taille, peu d'éclaircissage et faciles à récolter (verger piéton). L'ensemble de ces caractéristiques –qualité, résistance, régularité de production- font des hybrides issus des programmes d'amélioration génétique de l'INRA d'Angers des variétés potentiellement bien adaptées aux besoins de l'agriculture biologique.

Nous présenterons, dans un premier temps, les différentes étapes qui conduisent à l'élaboration d'une nouvelle variété. Nous traiterons ensuite des recherches mises en place en collaboration avec l'UMR PaVé pour l'étude de la résistance durable. Des perspectives en terme de lutte « génétique » mais également en terme de gestion des plantations et des traitements seront ensuite discutées.

LE SCHEMA DE SELECTION

La première étape du schéma d'amélioration est la phase d'hybridation. De nombreux croisements contrôlés (20 à 30) sont réalisés chaque année. Les étapes ultérieures du cycle consistent à éliminer progressivement, parmi les descendants de ces croisements, les individus qui ne satisfont pas aux critères de sélection cités ci-dessus.

Le déroulement des programmes de sélection variétale chez toutes les espèces fruitières ligneuses est lié à plusieurs contraintes : morphologiques, physiologiques et culturales. La longueur de la phase juvénile est certainement la plus limitante pour la plupart des espèces. Chez le pommier, sa durée varie de 4 à 5 ans en fonction des génotypes et des modes de conduite. Cette période se manifeste par une forte croissance végétative des arbres et l'absence de floraison ; l'arbre acquiert progressivement ses caractéristiques ; la description des fruits et de l'arbre ne pouvant s'effectuer que sur des individus adultes, les travaux de sélection sont limités, pendant cette période à des tests précoces de résistance.

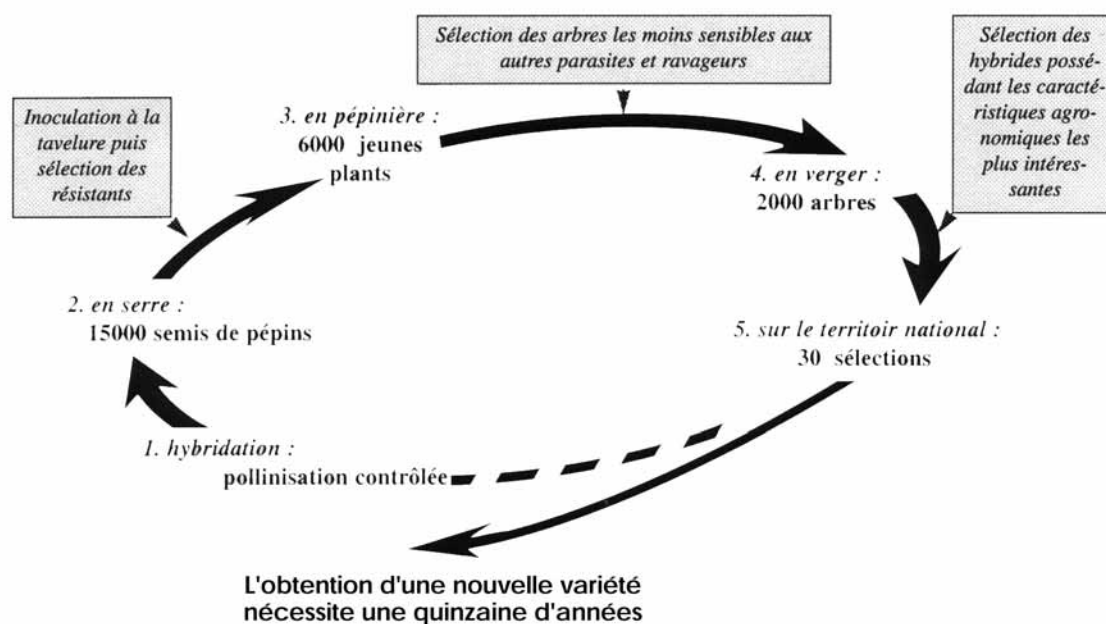


Figure 1. Cycle de sélection pour la résistance à la tavelure chez le pommier (INRA Angers)

La Figure 1 présente le cycle de sélection pratiqué à l'INRA d'Angers sur le pommier. La première étape se déroule en serre. Les pépins issus des croisements réalisés l'année précédente sont semés (en moyenne 12 à 15000/an). Quand les jeunes plantes ont atteint le stade 2-3 feuilles, elles sont inoculées avec une suspension de conidies de tavelure récoltées sur des variétés sensibles dans les vergers de l'INRA. Ce mélange est constitué des races communes de tavelure (race 1 principalement) présentes en France. Après 2 séries d'inoculation, les plantes sensibles sont éliminées. 6000 jeunes plantes résistantes aux races communes de tavelure sont ainsi sélectionnées et transplantées en pépinière. Pendant 18 mois, une sélection pour la résistance à l'oïdium sera effectuée. Au cours de cette période, les individus chétifs sont également éliminés. A l'issue de cette phase, 2000 arbres sont en moyenne sélectionnés, greffés sur un porte-greffe conférant une faible vigueur, M9, et plantés en parcelle hybride. Dès la deuxième année de fructification, la description des fruits et des arbres est effectuée. Trois années d'observation minimum sont alors nécessaires pour apprécier la qualité organoleptique des fruits - attrait, qualité de la chair, saveur, parfum- à la récolte et en cours de conservation, préciser le type d'architecture de l'arbre et détecter le comportement de chaque individu vis à vis des parasites et ravageurs du verger et des maladies et accidents physiologiques en conservation. Depuis 2 ans, cette phase de sélection en parcelle hybride est réalisée chez quelques sites pépiniéristes dans le cadre d'un partenariat pour la création variétale. A l'issue de ces nombreux tests, seuls une vingtaine d'hybrides sont sélectionnés pour être plantés dans des essais variétaux gérés par l'INRA et le Ctifl dans le cadre de la charte nationale d'expérimentation. Ces essais permettent de caractériser (essais niveau 1) puis d'évaluer en vraie grandeur (niveau 2) le comportement agronomique de ce nouveau matériel et d'apprécier son aptitude à la conservation. La quantité importante de fruits récoltée dans le cadre de ces essais est également destinée à divers tests (pré-commercialisation, marketing) pour apprécier leur acceptabilité auprès de la grande distribution et des consommateurs. On estime qu'il faut environ une vingtaine d'années pour créer une nouvelle variété de pommier. La variété 'Initial' inscrite au catalogue CTPS en 1999 est issue de ce programme (Laurens et al., 2000).

Plusieurs hybrides résistants aux races communes de tavelure issus de ce programme sont actuellement en expérimentation à grande échelle au Ctifl, dans les stations régionales, à l'INRA et chez quelques pépiniéristes. Dans l'attente de leur protection et de leur commercialisation, nous souhaitons respecter la confidentialité des résultats de ces essais. Leur description sommaire sera donnée lors de la présentation orale.

Depuis plusieurs années, un certain nombre de pépiniéristes français, regroupés au sein de la sarl NOVADI, se sont organisés pour développer une gamme de variétés de pomme de bonne qualité gustative, naturellement résistantes à certaines maladies, distribuées sous la marque générique **LES NATURIANES®** avec un positionnement marketing commun.

Pour mettre en place cette démarche de lancement, une nouvelle structure, la sas **POMALIA**, a été créée en juillet 2001 ; elle associe les pépiniéristes de NOVADI, dix-neuf organisations de producteurs et six metteurs en marché regroupant les trois grands bassins de production.

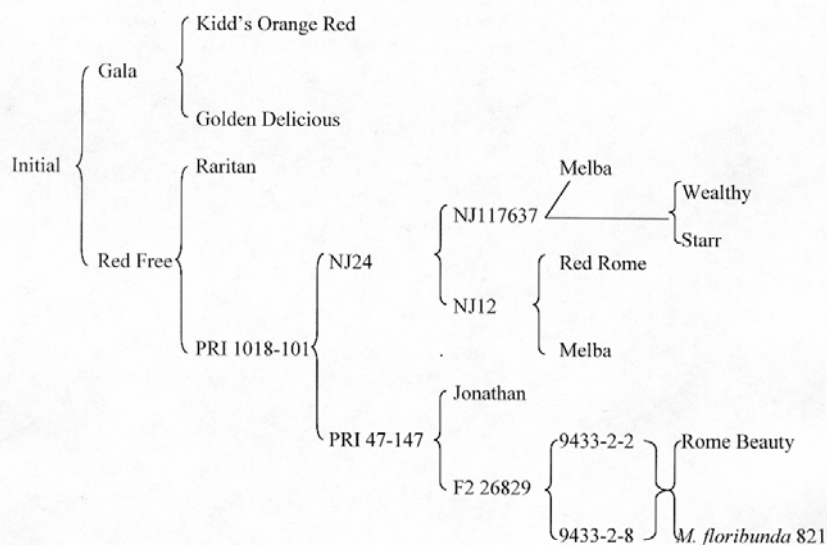
Les premiers tests commerciaux, réalisés tant en France qu'à l'étranger, sur quelques hybrides prometteurs INRA ayant été très positifs, les premières plantations se feront dès cet hiver 2001-02 auprès d'arboriculteurs faisant partie des OP partenaires et s'engageant à respecter le cahier des charges de culture et à commercialiser leur production par l'un des metteurs en marché agréés.

LES ETUDES EN COURS SUR LA RESISTANCE DURABLE VIS A VIS DE LA TAVELURE – STRATEGIES D'AMELIORATION

Les programmes d'amélioration génétique pour la résistance à la tavelure développés à travers le monde depuis près de soixante ans se sont pratiquement tous basés sur l'utilisation de résistances à contrôle génétique simple ; contrôlées par un seul (résistance monogénique) ou par un faible nombre de gènes (résistance oligogénique), elles assurent une immunité totale à la variété ; elles sont de plus faciles à sélectionner dans les descendance de croisement.

Ce type de résistance n'est pas présent chez l'espèce cultivée *Malus domestica*. Il a été découvert chez des espèces sauvages apparentées : *M. micromalus*, *M. atrosanguinea*, *M. pumila*. Le gène de résistance le plus utilisé est V_f apporté par *Malus floribunda* clone 821 : il est présent chez plus de 80 % des variétés résistantes à la tavelure aujourd'hui inscrites dans le monde (Laurens, 1996). Ce clone possède des fruits impropres à la consommation et de très petit calibre (<1 cm de diamètre). La stratégie des améliorateurs pour introduire ce gène dans l'espèce cultivée a été de réaliser des cycles successifs de rétrocroisements avec des variétés commerciales et de sélectionner à chaque étape les individus résistants et de bonne qualité organoleptique. Le gène V_f a été mis en évidence en 1943. Il a fallu près de 50 ans pour obtenir des hybrides satisfaisant à toutes les exigences agronomiques et qualitative d'une variété commerciale (figure 2 : exemple de la généalogie de la variété 'Initial').

Figure 2. Généalogie d'Initial



La limite majeure à l'utilisation des sources de résistance monogénique est le risque de leur contournement par de nouvelles races du parasite. En effet, la tavelure est un organisme vivant qui se multiplie végétativement mais également de façon sexuée. Les recombinaisons génétiques qui en découlent favorisent l'apparition de nouvelles souches qui peuvent contourner les gènes de résistance présents chez la plante.

A la fin des années 1990, l'unité de Pathologie Végétale de l'INRA d'Angers a mis pour la première fois en évidence et caractérisé, une race de *Venturia inaequalis* capable de contourner le gène V_f (Parisi et al., 1993). Cette nouvelle race, dénommée race 6, s'est montrée virulente vis à vis d'un grand nombre d'hybrides prometteurs portant le gène V_f mais n'attaquait pas *M. floribunda* clone 821 (Parisi et Lespinasse, 1996). La race 6 est peu répandue aujourd'hui en Europe : elle reste principalement localisée en Allemagne dans le site où elle a été trouvée.

Une nouvelle race de tavelure virulente sur le gène V_f a ensuite été découverte en Angleterre sur une espèce ornementale dans un jardin botanique ; cette race, dénommée race 7 attaque *M. floribunda* clone 821 et un nombre important d'hybrides porteurs du gène V_f mais n'est pas virulente sur Golden Delicious, variété considérée jusqu'à présent comme sensible à toutes les races connues de *Venturia inaequalis* (Benaouf et Parisi, 2000). La race 7 est aujourd'hui bien répandue dans les vergers du Nord de l'Europe (Hollande, Allemagne, Suisse, France) ; des souches de race 7 ont été décelées en 1995 en Normandie (Parisi et al, 2000) et dans le nord de la France (Stievenard, Parisi, communications personnelles).

Depuis 1998, l'INRA d'Angers coordonne un programme de recherche européen, D.A.R.E. (Durable Apple Resistance in Europe), qui vise à mieux comprendre les mécanismes génétiques de la résistance à la tavelure et à l'oïdium pour, à terme, créer de nouvelles variétés résistant durablement à ces pathogènes. Les principales activités développées dans le cadre de ce projet sont : (i) l'évaluation du niveau de résistance d'une large gamme de variétés de pommier confrontées à diverses souches ou inoculées des deux pathogènes et l'analyse fine des réactions de résistance, (ii) la collecte d'un grand nombre de souches européennes des deux champignons, le test du pouvoir pathogène d'un échantillon de ces souches et la mise en place d'un réseau européen de vergers d'observation non traités, (iii) l'analyse des bases génétiques de la résistance du pommier à ces deux maladies en intégrant la variabilité génétique des pathogènes, (iv) le développement de la sélection assistée par marqueurs pour cumuler différents gènes de résistance, (v) l'appréciation sensorielle de nouvelles variétés résistantes par les consommateurs.

De nombreux résultats ont déjà été obtenus dans le cadre du projet D.A.R.E. En particulier, plusieurs variétés de pommier se sont révélées résistantes à toutes ou à la majorité des souches utilisées en test et peuvent donc être utilisées comme sources de résistance utiles dans des croisements. Le test du pouvoir pathogène de 39 souches européennes de *V. inaequalis* sur une gamme de 8 cultivars a montré la présence de nouvelles souches virulentes vis-à-vis de Vf dans plusieurs pays européens. Ce projet prendra fin en Avril 2002 mais les travaux engagés permettront d'obtenir des résultats au-delà de ce terme, en particulier en ce qui concerne la variabilité du pouvoir pathogène de la tavelure et de l'oïdium.

Des retombées concrètes affecteront également les programmes d'amélioration génétique : les travaux de biologie moléculaire ont permis en effet de trouver des marqueurs de gènes de résistance à ces 2 pathogènes. Ceux-ci sont des outils indispensables pour mettre en place de nouvelles stratégies d'hybridation combinant dans une même variété des résistances majeures (monogéniques) et des résistances partielles *a priori* basées sur plusieurs gènes (polygéniques). Ce type de combinaison pourrait donner des résistances durables face à l'évolution potentielle des champignons tant en terme de nouvelles races qu'en terme d'augmentation de leur agressivité.

CONCLUSION-PERSPECTIVES

De nouvelles races de *Venturia inaequalis* virulentes vis à vis du gène Vf sont apparues ces dernières années, elles attaquent certaines des nouvelles variétés actuellement en expérimentation avancée ou déjà commercialisées. De nouvelles stratégies d'hybridation ont été mis en place ; appuyées par de nouvelles techniques de sélection, elles devraient permettre la création, dans les prochaines années de variétés résistant durablement à la tavelure . Néanmoins, pour assurer une réelle pérennité à ces systèmes de résistance, il faut envisager dès à présent des pratiques culturales visant à limiter le taux d'inoculum dans les vergers et ainsi réduire le risque de recombinaison du parasite qui est la source d'apparition de nouvelles souches de tavelure.

A plus long terme, des stratégies de déploiement dans l'espace et dans le temps des différentes variétés pourraient également être envisagées ; leur intérêt a été montré chez les cultures annuelles. Une de ces stratégies est la plantation de mélanges variétaux, dont l'un des intérêts majeurs est de réduire ou de ralentir les épidémies de certaines maladies aériennes aériennes (Wolfe, 1985 ; Zhu et al, 2000). Chez les plantes pérennes, l'intérêt d'associer des variétés sensibles à des variétés résistantes pour diminuer la sévérité des épidémies de tavelure du pommier a été montré par simulation (Blaise et Gessler, 1994). Cependant, peu de résultats expérimentaux ont pu confirmer ces données. C'est pourquoi l'INRA d'Angers (UMR PaVé) a engagé un programme d'étude de l'influence des mélanges variétaux sur les épidémies de tavelure. Ce programme concerne l'association de variétés résistantes par le gène Vf avec des variétés sensibles, et avec des variétés à résistance quantitative (classées peu sensibles au verger). L'étude est en cours actuellement, il n'est donc pas possible de savoir si cette stratégie est efficace et applicable en pratique. De plus, l'association de différentes variétés n'est pas une stratégie pouvant être employée seule ; elle doit s'accompagner d'un programme de traitements fongicides, dont les modalités, que ce soit en Protection Fruitière Intégrée ou en Agrobiologie restent à définir. L'évaluation de l'intérêt de ce type de plantation devra aussi s'accompagner d'études concernant les associations les plus favorables. La question de l'intérêt de planter les mélanges à priori les plus efficaces (mélanges dans le rang), par rapport aux difficultés engendrées dans la conduite du verger doit être posée, et peut trouver une réponse différente suivant le type de production.

Références bibliographiques

- BENAOUF G., PARISI L., 2000. Genetics of host-pathogen relationships between *Venturia inaequalis* races 6 and 7 and *Malus* sp. *Phytopathology* 90:236-242
- BLAISE P.H., GESSLER C., 1994 : Cultivar mixtures in apple orchards as a mean to control apple scab ? *Norw. J. Agric. Sci.* 17 :105-112
- LAURENS F., 1996. Review on the current apple breeding programmes in the world : objectives for scion-cultivar improvement. Proc. of Eucarpia Meeting on Fruit Breeding and Genetics. Oxford 1-6 sept. 1996. *Acta Horticulturae* 484 : 163-170.
- LAURENS F., LESPINASSE Y., FOUILLET A., 2000. A new scab resistant apple : 'Initial'. *Acta Horticulturae* 538, 707-710.
- PARISI L., LESPINASSE Y., GUILLAUMES J. AND KRUGER J., 1993. A new race of *Venturia inaequalis* virulent to apples with resistance due to the Vf gene. *Phytopathology* 83 (5), 533-537.
- PARISI L., LESPINASSE Y., 1996. Pathogenicity of *Venturia inaequalis* strains of race 6 on apple clones (*Malus* sp) *Plant Dis.* 80:1179-1183
- PARISI L, DUREL C.E., LAURENS F., 2000. First report on the presence of *Venturia inaequalis* race 7 in French apple orchards. In: Parisi L. (ed) *Integrated Control of Pome Fruit Diseases*. Proc of 5th Workshop, Fontevraud-l'Abbaye, France, 24-27 August, 1999. *IOBC/WPRS Bulletin* Vol 23(12), 99-104
- SMITH M.W.G., 1971. National apple register of the United Kingdom. *Min. Agric. Food & Fish.*, London. 652 p.
- WATKINS R., 1985. Apple genetic resources. Proc. Eucarpia Fruit Section Symp., Rome. *Acta Hort.* 159. pp 21-30.
- WAY R.D., ALDWINCKLE H. S., LAMB R.C., REJMAN A., SANSAVINI S., SHEN T., WATKINS R., WESTWOOD M.N., YOSHIDA Y., 1990. Apples (*Malus*). in Moore J.N. et Ballington J.R.(eds). *Genetic resources of temperate fruit and nut crops 1*. Wageningen ISHS. (*Acta Hort.*290) pp 3-62.
- WOLFE M.S., 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Annual Review Phytopathol.*, 23 : 251-273.
- ZHU Y.H.R., CHEN J., FAN Y., WANG Y., LI J., CHEN J.X., FAN S., YANG L., HU H., LEUNG T.W., MEW P.S., TENG Z., MUNDT C.C., 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406 : 718-722.

SELECTION DE VARIETES DE POMMES, DE POIRES ET DE PORTE-GREFFE POUR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

TONY WEBSTER

HRI (Horticultural Research International)

HISTORIQUE

Aujourd'hui la majorité des producteurs qui tentent de produire des pommes et des poires biologiques à échelle commerciale, cultivent des variétés conventionnelles. Deux raisons expliquent cela. Tout d'abord, la plupart de ces producteurs de pommes biologiques ont des vergers qu'ils ont convertis du conventionnel au biologique durant la période requise de trois années. Ensuite, la demande des supermarchés pour ces variétés est bien établie et donc peu ou pas de promotion sera nécessaire pour assurer les ventes. Ces dernières années ont vu la mise sur le marché à travers l'Europe d'une quantité croissante de Jonagold, Cox, Gala et Braeburn certifiées biologiques. Cependant, les quantités produites sont toujours en-dessous de la demande estimée du marché. De même, des variétés de poires telles que Conférence, Comice, Packhams Triumph et Beurré Bosc produites biologiquement sont offertes à la vente.

Malheureusement toutes ces variétés sont très sensibles à la plupart des insectes nuisibles ainsi qu'aux maladies et ne sont, par conséquent, pas du tout adaptées à la production biologique. Le seul espoir permis aux producteurs du nord de l'Europe afin de produire des fruits commercialisables de ces variétés, réside dans l'application de traitements excessifs de soufre. Beaucoup considèrent cette pratique abusive comme contraire aux principes et objectifs de la production fruitière biologique.

Si à l'avenir la production de pommes et de poires biologiques doit être profitable, sans avoir recours à des traitements excessifs de soufre ni de cuivre, il devient essentiel de trouver des variétés résistantes ou tolérantes aux insectes les plus nuisibles et aux maladies. De plus ces variétés résistantes/tolérantes devront avoir une bonne texture, une bonne qualité gustative et être juteuses. Pour la vente en supermarché essentiellement les pommes et poires biologiques devront en plus être attrayantes. La majorité des consommateurs ne choisira pas d'acheter des fruits qui n'ont pas une couleur attrayante, qui sont petits ou qui portent des marques laissées par le passage d'insectes. Cependant, une bonne qualité gustative et une belle apparence sont toujours des critères importants pour beaucoup de consommateurs.

Bien que dans de nombreuses régions de l'Europe du sud les principales contraintes à la production biologique de pommes et de poires soient liées aux insectes nuisibles, en Europe du nord la tavelure (*Venturia inaequalis*) pose le plus sérieux problème. L'oïdium sur pommier (*Podosphaera leucotricha*) représente aussi un grave problème en Angleterre et dans d'autres pays. C'est pourquoi une résistance/tolérance à ces deux maladies est essentielle pour la production biologique dans ces régions. Des variétés résistantes aux maladies ou aux insectes nuisibles proviennent soit de lignées traditionnelles, conservées dans des collections ou des centres de ressources génétiques, ou soit de variétés issues de programmes de sélection variétale cibles. Beaucoup de programmes de sélection variétale à travers le monde ont comme principal objectif le développement de variétés de pommes ou de poires résistantes à la tavelure.

La gestion du sol d'un verger biologique (la terre sous les arbres ou l'herbe entre les rangées) est différente de celle pratiquée en conventionnel, en PFI (Production Fruitière Intégrée) ou encore pour d'autres formes de gestion. Les herbicides ne sont pas utilisés et le contrôle des mauvaises herbes ainsi que de la compétition générée entre l'herbe et les arbres, est soit beaucoup moins efficace ou demeure cher. A moins de faire des apports conséquents de compost tout au long de l'année, l'approvisionnement adéquat des arbres en nutriments peut poser un problème plus tard dans la vie du verger. Dans la compétition pour l'obtention de l'eau et des nutriments, les porte-greffes nanisants employés en conventionnel (M9 sur pommier et EM QC sur poirier) ne sont pas aussi efficaces que l'herbe et les mauvaises herbes. Parfois l'emploi de porte-greffes plus vigoureux que M9 ou EM QC peut être recommandable pour la production biologique.

VARIETES DE POMMES

En Europe du nord la variété de pomme idéale pour la production biologique commerciale devrait :

- a) avoir une résistance durable ou une forte tolérance à la tavelure et à oïdium
- b) avoir une bonne qualité gustative, être juteuse, avoir une bonne texture
- c) être attrayante et d'un calibre moyen à élevé
- d) être résistante/tolérante aux dégâts causés par les insectes nuisibles
- e) être précoce et productive
- f) ne pas être alternante
- g) requérir un minimum, voire pas du tout, d'éclaircissage excessif
- h) avoir une longue durée de stockage et ne pas subir de dommages en conservation

Pour le marché amateur, certains des critères ci-dessus sont beaucoup moins importants. En effet, l'apparence et la taille des fruits, ainsi que leur potentiel de stockage sont des critères moins prioritaires. Néanmoins, que ce soit pour une production à échelle commerciale ou amateur, la résistance/tolérance aux maladies reste le critère fondamental.

Beaucoup de variétés de pomme font preuve de divers degrés de résistance/tolérance à la tavelure. Certaines proviennent de lignées traditionnelles de Grande Bretagne comme Discovery et Edward VII. Cependant peu ont été plantées abondamment à travers les vergers biologiques d'Angleterre. Récemment des résultats de travaux de recherche entrepris en Belgique ont permis de tester plusieurs de ces variétés traditionnelles en verger biologique (Lateur 2000). Lors d'essais conduits entre 1985 et 1998, plusieurs variétés traditionnelles ont fait preuve d'un bon potentiel pour une utilisation amateur dans un système recevant peu ou pas de traitements pesticides.

Tableau 1 : variétés de pommes anciennes intéressantes en vergers à faibles niveaux d'intrants. Essais réalisés en Belgique

| variété | saison | Type |
|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| Grenadier | Eté/automne | A cuire |
| Reinette Evagil | Eté/automne | Couteau/à cuire/transformation |
| Président Roulin | Automne | A cuire |
| La Paix | Automne | Couteau/transformation |
| Cwastresse Double | Automne | Couteau/transformation |
| Blenheim Orange | Automne | Couteau/à cuire/transformation |
| Radoux | Automne (hiver) | Couteau |
| Joseph Musch | Automne (hiver) | Couteau/à cuire/transformation |
| Reinette Hernaut | Automne/hiver | Couteau/à cuire/transformation |
| Gris Braibant | Hiver | Couteau/à cuire/transformation |
| Godivert | Hiver | A cuire |

(d'après Lateur, 2000)

Dans les années 1990-1996 des études belges ont démontré que ces variétés subissaient beaucoup moins l'incidence de la tavelure que les variétés témoins Jonagold ou Golden Delicious. Cependant en 1997 même ces variétés furent atteintes plus durement par la tavelure que lors des années précédentes. Malheureusement, la plupart de ces variétés n'apportent qu'une maigre amélioration dans la résistance contre oïdium en comparaison avec Jonagold et souvent aucune amélioration par rapport à Golden Delicious. Joseph Musch et Cwastresse Double étaient les seules de ces variétés avec une résistance/tolérance à oïdium légèrement supérieure à Golden Delicious.

De nouvelles variétés résistantes à la tavelure sont en cours d'élaboration à travers les divers programmes de sélection variétale des pays producteurs de pommes. Bien que plusieurs gènes conférant une résistance à la tavelure soient connus, la plupart des nouvelles variétés résistantes dépendent d'un seul gène, Vf. La tavelure est connue sous de nombreuses races distinctes dont certaines, malheureusement, sont capables d'infester des arbres pourvus du gène Vf. Ceci peut expliquer la perte de résistance observée dans deux localités en Suisse année dernière sur la variété résistante Topaz. Dans un futur proche nous aurons besoin de variétés dont la résistance est conférée par plusieurs gènes. Seules quelques variétés ont à ce jour une résistance polygénique.

Des essais conduits en Europe et ailleurs ont à ce jour identifié seulement quelques variétés résistantes à la tavelure qui seraient acceptées pour la production commerciale et le marketing. Aucune de ces variétés n'est parfaite et il est probable que les producteurs biologiques auront besoin de changer leurs variétés assez fréquemment en fonction de la disponibilité des variétés améliorées. Quelques-unes des plus prometteuses figurent ci-dessous (Tableau 2). D'autres variétés apparaissant comme intéressantes, telle que Santana de Hollande, ont encore besoin d'être évaluées de façon plus approfondie.

Tableau 2 : quelques variétés RT prometteuses lors d'essais en Europe

| VARIETE | AVANTAGES | INCONVENIENTS |
|-----------------|--|--|
| <i>Julia</i> | Flétrit assez vite Bonne apparence, bonne QG si consommé à la bonne période | Pas de conservation, vigoureuse |
| <i>Retina</i> | Pomme précoce, avec bon aspect et bonne QG | Sensible aux pucerons, potentiel de conservation très court, vigoureuse |
| <i>E/11-20</i> | Pomme d'été attractive, production régulière, moindre sensibilité oïdium | Epiderme épais |
| <i>Topaz</i> | Maturité type Cox, avec très bon goût ; acceptée sur les marchés | Sensibilité au bitter pit, aux pucerons, Besoin d'AC, peut devenir grasseuse |
| <i>Resi</i> | Maturité type Cox, avec assez bons comportement et goût | Potentiel de conservation limité, éclaircissage obligatoire |
| <i>Viktoria</i> | Type jonagold, avec fruits douceâtres de bonne QG | Couleur foncée, potentiel de conservation limité |
| <i>Rajka</i> | Type Idared, Rendement important | Potentiel de conservation limité, couleur foncée |
| <i>Ariwa</i> | Type Idared Tolérante oïdium et pucerons | Alternante Qualité chute vite au fruitier |
| <i>Saturn</i> | Bon rendement, fruit attractif même en verger non traité | QG moyenne |
| <i>Goldrush</i> | Type Golden avec bonne QG, potentiel élevé de conservation | Sensible à l'oïdium A besoin de conditions climatiques adaptées |
| <i>Otawa</i> | Pomme acidulée, type Boskoop, Bon rendement, bonne QG, bonne conservation | |
| <i>Rubinola</i> | Type Jonagold avec bonne QG, bonne allure, et récolte précoce | Défoliation importante à la couronne de l'arbre, Rendement variable et potentiel de conservation limité |

QG : qualité gustative

Bien que pas entièrement résistante à la tavelure, la variété Pinova (Allemande) est apparue comme peu susceptible à cette maladie et peut donc être considérée pour la production biologique. Elle produit des fruits attrayants et goûteux, mais doit être éclaircie afin d'assurer une taille de fruit adéquate.

VARIETES DE POIRES

A travers plusieurs pays des programmes de sélection variétale essaient de produire des variétés de poires (*Pyrus communis*) résistantes aux insectes et aux maladies. Leurs principaux objectifs ont été la résistance/tolérance au feu bactérien (*Erwinia amylovora*), à la tavelure (*Venturia pirina*) et au psylle du poirier (*Psylla pyricola*). Treize programmes de sélection variétale de poire à travers le monde ont pour principal objectif la résistance à la tavelure, neuf autres programmes se concentrent sur la résistance au feu bactérien et six sur la résistance au psylle du poirier.

Peu des variétés produites ont été testées en production biologique. Les variétés et sélections du tableau 3 font partie de celles qui méritent d'être testées en production biologique.

Tableau 3 : sélections de variétés de poires résistantes à certains parasites

| VARIETE / SELECTION | TYPE | ORIGINE | COMMENTAIRES |
|---------------------|------|-----------|---|
| <i>Armida</i> ® | A | Allemagne | Tolérante à la tavelure ; comportement nanisant |
| <i>Hortensia</i> ® | A | | Très haut rendement, tolérante tavelure, bonne QG |
| <i>Eckehard</i> ® | H | | Tolérante à la tavelure, haut rendement, bonne qualité, conservation jusqu'en février |
| <i>Uta</i> ® | H | | Tolérante à la tavelure, en partie au feu bactérien, très bonne QG, croissance lente, haut rendement, conservation jusqu'en février |
| <i>David</i> ® | H | | Tolérante à la tavelure, conservation ralentie, conservation jusqu'en avril |
| <i>Haydeea</i> | AH? | Roumanie | Résistante au feu bactérien, et au psylle Récolte précoce, compatible sur Cognassier, productive, juteuse, jaune et rouge |
| <i>Euras</i> | AH? | | Résistante au psylle, tolérant au feu bactérien, très productive, fruits ovoïdes jaunes/verts, bon goût, conservation tardive |
| <i>Hermann</i> | P | Allemagne | Tolérance à la tavelure, bonne QG |
| <i>Isolda</i> ® | P | | Tolérance à la tavelure, au feu bactérien en partie, bonne QG |
| <i>Gepa</i> | P | | Tolérance à la tavelure, bonne QG avec rendement élevé |
| <i>Thimo</i> | P | | Tolérance à la tavelure, très bonne QG avec forts rendements |
| <i>Monica</i> | P | Roumanie | Résistance à la tavelure et au feu bactérien, conseillée pour le jus ou la consommation immédiate |
| <i>Getica</i> | P | | Tolérance à la tavelure et au psylle, précoce, fruit rouge, bonne QG |

A : variété d'automne ; H : variété d'hiver ; P : variété précoce

PORTE GREFFE

Les porte greffe nanisants, capables de résister à la concurrence de l'herbe et des éléments minéraux devraient constituer une avancée importante pour les producteurs de pommes et de poires biologiques. Les porte greffe avec un système racinaire profond et large, qui affichent une tolérance à la sécheresse temporaire, et qui optimisent les disponibilités en eau seront indispensables à l'avenir. Les porte greffe nanisants tolérants aux parasites du sol seront aussi importants. La fumigation n'est pas autorisée en agriculture biologique, et les porte greffe résistants au pythium et à d'autres parasites seraient les bienvenus. En ce moment, aucun porte greffe nanisant ne répond à ces exigences. Les sélections allemandes Jork 9 (J9) de vigueur comparable à M 26 ont montré une tolérance à la sécheresse lors d'essais à East Malling, et des essais complémentaires sont prévus avec ce matériel. D'autres nouvelles sélections de porte greffe de pommiers ont également montré une bonne tolérance à la sécheresse. Une alternative possible est d'utiliser des porte greffe semi-vigoureux (MM 106 ou MM 111), qui sont assez tolérants à la concurrence en eau, avec une variété intermédiaire (M 9 par exemple).

EM Quince C, le porte greffe nanisant en poirier a montré une sensibilité à la sécheresse temporaire. Espérons que les essais de nouveaux porte greffe Pyrus nous donneront du nouveau matériel avec un meilleur comportement.

Marc Trapman

Bio Fruit Advies
Dorpsstraat 32
4111 KT Zoelmond
Netherlands

Apple scab (*Venturia inaequalis*) is the most important disease in apple culture. Without effective control of this disease the main apple varieties can not be grown profitably in Europe. More than 75 % of the pesticides used in apple cultivation are used to control apple scab.

What is RIMpro ?

RIMpro is a modern apple scab management program that helps apple growers and advisors to control apple scab in an efficient and environmental sound way. In RIMpro background information from scientific research and practical experience is brought together. The program is continuously being developed further based on new research data and the experience of users.

Every spring the users get the latest update of the program. User licenses are sold on an annual basis.

How does RIMpro work ?

RIMpro simulates the biology of the apple scab fungus. During spring RIMpro calculates the maturation of the ascospores in the orchard based on readings from an on-site weather station. Mature spores can be discharged when climatic conditions are suitable. Subsequently the discharged spores germinate and infect apple leaves. All steps in this process are calculated quantitatively. The more spores that infect the leaves during the same infection period the more severe the infection is. The importance of the infection is quantified in RIM values. Applied fungicides can be administered in RIMpro. Residues of these fungicides are calculated based on the present knowledge on rain fastness, dilution by leaf growth and half life time of the chemicals involved.

RIMpro calculates the present situation based on readings from a weather station. For the coming 24 hours RIMpro makes a forecast based on extrapolation of the existing data, or input of weather forecast by the user.

Graphic output

The infection process and the fungicidal residues are presented in an easy to understand graphical way. The user gets quickly and completely informed over the situation and can optimize his or her decisions on scab management.

Practical experiences

The first version of RIMpro was released in 1993. Since then RIMpro has been extensively tested by researchers, advisors and fruit growers all over Europe. The ascospore discharge patterns as calculated by RIMpro were compared to real ascospore catches in orchards. Spray schedules based on RIM calculation were compared with strategies based on other scab warning systems and practices. These experiences were used to develop RIMpro further.

The general conclusion is that RIMpro simulates the ascospore discharge reasonably well. Management strategies based on RIMpro result in good scab control with considerably less sprays compared to strategies on Mills calculations or other scab warning systems.

More recently we have been using RIMpro to optimize the control of apple scab in organic orchards.

¹: biofruitadvies.nl

THE POST INFECTION USE OF LIME SULPHUR TO CONTROL APPLE SCAB
Experiences in the Netherlands 1999-2002¹

Marc Trapman

Bio Fruit Advies
Dorpsstraat 32
4111 KT Zoelmond
Netherlands

ABSTRACT

Until yet the fungicides in organic fruit growing (sulphur, lime sulphur, copper, claypowders) are used as protectants applied before the rain, or as stop-spray or during infection development. Post infection use of lime sulphur could reduce the number of spray rounds, allowing for the use of less pesticide, and reducing the adverse effect on beneficial insects and mites.

In the 30's of the last century post-infection effects of lime sulphur where found in lab and field trials. Effective control was achieved by applications 30 to even 72 hours after the start of rain. Field trials in the Netherlands in 1999, 2000 and 2001 confirmed that post infection applications of lime sulphur are effective under field conditions till at least 20 hours after the start of the infection.

Evaluation of the practical experiences with the use of lime sulphur as post infection spray 2000 and 2001 however learned that a dose of at least 0,15 % should be used, and the product should be applied with a high water volume, or on wet leaves to allow for a effective contact between the pentasulphides and the fungus.

In 2000 one application of lime sulphur two weeks after blossom lead to severe russetting of the fruit skin on the variety Jonagold.

INTRODUCTION

The fungicidal and insecticidal properties of lime sulphur where revealed in the 19th century. At the beginning of the 20 the century the use of limes sulphur to control apple scab spread to all major fruit growing regions in the world. It was welcomed as alternative to the use of Bordeaux mixture as Bordeaux has strong phytotoxic effects. In the first halve of the 20th century lime sulphur was worldwide de one of the most important fungicides for the control of apple scab. After the second world war its use declined as equal effective and less phytotoxic organic fungicides as thiram ferbam and captan came available.

At this moment lime sulphur still has a registration as fungicide in many countries but in the western world the use is reduced to "home and garden use" and as environmental save fungicide in organic agriculture. Recent years several trials where made to optimise the use of lime sulphur to control apple scab in organic fruit growing. (Kelderer 1997, Kelderer 2000, Zimmer 2000)

In the 30's of the last century post-infection effects of lime sulphur where recognized in field trials, but the treatments where found to be most effective the sooner they where applied after the beginning of rain. (Gloyer 1933) Hamilton found in his trials on potted plants infected in a moist chamber good control with applications up till 30 to 72 hour after inoculation. (Hamilton 1931) In his field trials he obtained good control with lime sulphur when applied 43 to 47 hours after start of rain. (Hamilton 1932).

Mills stated that "At most favourable temperatures thorough spraying with lime sulphur will prevent scab infection when applied within 50 hour after the beginning of the rain, and at lower temperatures for a considerably longer period" (Mills 1944).

Until yet the fungicides in organic fruit growing (sulphur, lime sulphur, copper, claypowders) are used as protestants applied before the rain, or as stop-spray or during infection development. Post infection use of lime sulphur could reduce the number of spray rounds, allowing for the use of less pesticide, and reducing the adverse effect on beneficial insects and mites. After march 2000 copper was not longer approved as fungicide in the Netherlands. For the Dutch organic growers it was of the highest importance to evaluate the properties of lime sulphur to control apple scab.

¹ : paper to be presented on the meeting in Weinsberg in February

MATERIALS AND METHODS

Small plot field trials

In 1999, 2000 and 2001 the effectiveness of post infection applications of lime sulphur was evaluated in field trials. The trials were made on Jonagold, the main variety in the Netherlands and regarded as highly susceptible to apple scab. The trial orchard in Zoelmond was left unsprayed in 1998, yielding a high ascospore inoculum in 1999. Trials were run each year during the primary infection season. The trees were left unsprayed for the rest of the year to allow for the build up primary inoculum for next years trials. No other pesticides were used.

In each year untreated objects were compared to three different strategies of lime sulphur application. The strategies differed in the moment of application relative to the moment of infection. In 2000 the treatments in the strategies to be compared were made almost exactly 10, 20 or 30 hour after infection. In 1999 and 2001 the timing was more variable. (table 1) Trials were run in a random block design with three replications.

Weather information was collected with an onsite Campbell data logger. Apple scab infections were calculated by the scab simulation program RIMpro. (Trapman 1994, 2000). The moment of infection was regarded as the moment that according to the simulation the first ascospores penetrated the leaves. (RIM-value >10). Infection periods with a low infection risk (RIM-value <100) were disregarded to limit the number of sprays per season meant to minimize the protective effect of previous applications.

The lime sulphur used in all trials was a product of Polisenio, 48022 Lugo, Italy, (30°-32° Bé at 20 °C, containing 17 % of CaS₅)

Applications were made with a hand held sprayer. Trees were sprayed until “run off” with a 1.5 to 2.0 % v/v lime sulphur dilution.

Observations on disease incidence were made by counting the number of scab infected leaves per 100 organs. (early season rosettes, later in season rosette + shoot leaves)

Table 1 Lime sulphur applications in the trials in Zoelmond 1999-2001.

Application time in hours before (-) or after (+) the beginning of the Apple scab infection.

| | Infection 1 | Infection 2 | Infection 3 | Infection 4 | Infection 5 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1999 | | | | | |
| | 3 April | 12 April | 22 April | 6 May | 11 May |
| Preventive-stop spray | - 5 | - 19 | - 14 | + 6 | + 8 |
| 8-26 hour post infection | + 8 | + 26 | + 9 | + 12 | untreated |
| 20-56 hour post infection | + 20 | + 56 | + 34 | + 31 | untreated |
| 2000 | | | | | |
| | 14 April | 22 April | 30 April | 17 May | |
| 10 hour post infection | +12 | - 48 | + 11 | + 11 | |
| 20 hour post infection | + 21 | - 48 | + 21 | + 21 | |
| 30 hour post infection | + 31 | - 48 | + 31 | + 31 | |
| 2001 | | | | | |
| | 16 April | 25 April | 3 May | 15 May | |
| Preventive-stop spray | - 3 | -1 | - 5 | - 6 | |
| 10-20 hour post infection | + 21 | + 20 | + 18 | + 10 | |
| 20-30 hour post infection | + 31 | + 32 | + 26 | + 20 | |

Practical field trial

In a organic orchard near Eindhoven in 2000 and 2001 two scab management strategies where compared:

1. Protective applications with wettable sulphur. (Thiovit, Syngenta Crop Protection, 80% sulphur). Applications shortly before the start of rain, or on wet leaves before the infection occurred.
2. Post infection applications of lime sulphur. (Polisenio) . Applications within 20 hours after infection had started.

The treatments as they where made in both years are in table 2 and 3

The trial orchard consisted of the apple varieties Elstar and Jonagold, the two main apple varieties in the Netherlands. The 1 hectare orchard was cross subdivided in 4 blocks. The strategies where applied as two replications in the two diagonal opposite segments. There was no field left untreated. Autumn 1999 most of the shoots of Jonagold where infected by apple scab so a abundance of primary inoculum could be expected spring 2000.

Weather information was gathered by an on site METY weather station. (Mety, Dordrecht, Netherlands). Scab infections where calculated with the simulation program RIMpro and interpreted as explained above.

Fungicide applications where made with a tractor pulled sprayer using 300 litre of spraying solution per hectare.

Trials where conducted during primary infection season. To prevent secondary infections form the second halve of May onward the orchard was treated regularly with wettable sulphur (3- 6 kg./ha).

Observations on disease incidence where made by counting the number of scab infected leaves per 100 organs at regular interval during the season.

Applications in commercial orchards

After march 2000 copper is not longer approved as fungicide in the Netherlands. In 2000 and 2001 organic apple growers in The Netherlands used lime sulphur as alternative to copper fungicides for the control of apple scab, mainly during the period of ascosporic infections.

Disease development in a number of orchards was monitored on both fruits ad leaves and the spray plans where compared to draw conclusions on the results of the scab management.

*Table 2 Fungicide applications in the trial at "De Wielewaal", Eindhoven, 2000
(Kg./ litre product per hectare)*

| Date | Condition of the during application | Wettable sulphur | Lime sulphur |
|----------------------|-------------------------------------|------------------|----------------|
| | | Protective | Post infection |
| 14 March | Dry | 4 kg | |
| 24 March | Wet | 4 kg | |
| 25 March | Wet | | 12 litre |
| 1 April | Dry | 4 kg | |
| 13 April | Dry | 4 kg | |
| 14 April | Wet | | 12 litre |
| 21 April | Dry | 5 kg | |
| 23 April | Wet | | 12 litre |
| 29 April | Wet | 3 kg | 10 litre |
| 3 May | Dry | 3 kg | |
| 8 May | Dry | | 10 litre |
| 16 May | Wet | 5 kg | |
| 17 May | Dry | | 10 litre |
| 23 May | Dry | 3 kg | |
| 29 May | | 4 kg | |
| 31 May | | | 12 litre |
| Number of treatments | | 10 | 7 |

Table 3 Fungicide applications in the trial at “De Wielewaal”, Eindhoven, 2001
(Kg./ litre product per hectare)

| Date | Condition of the during application | Wettable sulphur | Lime sulphur |
|----------------------|--|----------------------------|----------------|
| | | Protective | Post infection |
| 3 April | Wet | 4 kg | |
| 6 April | Wet | 4 kg | 15 litre |
| 10 April | Wet | 5 kg | |
| 11 April | Wet | | 15 litre |
| 17 April | Wet | 15 liter | Lime sulphur |
| 24 April | Wet | 5 kg. | |
| 27 April | Wet | 15 liter | Lime sulphur |
| 3 May | Wet | 5 kg. | |
| 4 May | Wet | | 10 litre |
| 16 May | Wet | 6 kg | |
| 19 May | Dry | Sulphur 6 kg + Goemar 2 l. | |
| 24 May | Wet | Sulphur 6 kg + Goemar 2 l. | |
| Number treatments | of | 11 | 7 |

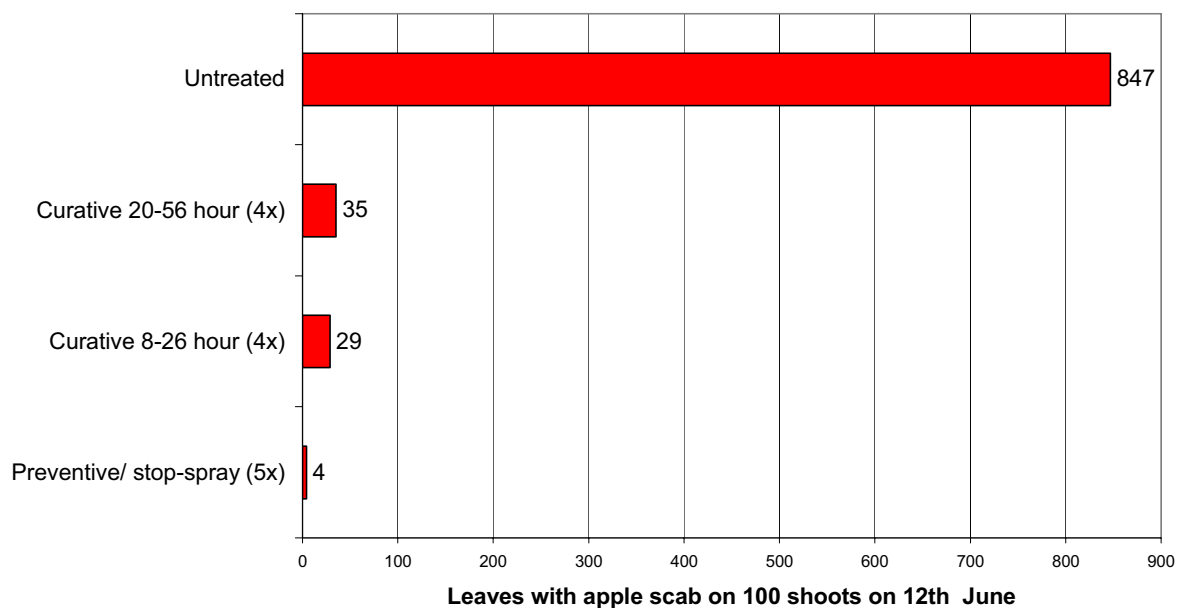
TRIAL RESULTS

Small plot field trials in Zoelmond

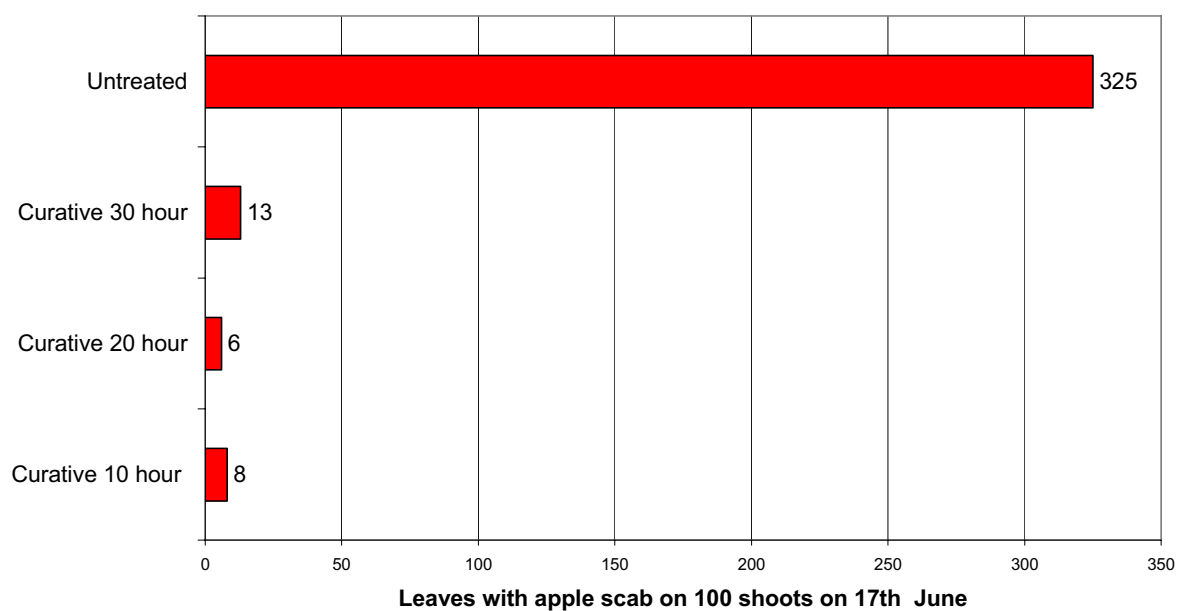
The results of the trials in Zoelmond are presented in graphs 1 to 3. Details on the results of the trials in 1999 and 2000 have been published earlier. (Trapman and Drechsler-Elias 2000)

In all three years the post infection applications were 95-99 % effective to control apple scab. There were no significant differences between the treatments made directly after or 30 hours after infection. The higher disease incidence in the curative objects in the 1999 trial was due to a secondary infection that was treated in the protective plots but left unprotected in the post infection plots. (Table 1) In the observations made on 25 May there was no significant difference between the two post infection treatments and the protective treated plots.

**Post-infection use of Lime Sulphur on Apple Scab
(Trial Zoelmond 1999)**



**Post-infection use of Lime Sulphur on Apple Scab
(Trial Zoelmond 2000)**



Practical field trials in Eindhoven

In 2001 during two infection periods (on 17 and 27 April) it was not possible to get the protective sulphur treatments on in time. On these occasions the whole orchard was treated with Lime sulphur within 20 hours after the start of infection. The results of the trials measured as the disease level after all primary infections on the leaves had become visible in June, and the percentage scab infected fruits at harvest, are presented in table 4. In both years the post infection treatments with lime sulphur were as effective as the protective scheme with sulphur. In both years several spray rounds in spring were saved by the post infection use of lime sulphur. With the post infection strategy 3 and 4 sprays could be saved during primary infection season.

Table 4 Results of the trial at "De Wielewaal", Eindhoven, 2000-2001
(average figures of the two replications)

| Date | Elstar | | Jonagold | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Wettable sulphur protective | Lime sulphur Post infection | Wettable sulphur protective | Lime sulphur Post infection |
| 2000 | | | | |
| Leaves with apple 22 June. scab at 100 shoots | 6 | 0.5 | 20.5 | 20 |
| Scab infected fruits Harvest | 0.4 % | 0 % | 0.2 % | 0 % |
| 2001 | | | | |
| Leaves with apple 28 June. scab at 100 shoots | 0 | 0.5 | 5.5 | 8 |
| Scab infected fruits Harvest | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |

DISCUSSION

The results from these trials confirm the information from e.g. Hamilton and Mills that lime sulphur can be used to control apple scab infections post infection. Based on these experiences a practical strategy based on applications with lime sulphur within 20 to 30 hours after the start of infection should be effective. In other trials in Norway and The Netherlands in which the post infection application of lime sulphur was delayed until 36 to 40 hours after start of infection the post infection applications were slightly less effective than the protective applied lime sulphur in the same trials. (Stensvand 2000, Heine 2000)

Recent, until yet unpublished, lab and semi lab studies (Schwabe 2000, Marchal 2000, Palm 2001) show that the effectiveness of lime sulphur declines rapidly after about 200 hours degrees after infection.

There is however an important difference between trials made under artificial conditions and field trials. Under lab conditions plants are artificially inoculated: all spores are brought on the plant surface at the same time. Infections are made at lab or green house temperature, mostly between 15 and 20 °C. In the field temperatures fluctuate, and on average much lower. The ascospores are being discharged over a longer time period, leaf wetness periods may be intermittent, and the infection process takes more time. The whole process leads to a much wider dispersion in the developmental stages of a field population of germination and infecting spores. Even in the case a treatment is made at 30 hours after beginning of infection, a larger part of the population is in a less progressed stage. Field trials are likely to show effectiveness longer after beginning infection than lab studies.

Despite these good results in trial situations, the results of the post infection application of lime sulphur in practice was not always as effective, and several drawbacks of these applications have to be considered.

Effectiveness

Many practical growers applied in 2000 and 2001 at least twice as many applications as in the Zoelmond trials with absolutely unsatisfying results. Both in 2000 and in 2001 several organic farms ended up with more than 50 % scabbed fruits. From the comparison of the spray notes, and discussions with the growers several possible explanations were revealed.

Active dose

In the trials a 1.5 to 2.0 % v/v dilution of Lime sulphur was used. Depending on the water volume needed to wet the orchard, and a density of 1.26 this is comparable to a dose 19 to 38 kilogram of lime sulphur /ha. The growers mostly used 10 to 15 kilogram per hectare. (extremes 6 and 25 litre). Most growers are using an alternate row spraying system to apply their sprays. They spray the total of their farm every second row, and that turn back to treat the other rows. Depending on weather conditions and orchard size there can be several up to 24 hours between the treatment of one and the other side of the tree.

Dose is critical to get good results. Hamilton considered 1/60 (1,7% v/v) as as effective as the normal rate of 1/40 (= 2,5 % v/v). A 1/80 dilution (=1,25% v/v) was in his few only effective in periods with low infection risk. (Hamilton 1931) 2 % v/v is the normal dose often mentioned in the literature of the first half of the 19th century. 1,5-2,0 % the rate currently advised in Northern Italy for pre blossom sprays. (Kelderer 2001) Zimmer also found 20 litre/ha. to be more effective than 10 litre/ha. (Zimmer 2000) This means that the dose used by the Dutch organic growers in 2000 and 2001 was relatively low.

Calciumpentasulphide, the main active ingredient regarding the post infection activity of lime sulphur is instable when diluted in water and brought under atmospheric conditions.. Circumstantial evidence (Doran 1922, Hartsuiker 1941, Tweedy 1981) suggest that within several hours the pentasulphides are reduced to elemental sulphur and other sulphur metabolites that only have a protective effect on apple scab infections. This means that by applying two times half rate as is done by alternate row spraying at least a part of the product may have been metabolised the moment that the second half of the rate was applied. Leading in time and place to a much lower active dose of pentasulphides on the treated apple leaves than necessary for good post infection control.

Spray volume

In our trials sprays were applied until run off, and/or the sprays were applied on wet leaves. In the fungicide trials mentioned in literature the products were also applied until run off. Dutch apple growers are used to apply their fungicides as concentrated sprays with 125 to 300 litre of water per hectare. They rarely spray on wet leaves as trials revealed that technically the distribution of pesticides is much better when applied with lower rates of water and on dry leaves.

In practice worst results were obtained by the growers using high travel speed, low water volumes and alternate row spraying with relatively large time interval between both sides of the trees. Best results were obtained by growers using higher water volumes, or treatments on wet leaves during infection development, smaller orchards that makes shorter time intervals between treatment of both sides of the trees.

Literature is not consistent in the role of the high pH of the spraying liquid in the effectiveness of lime sulphur on apple scab, but if the caustic effect plays a role, it can only be during wet phase directly after spraying. The pentasulphides able to penetrate the fungus and kill it can only do so in water phase and in direct contact with the fungus. There is no systemic transport of the fungicides in the leaves as with modern post infection fungicides. Low volume sprays on dry leaves that cover only 4-10 % of the leaf surface are therewith likely to have worse results.

When lime sulphur is not used as post infection fungicide but as protectant, not the pentasulphides but the elemental sulphur formed after the reduction of the polysulphides on the leaf acts as active ingredient. In that case alternate row spraying and water volume does not influence the effectiveness of the fungicidal activity.

Phytotoxic effects

After almost every application in the small plot trials in Zoelmond damage to the expanding leaves was visible, ranging from reduced leaf growth, asymmetric development of the leaves, a yellowish decolouration

of leaves, to burning of the tips and sides of the leaves. To a lesser extent these effects were also visible in the commercial orchards where lime sulphur was applied. In the literature phytotoxic symptoms are related to treatments preceding a frost period, treatments at a temperature above 32 °C, and combinations with oils. Also is mentioned that trees in weak condition suffer more than healthy trees with a balanced growth. The latter could be confirmed by our observations.

In 2000 both in our trials and on commercial farms treatments with lime sulphur two weeks after blossom (second half of May) caused severe russetting of the fruit skin. This russetting occurred on the variety Jonagold on all farms in the Netherlands and Belgium where lime sulphur was applied in that period. On average 26,4 % of the Jonagold yield (average of 23 orchards) was not marketable as table fruit due to severe russetting caused by one lime sulphur spray.

No cases of russetting on Elstar, Boskoop or Cox's could be correlated to the use of lime sulphur. The cause of these russetting on Jonagold could not be revealed. No combinations with oil or other spraying materials were made. No relation to the weather conditions during the applications could be found. The weather conditions during the casual applications and the resulting russetting in the Zoelmond trials are given in table 5.

The only remarkable fact was that during the first two weeks after blossom there had been unusual fair weather with low RH and max temperatures of 30. The day before the casual sprays the weather changed to cold and rainy with an max temperature of 15 degrees. This sudden change in climate could have made the young fruit skin more susceptible for spraying materials.

Applications of lime sulphur on Jonagold in other regions (Northern Germany, Southern Germany) in the same period in 2000 did not result in russetting. In 1999 and 2000 no russetting occurred after the use of lime sulphur shortly after blossom.

In trials where lime sulphur was tested as fruit thinning agent throughout Europe in 2000 and in other years high rates of lime sulphur were applied during blossom. Extreme russetting caused by these treatments was never reported.

Table 5 Weather conditions during the lime sulphur application and resulting fruit skin russetting in the Zoelmond trial in 2000. (average of 3 replications)

| Plot | Object | Weather conditions | Severely russeted fruits |
|------|------------------|--|--------------------------|
| 0 | Untreated | | 3 % |
| 1 | 17-5 day 15:30 | Leaves dry, wind, Quickly drying | 17 °C, 60 % RH 28 % |
| 2 | 18-5 night 01:30 | Leaves dry, some wind, Quickly drying | 11 °C, 72 % RH 31 % |
| 3 | 18-5 day 12:00 | Leaves wet, immediately after rain, trees dry at 13:00 hour. | 10 °C. 90 % RH 44 % |

CONCLUSION

Lime sulphur can be used for post infection control of apple scab until at least 20 hour after the infection has started. At least 1,5 % lime sulphur should be used. The leaves should be wetted thoroughly by application of high volume sprays, or application during the time the leaves are still wet.

The risk of russetting of the fruitskin on Jonagold by post blossom application can not be excluded.

REFERENCES

- BUTTLER and DORAN (1928), "Spray solutions and the control of apple scab."- N.H. Agr Exp Sta. Tech Bul. 36
- DORAN (1922), "Laboratory studies of the toxicity of some sulphur fungicides - N.H. Agr Exp Sta. Tech Bul. 19
- GLOYER W.O. (1933), "Evaluation of applications of lime sulphur for the control of apple scab". N.Y. Agric.Exp. Stn. Bulletin 624
- HAMILTON J.M. (1931), "Studies of the fungicidal action of certain Dusts and sprays in the control of apple scab". Phytopathology 21, 5 445-523
- HAMILTON J.M. (1932) "Recent investigations on the control of apple scab in the Hudson valley" New York state agr. exp. stn. Geneva. Bulletin No. 604
- HARYSUIKER K. (1940), "Het wetenschappelijk onderzoek van Fungiciden", Doc.Thesis University of Amsterdam
- HEINE B. (2000), PPO, Netherlands, Fungicide trials. Internal report. Unpublished.
- KELDERER M. e.a (1997) „ Schorfberegung : verschiedene Kupferformulierungen- Alternativen zum Kupfer-Gezielte Behandlung. „ 8.Internationaer Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau. 13 und 14 November 1997
- KELDERER M. (2000) „Zwei Jahre Erfahrungen mit der gezielten Schorfbekämpfung durch die Oberkronen Beregnung.“ 9.Internationaer Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau. 1 und 2 Februar 2000
- KELDERER M. (2001) "Leitfaden für den biologische Obst- und Weinbau 2001" Versuchszentrum Laimburg 2001.
- MARCHAL, K. (2000), Verzhuchsentrum Laimburg, Internal report. Unpublished.
- MILLS W.D (1944), " Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. Cornell extension bulletin 630.
- PALM (2001) Fungicide trials, unpublished.
- SCHWABE (2000) Fungicide trials for Polisenio. Unpublished.
- STENSVAND (2000) Fungicide trials of the Norwegian Planteforsk. Unpublished
- TRAPMAN M.C. (1994) Development and evaluation of a simulation model for ascosporeinfections of *Venturia inaequalis*. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, supplement No. 17: 55-67.
- TRAPMAN MC. (2000), Information on the apple scab management program RIMpro. www.biofruitadvies.nl
- TRAPMAN M., Drechsler-Elias E. (2000) „ Die Kurative Wirkung von Schwefelkalk gegen Apfelschorf“ Obstbau (10) p: 559-561
- TWEEDY B.C. (1981) "Inorganic sulfur as a fungicide". Residue Reviews (78): p 43-68
- ZIMMER J. (2000a): Die Wirkungen von Schwefelkalk. Obstbau 4: p 255-258
- ZIMMER J. (2000b): Gezielte Schorfbekämpfung mit Schwefelkalk. Obstbau 5: p 293-296

Joke BLOKSMA

Louis Bolk Institute, Hoofdstraat 24, NL 3972 LA Driebergen,
tel ++31-343-517814
Email: j.bloksma@louisbolk.nl

CONVERSION INTO ORGANIC

In the EU-standards you will find a period of three years for converting your orchard from conventional into organic. But conversion of your way of thinking about the orchard system and conversion of your root system and soil will take double time. The focus must change from curative to preventive. Production, growth regulation, fertilisation, undergrowth, weed control and water management all come together in the overall soil management.

In organic agriculture there is no consultant any more who prescribes to you what, when and how much to fertilise all your orchards. Organic fruit growers are invited to look with one eye in the soil and the other eye at their trees and decide for each field what is the optimal soil management. In Holland soil management is a main topic for many years in the work of Louis Bolk Institute together with the pioneer organic fruit growers and their consultancies. I will tell you about some aspects I learned in these years.

At several organic orchards you will see several systems: black tree strips, undergrowth, sandwich-strip, weeds, mulching, green manure, drip irrigation, overhead sprinklers, cow manure, chicken manure pellets, and, at first sight, some contradictory systems. They all can be optimal for some situations. The art of soil management is to decide what the optimal strategy for each situation.

Organic fruit growers can use some help in recognising the characteristics of their soil, be aware of the direction they want to develop their orchard and know the technical possibilities to reach that. Such a helper is the modern consultant for organic agriculture. The fruit grower asks researchers to provide the research results in a form that the grower can recognise if this issue fits in his/her development direction or not.

FEEDING THE TREE BY THE ROUNDABOUT OF FEEDING SOIL LIFE

Fruit growers know especially for fruit you need a well-drained, moist and well-aerated soil. Continuous moderate growth is the basic for fruit production and quality.

Soil life (bacteria, fungi, worms, etc) provides such a good soil for fruit. They build a soil structure that drains if wet and sucks up water if dry. Soil life feeds on raw organic matter, root exudates, grass chippings, fallen leaves, prunings, animal manure and decaying weeds. The humification part of soil life produces soil structure and humus. The mineralisation part of the soil life converts humus into easy uptaken nutrients.

In conventional fruit growing fruit growers use artificial fertilisers, dry or in fertigation, with the benefit of easy application, well-timed and well-dosed. In organic fruit growing, where a good soil structure is a basic condition, we use the roundabout of feeding the tree by feeding soil life. For the extra labour of the application of compost or composted manure you will get in return the labour of soil organisms: a better soil structure, a more regular water household, a better balanced input of all kind of (trace-) minerals and less leaching of minerals into ground water. The soil is not a dead substrate just to prevent trees being blown away, but a living organism connected and fed by root exudates of the fruit trees and undergrowth. This total system must be well cared and forms the basis for fruit production.

NUTRIENT BALANCE

In modern agriculture forming a nutrient balance is a common instrument to judge the fertilisation management and prevents losses into the environment. Simple balances are based on an idea of the soil as a dead system with minerals coming in by fertilisation and carried off by sold crop and some unavoidable losses. Sold fruits and growing wood only consist of a few minerals. Replacing them only asks for a little fertilisation. Doing this in conversion or a young orchard will get you into a shortage. Nutrient balance thinkers forget they build not only a crop but also a living soil. In vegetable growing this mistake is not too large, but in fruit growing you may not do this. Building a sward of grass in the aisle and enlarging organic matter in the soil asks for much more fertilisation than growing a fruit shrub or tree.

Organic matter in the soil has the function of financial capital in business. Starting a new orchard on ploughed meadow sward provides much more starting capital than starting from arable land. A new orchard on arable land needs a larger starting capital injection. Improving the soil structure is the profit of the invested capital. As you will not see from the outside of an enterprise there is much more inside circulation of money as you thought. See the drawing of the nitrogen cycle of an apple orchard.

Mineralisation processes provide a steady flux of nitrate from the humus, also when fertilisation was long ago. For this process the bacteria need humus, a soil without poison, and moist and warm conditions. With a yearly mineralisation of 1-4% of the humus, as is usual in organic soil in the Dutch or English climate, you provide between 20 and 300 kg N per hectare. This ranks between too little and too much for an orchard. Management of the mineralisation process is much more important than the amount of fertiliser. And so we come to tillage, weed control and water management.

I give a more complex balance for an organic apple orchard. Not for using these figures as fixed, but to get an idea of the order of the meaning of the several processes.

Nutrient balance for an organic apple orchard (J Bloksma 1998)

| amounts in kg/ha per year | nitrogen N | phosphate P ₂ O ₅ | potassium K ₂ O |
|--|----------------|--|-------------------------------|
| 2500 trees/ha, M9, 50% aisle with grass+clover | | | |
| in wood, root of the young tree | 15-50 | 6-14 | 20-40 |
| in the young sward or the aisle | 100-200 | 80-300 | 80-250 |
| total fixed: | 115-250 | 86-314 | 100-290 |
| winter reserve in buds and wood | 70-100 | 20-40 | 0-10 |
| fallen flowers, fruitlets and leaves | 40-70 | 10-20 | 38-65 |
| prunings (2-4 ton) | 7-14 | 5-10 | 8-15 |
| chippings of grass-clover (2-3,5 ton) | 48-100 | 17-33 | 75-135 |
| tree strip green cover (no grass) | 20-60 | 7-20 | 30-90 |
| total in circulation: | 175-344 | 59-123 | 151-315 |
| in harvest apples (15-30 ton) | 10-20 | 4-8 | 30-60 |
| leaching and volatilizing | 25-50 | 2-4 | 20-40 |
| total output: | 35-70 | 6-12 | 50-100 |
| atmospheric deposition | 30-60 (-100) | - | - |
| fixation by clover in the aisle | 30-50 | - | - |
| mineralisation and weathering | 20-300(-500) | 20-300 | 50-500? |
| by horizontal ground water stream | 0-50 | 0-20 | 0-50 |
| total input: | 80-460 | 20-320 | 50-550? |
| 10 ton composted cow manure | 40-60 | 20-40 | 60-120 |
| 20 ton liquid cow manure | 50-70 | 17-25 | 80-100 |
| 4 ton dry chicken manure with straw | 40-55 | 50-70 | 30-40 |

NITROGEN DYNAMICS

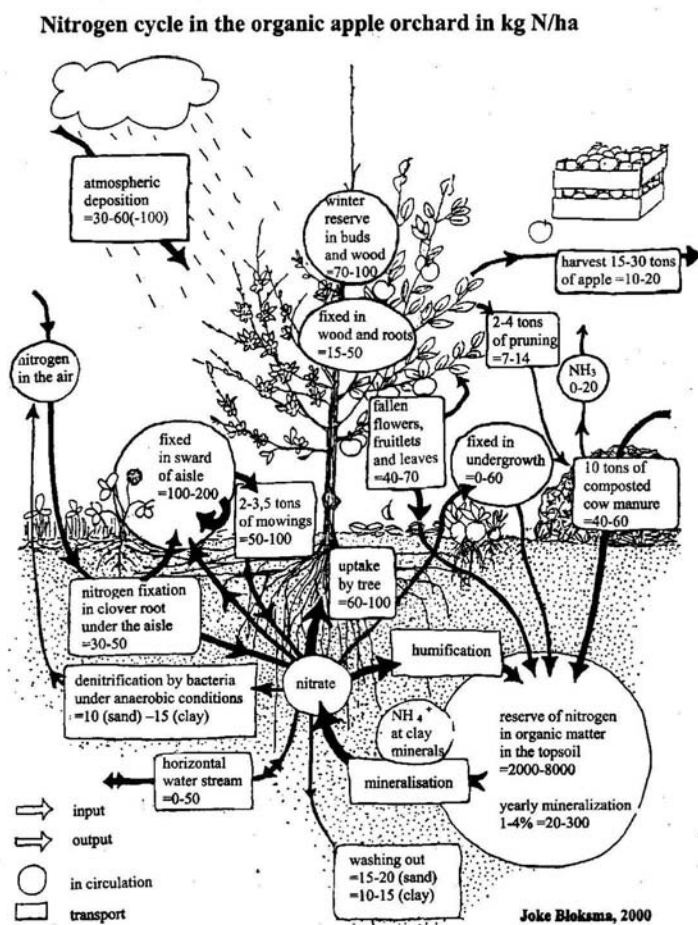
Nitrogen is a very important element in the physiology of a fruit tree. Fruit growers know: less in spring reduces fruit set, too much in June gives heavy dropping, too much in August reduces ripening and quality, too little in late summer makes weak flower buds for the next year.

Pioneers of organic fruit growing (Lust, Fürst, in the 1970s) learned in organic vegetable growing the importance of a high amount of organic manure, green manure and improving soil life. In fruit growing, however, this system leads to extreme mineralisation in late summer warmth and so leads to severe growth and less ripening. We learnt from these mistakes. Fruit production asks for a moderate soil activity, the accent is on building organic matter as in wood soil and not as much on mineralisation as in vegetable growing.

In organic orchards in our climate we often see a shortage of nitrogen at flowering time when the soil is too wet and too cold for mineralisation. When therefore fertilisation is improved you will find in many cases a surplus in late summer.

In conventional fruit growing literature you will find some thresholds for minimum nitrogen in the soil. Mainly known is the 50 kg N-min. in 0-60 cm depth in June (Quast 1996). In the organic orchards I also found less nitrogen and still production was fine over many years. When soil life conditions are good, the nitrogen flux can be quick (=it is produced quickly and is taken up by the roots quickly), without high values at one moment, but enough for the tree. Especially at tree strip with green cover I found this mineral N measurements of no use. The leaf analyses give better information to know what is really taken up.

For a small root system (dwarf rootstock, root pruning, berms) the roots need a higher amount of N (more fertilisation and more environmental losses) than in a deep and large root system. If you can control growth, an orchard with large roots is more minerally efficient than trees with a few roots.



LEGUMINOUS CROPS REDUCE FERTILISERS

In this period with cheap artificial fertilisers and manure excesses in the rich world, we often forget fertilisers are the limited factor in agriculture. The movement of organic agriculture strives after independence of manure surplus from conventional agriculture. This means organic farmers must use manure as efficiently as possible, prevent losses and uses leguminous crops for nitrogen fixation as much as possible. A specialised fruit farm without cattle has limited possibilities for legumes, but there are some: grass mixed with clover in the tramline, clover in the tree strip, one or two years of leguminous green manure before planting the trees and for larger farms a rotation with leguminous fodder crops and fruit crops.

MULTIFUNCTIONAL AISLES

The concept of 'multifunctional' aisle means we use the aisles not solely as access routes but also to produce organic material, to fix extra nitrogen by clover and provide a site for flowering plants for bees and natural enemies.

Together with a seed firm, Barenbrug in Holland, we developed a tramline seed mixture with grass and 10% white pasture clover to reach an optimum in organic matter production and trafficability ('Prosoil'). For existing grass strips it is possible to 'clean up' the grass with a shredder in April or August and over sow with some white pasture clover. Depending on what low umbellifer species will grow in the region, the fruit grower mixes some flower seed for natural enemies (dill, wild carrot, etc).

For some years LBI has counted the contribution of grass-clover in the aisle to the organic matter and mineral balance of several orchards. The yield of aisle mowings varied greatly. In a young orchard we replace about two tons of dry organic matter from aisle to tree strip which replaces ca. 50 kg N and 60 kg K per ha orchard. This home-grown organic matter reduces the need for manure. If the trees need extra potassium it is a good strategy to replace the mowings from aisle to tree strip. If extra potassium poses a risk to apple quality then keep the mowings at the tramline. Pears and berry fruit seldom have too much potassium, so this is a particular good strategy for those fruit species.

The following conditions are favourable for productive aisles: a young orchard where much light reaches the ground; broad aisles; white clover sown into the grass; a good soil structure; not much traffic and the sward not mowed shorter than ca. 8 cm. On loam, management was still good until 50% was covered by clover. To always provide flowers anywhere for beneficials access it is good practice to mow the aisles alternately and do the next time the other aisles.

STRATEGIES FOR TREE STRIP MANAGEMENT

A number of advantages and disadvantages of cover crops are discussed in my Dutch book about Soil Management (1996). Briefly stated, the advantages include more soil life, better soil structure, increased organic matter content, better oxygen supply for the tree roots, better ripening, no mechanical tillage through the soil and less *Phytophthora* rot in apples. Possible disadvantages include growth inhibition through moisture and nutrient competition and risk of mouse damage. In recent years a great deal of experience has been acquired with various types of cover crops under a wide variety of conditions. For practise we distinguish the following strategies:

1. **Most of the year keep clear by mechanical tillage and hand labour** and only from July (when fruits are hanging low) till harvest allow weed cover. This system fits where planting is very intensive, at locations with dry soil or in a young orchard. When mice problems are not severe it is possible to keep a weed cover in winter and the soil will dry quicker in spring. It is profitable to keep the tree strip as narrow as possible because of competition.

2. The **clover islands** method is an improvement of the above and the most minimal system of cover cropping, where a permanent 'island' of white pasture clover (*Trifolium repens*) is sown around the trunk and the stake, and the rest of the tree strip is kept free of growth. This system is suitable for an orchard where no irrigation can be provided. Broader cover cropping would provide too much competition with the trees in this situation. The hoeing machine is adjusted to hoe around the islands. The clump of clover appears to greatly reduce spontaneous grass growth surrounding the trunk. We assume that the clover clumps compete with the trees much less than do grass clumps. Moreover, clover clumps are much easier to remove than grass clumps and save hand labour.
3. The **permanent cover crop**, where white pasture clover (*Trifolium repens*) is sown and during the course of several seasons becomes spontaneously mixed with grass and weeds; the cover crop is regularly mowed (not under 10 cm high!). This strategy is suitable for fertile parcels, for somewhat older trees and where irrigation can be used. However, an ideal mowing machine is not yet available commercially, and no solution has yet been found for the increased risk of mouse damage.
4. The **late summer cover crop**, where a rapidly-growing green manure crop is sown in August which is mechanically removed in winter to avoid mice shelter. This strategy is suitable for young orchards where sufficient light falls on the tree strip, where there are not yet any low-hanging shoots in August when the seed bed must be prepared, and where some growth inhibition in late summer is necessary to allow the trees to finish growing and ripen their fruit. A great advantage of this system is the easy mechanical weeding in spring. Our experiments showed that the preparation of the seedbed requires much attention. The end of August turned out to be too late for sowing; the beginning of August was good for cruciferous plants (turnip=*Brassica rapa*, fodder radish=*Raphanus sativus oleiferus*) and *Phacelia*). A
5. The **'Sandwich system'** is where a narrow strip about 30 cm wide is sown between the trees and a soil strip is kept free of growth on both sides by a rotary hoe without feelers. The term 'sandwich' indicates how this system, when seen from above, resembles a sandwich; the dark soil strips resemble slices of bread and the strip of cover crop resembles the filling. It was developed in Switzerland by FIBL. This system combines the advantages of a tree strip that is kept clear of growth with those of a cover crop. Our research focuses on acquiring experience with managing various types of 'filling'. In the Dutch climate we experienced with success white pasture clover (*Trifolium repens*) and spontaneous weed growth. Other species were not worth sowing because weeds took over very quickly. As with permanent clover, the sandwich crop is mowed using a mower with feelers if it becomes too tall or if too many weeds are growing through it.
6. **Mulching with straw or bark chippings**. This system fits for very shallow root systems (as berries). It asks for extra nitrogen at the start. It is expensive for material and labour. Until now we wait for the invention of mechanical tool to manage the edge between mulch and mowed grass and to cut weeds coming through the mulch as couch. The plastic or woven mulch cloth is less ideal because of waste of material, damaging by grass mower, mice, management of the edge between cloth and grass and creeping weed from the aisle.

TOOLS FOR TREE STRIP TILLAGE

Last decade we saw good progress in mechanical tools for tree strip tillage in a very shallow and quick way. Many good tools from wine growing were introduced into fruit growing. At the moment the grower has to choose between many type of tools, each with advantages and disadvantages. The tool of the future is one that combines tools for different situations: rotary harrow or disc-harrow (severe sward, moist, making seedbed), flat share (quick, dry soil) and mowing under the tree (green cover) with tasters.

FERTILISERS

In my opinion the optimal feeding management is to feed the soil with raw organic matter as basic fertiliser and also have the opportunity to feed the tree for corrections with easy minerals in case of cold wet weather.

We have good experience with basic fertiliser as organic compost (compost from mushroom breeders) and self-composted organic cow manure. Of course, a main source of raw organic material to feed soil life is grass mowings, wood chippings, fallen leaves, flowers and fruitlets. Also, without organic manure the organic matter balance is positive for an orchard. Composted animal manure stimulates and leads to diversification of soil life much better than bloodmeal, dry chicken manure pellets or slurry.

Because of the consequent EU standards in organic agriculture there is not much choice for correction fertilisers or for organic fertigation. Urea is not allowed because of its synthetic source. High nitrogen sources, such as bloodmeal from intensive animal keeping or fluid aminoacid from animal destruction does not fit in to the ideal of sustainable organic fruit growing and will disappear in future.

After being involved with optimising nitrogen dynamics for many years, I will finish with the remark that some people focus too much on nitrogen. Production and flower buds are based on assimilates and not on nitrogen. Only in some cases you can say nitrogen is the limiting factor in assimilation. Much more often it is the quality of leaves (scab, mites), the uncontrolled vigour or lack of soil moisture.

LITERATURE IN ENGLISH OR GERMAN ABOUT SOIL MANAGEMENT IN ORGANIC FRUIT GROWING

- BLOKSMA J., 1996: Possibilities for soil management in orchards from an organic point of view. (A review in Dutch with an international literature list) LBI: LF39 (155 pages)
- QUAST P., 1996: Die obstbauliche Düngung im Lichte der neuen Düngeverordnung.(in German) Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes, 51, no 8 p.299-307.
- BLOKSMA J., 1997: Eye in the soil. (German with English summary) Tagungsband der 8. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, LVWO-Weinsberg. p.135.
- BLOKSMA J., 1998: Nährstoffströme in Obstanlagen. (in German), ÖkoObst 4/98, p.16-19.
- BLOKSMA J. en JANSONIUS P.J., 1999: Annual report 1998 organic fruit growing research plus plans for 1999. (in English) LBI: LF50.
- BLOKSMA J., JANSONIUS PJ.en ALBERS H., 1999: Farmer participatory research in Orchard Bokhoven 1996-1998 (to improve uptake of potassium and nitrogen, summary in English). LBI: LF52.
- BLOKSMA J., DE SCHIPPER J., VEIJER H., V.D. MAAS R. en OP 'T HOF M., 1999: Soil quality differences between a conventional and an organic apple production system at the Trial Garden 'Wilhelminadorp' (summary in English) LBI: LF54.
- BLOKSMA J. en JANSONIUS P.J., 2000: Annual report 1999 organic fruit growing research plus plans for 2000. (in English) LBI: LF56
- BLOKSMA J., JANSONIUS P.J., 2000: Calcium uptake and fruit quality. Tagungsband 9. Intern. Erfahr. Austausch über Ergebnisse zum Ökologischen Obstbau. LVWO Weinsberg 2-2000, p.111-115 (in English).
- BLOKSMA J. en JANSONIUS P.J., 2001: Annual report 2000 organic fruit growing research plus plans for 2001. (in English) LBI: LF60.
- BLOKSMA J. en JANSONIUS P.J., 2001: Undergrowth at the tree strip part 1: perspective of late summer sowings. (summary and table heads in English) LBI: LF62.

Annual reports and more Dutch publications you will find at www.louisbolk.nl

Dominique MASSENOT(AMISOL)

Tél. : 04 77 54 27 37 – Fax : 04 77 54 22 31
Dommassenot@wanadoo.fr

La fertilité d'un sol se traduit en terme de résultat,

La fertilité d'un sol est généralement considérée comme son aptitude à produire des récoltes abondantes, résultat d'une relative richesse de la solution du sol en tous les éléments nécessaires à la croissance végétale. Ce constat rempli de bon sens n'a malheureusement que peu de valeur explicative et renvoie uniquement à apporter les éléments solubles considérés comme déficients.

mais est avant tout la conséquence de sa nature et de son fonctionnement.

Le sol ne se limitant pas à la seule solution, il semble pertinent d'essayer de comprendre dans quelle mesure l'ensemble des constituants organiques et minéraux sont capables d'assurer l'alimentation et la régulation de la composition de la solution du sol. Il s'agit alors de pouvoir caractériser les différents composants du sol afin de connaître leur impact sur le fonctionnement du sol, selon les conditions de milieu présentes et l'activité biologique permise.

La méthode BRDA-HERODY est une approche ...

Le principe de la méthode BRDA-HERODY est de resituer l'information agronomique dans un cadre pédologique. L'agronomie a défini les besoins de la plante et cherche à évaluer si le sol peut couvrir les besoins de la plante, grâce à des analyses de terre qui reposent sur le principe formulé par Demolon dans les années 1930 : la plante se nourrit dans la solution du sol. La pédologie a défini tous les principes de fonctionnement et d'évolution des sols et son diagnostic repose sur les caractéristiques des constituants organiques et minéraux, notamment l'état de leur combinaison dans le complexe organo-minéral. Utilisant ces deux sources d'information, la méthode BRDA-HERODY part du principe suivant : la composition de la solution du sol est régulée par la nature et l'état du complexe organo-minéral.

consciente des limites du laboratoire ...

Quelle que soit la méthode, le diagnostic ne peut être établi sans quitter le laboratoire. Sans aucunement remettre en question le sérieux des laboratoires, au moins deux raisons font que la mesure ne représente pas toujours la réalité : l'échantillon au laboratoire n'est plus dans les mêmes conditions physiques que dans la parcelle (asphyxie, tassement, ...) et, si la présence d'un élément dans la solution du sol est un gage de disponibilité potentielle pour la plante, elle est malheureusement également une condition d'entraînement par l'eau hors du profil du sol. Les mesures d'activité biologique dans les conditions idéales du laboratoire ne reflètent pas forcément l'activité réelle dans la parcelle.

et qui prend en compte les caractéristiques du terrain :

Le fonctionnement du sol ne peut donc pas s'appréhender au laboratoire et il faut partir de l'étude du sol en place, ce que certains agronomes ont heureusement mis en avant par l'observation du profil cultural. Cette approche demande encore à être développée car une idée communément admise est que les racines des plantes se frayent naturellement un passage vers les horizons profonds. L'idée de faire un trou à la bêche, en allant voir un petit peu en dessous de l'horizon habituellement travaillé (si travail du sol il y a) paraît quelque peu saugrenue... Les problèmes de compactage, d'asphyxie ou de non décomposition de la matière organique peuvent se rencontrer malheureusement aussi en agriculture biologique!

les conditions de milieu ...

En dehors des facteurs climatiques (température, humidité, ...), le fonctionnement du sol est grandement influencé par les caractéristiques physico-chimiques du profil cultural. Un milieu suffisamment poreux et aéré est aussi important pour l'activité microbienne que pour l'absorption des nutriments par les racines. Le rapport entre oxygène/gaz carbonique ainsi que le niveau d'oxydo-réduction du milieu doivent être pris en compte avant le raisonnement des apports. Les racines profondes n'ont pas la même fonction que les racines superficielles et une nutrition équilibrée est avant tout le fait des conditions de milieu de l'horizon de surface.

Les observations physiques sont indispensables pour dresser un constat valable mais ne donnent pas toutes les clés pour savoir comment agir. Avant d'aller au laboratoire pour analyser les échantillons sous toutes les coutures, il faut encore enregistrer les informations géologiques et climatiques ayant une incidence sur le fonctionnement du sol.

ainsi que les données géologiques et climatiques.

L'information géologique porte sur la composition de la roche-mère et sur son degré d'altération indispensable à la mobilisation des éléments. La roche-mère n'est pas toujours la roche sous-jacente et il faut éviter l'amalgame entre nature de la roche et nature du sol : il est fréquent de trouver des sols non calcaire sur roche calcaire. Cependant, la roche-mère va déterminer la nature des particules minérales présentes et celle des éléments minéraux disponibles. En dehors des éléments nutritifs pour les plantes et les micro-organismes, la roche-mère fournit les particules minérales servant de trame à la construction du complexe organo-minéral et les éléments de liaison permettant d'accrocher la matière organique sur cette trame. Les carences éventuelles sont évidemment des facteurs limitants mais sont moins à redouter que les excès qui engendrent souvent des phénomènes géochimiques perturbant le cycle de la matière organique. Les conditions climatiques, température et précipitations, conditionnent les possibilités de transformation des matières organiques dans le sol et donnent un poids relatif aux trois grandes tendances que sont la minéralisation, l'humification et l'immobilisation.

Elle permet de connaître les caractéristiques du complexe organo-minéral ...

Dans ce contexte, la fertilité du sol repose sur l'état d'assemblage des composants actifs minéraux et organiques constituant le complexe organo-minéral. La liaison organo-minérale est réalisée par le fer et doit être stabilisé par la fourniture de bases (calcium ou magnésium).

Les composants minéraux actifs sont soit des limons fins (= particules pleines), soit des argiles vraies (= empilement de feuillets). Leur qualité est estimée par la mesure du CF (Coefficient de Fixation). A granulométrie identique, le CF varie dans de fortes proportions en fonction de la nature et de l'histoire des particules présentes.

Les composants organiques actifs proviennent de la décomposition de molécules issues du monde végétal ou animal mais toutes les MO (matière organique) dans le sol ne sont pas actives. Les MO actives sont, soit des petites molécules provenant de la minéralisation (= MO facilement utilisables par les microbes ou MOF), soit des molécules réorganisées et associées aux minéraux actifs (= Humus Stable ou HS) ou non (= 3^{ème} Fraction ou 3F). Le comportement et les besoins du sol vont s'apprécier par la répartition entre les MO actives (HS, MOF et 3F) et les MO passives, dites Ni-Ni, c'est-à-dire ni minéralisées, ni humifiées, mais qui ont uniquement tendance à s'accumuler.

Il ne s'agit d'un complexe argilo-humique que dans les cas où des argiles vraies et des humus vrais sont présents. Il est très fréquent de rencontrer des complexes limono-organiques. Il faut alors disposer, non seulement de fer de liaison comme pour les argiles, mais aussi de fer amorphe qui sert de point d'ancrage au fer de liaison sur les limons. La connaissance de l'état du complexe organo-minéral implique de mesurer le fer (liaison et amorphe) et les bases (calcium et magnésium).

afin de définir une politique d'optimisation de la fertilité du sol :

L'état du complexe organo-minéral est quelque chose de dynamique. Il faut encore savoir si le complexe organo-minéral est en cours de constitution, de transformation ou de dégradation. Dans les pratiques agricoles, une même technique, intéressante pour accélérer la constitution, va également provoquer une dégradation plus rapide. Toutes les techniques agricoles sont donc à réfléchir de ce point de vue.

- en matière de choix d'apport organique,

Le raisonnement des amendements organiques doit viser la régulation des flux de matières organiques. Il s'agit de se rapprocher d'un équilibre optimum MOF/HS en privilégiant l'apport de matières organiques choisies d'après leur comportement dans le sol. Ainsi, certaines MO sont considérées comme précurseurs de MOF (fientes, tourteaux, engrais verts,...) alors que d'autres sont principalement des précurseurs de HS (paille, écorces, bois de taille, ...).

Le compostage se justifie dans les sols déficitaires en HS et présentant des conditions défavorables à l'évolution des matières organiques. Encore faut-il le conduire de manière à obtenir un produit adapté au type de sol rencontré : dans certains sols, l'usage de composts réducteurs donne de meilleurs résultats que celui de composts aérés. De même, l'usage du compost dans les sols qui accumulent la matière organique peut augmenter le défaut de ces sols. En arboriculture, l'enherbement permanent est non seulement une source d'humus stable mais induit un ralentissement de l'activité minéralisante : c'est un facteur d'amélioration pour les sols ayant un niveau de MOF élevé alors qu'il est à proscrire dans les sols à niveau faible en MOF.

L'usage des guanos, fientes et autres engrais organiques ne faisant jamais d'humus stable n'est ni à proscrire, ni à conseiller systématiquement. Les sols déficitaires en MOF ou présentant des taux de matière organique trop élevés seront améliorés par ce genre d'apport, à dose compatible avec le CF du sol considéré. Par contre, dans les sols qui minéralisent beaucoup, leur emploi peut conduire à faire chuter le taux d'humus stable et entraîner des problèmes physiologiques sur la plante.

- en matière de chaulage,

Le fonctionnement du sol entraîne une perte en bases, constituée par les prélèvements des plantes et de l'érosion (lessivage). Tant que l'altération de la roche mère compense la perte, il ne faut surtout pas chauler : c'est le cas des sols calcaires. En revanche, tous les sols décarbonatés ou acides sont justifiables d'apports pour entretenir ou rétablir la saturation du complexe organo-minéral ; leur caractérisation sur le terrain est établie par l'absence d'effervescence à l'acide dilué. Le choix de l'amendement calcaire doit se faire de manière compatible avec l'ensemble des données du sol considéré : possibilité de marnes en terrains sableux, emploi de calcaire fin si les MOF sont faibles, etc...

- en matière de drainage et d'irrigation,

Les modifications des conditions de milieu, circulation de l'eau notamment ont non seulement une incidence sur la culture en place mais aussi sur le fonctionnement du sol. Par accélération de la circulation de l'eau, le drainage entraîne bien souvent un accroissement du lessivage, c'est à dire une augmentation des pertes en bases, en fer, en MOF et en nutriments pour la plante. Il faut alors compenser en augmentant les apports ou en choisissant des formes moins solubles. L'eau apportée par l'irrigation ne génère que peu de lessivage en saison végétative mais peut rendre localement le milieu totalement asphyxié, notamment avec le système du goutte-à-goutte. Le fractionnement et l'espacement entre les apports doivent prendre en compte ce risque.

- en matière de travail du sol,

Quand le manque d'oxygène devient un facteur limitant, le remède consiste alors en un travail approprié du sol : la situation est souvent préoccupante en vergers avec les passages d'engins en conditions pas toujours ressuyées après les pluies pour les traitements phytosanitaires. De ce point de vue, l'enherbement n'améliore pas systématiquement la structure et le fonctionnement du sol. Dans les sols sensibles au tassement, le système racinaire est parfois incapable de coloniser l'ensemble du profil. Il s'agit alors d'effectuer des façons culturales visant davantage un meilleur développement de l'enherbement que sa destruction.

- en matière de choix des engrais,

Enfin, la mesure des seuls éléments présents dans la solution du sol conduit fréquemment à sous estimer la fourniture du sol : c'est fréquemment le cas pour le potassium, par exemple, ce qui entraîne une chute de l'acidité et une diminution de l'absorption du calcium, si importante pour la fermeté du fruit. Il s'agit donc d'assurer un équilibre de disponibilité entre tous les éléments dont ont besoin la plante et les micro-organismes, en volume et surtout en flux. L'équilibre de disponibilité est également fondamental pour l'obtention d'une qualité : teneur en sucres et en acides, état sanitaire et aptitude à la conservation sont variables selon les années mais demandent au départ un bon équilibre de disponibilité, lequel est toujours régulé par le complexe organo-minéral.

Le choix des engrais doit toujours être compatible avec le fonctionnement du sol (phosphate naturel inutilisable en sol calcaire par exemple), même si cela implique d'utiliser des produits qui ne sont pas les

moins chers ou les plus facilement disponibles. Les doses et fréquences d'apport sont à raisonner en fonction du CF pour éviter les risques de dérive du fonctionnement du sol ou de pollution. La difficulté supplémentaire liée à l'emploi de produits organiques est de savoir à quel rythme ces produits vont se décomposer dans le sol : les minéralisations tardives des composts se traduisent plus souvent par des problèmes phytosanitaires que par le renforcement de la vigueur de l'arbre. Une simplification abusive mais fréquente consiste à utiliser des formules apportant les nutriments dans les mêmes rapports que ceux observés dans les exportations. En fait, les apports ne font que s'ajouter à la fourniture du sol dans les différents éléments et c'est la résultante de ces deux sources qui doit être en équilibre avec les besoins physiologiques de la plante.

pour obtenir un produit de qualité

Il convient donc d'appréhender le plus fidèlement possible la fourniture du sol en terme de quantités disponibles et surtout de cinétique de mise à disposition pour optimiser le fonctionnement du sol et permettre à l'homme de l'art de produire des fruits sains et savoureux.

Avec la participation de J.L. Petit, Consultant en arboriculture biologique

Pierre DELATTRE

INRA, Montpellier
2, place Viala – 34060 Montpellier Cedex
Tél. : 04 99 62 33 10 – Fax : 04 99 62 53 45
delattre@ensam.inra.fr

ETAT DES LIEUX

En verger, la majorité des dégâts liés aux rongeurs est imputable aux espèces prairiales.

Les dégâts sont de trois types :

- . destruction des arbres, par section des racines principales ou par écorçage des collets
- . impact sur la production, par attaque des radicelles et diminution du potentiel des arbres
- . impact sur la qualité des fruits (en particulier par la diminution de la taille des fruits qui entraîne leur déclassement)

Les espèces responsables des dégâts appartiennent à deux catégories :

. la destruction des racines est essentiellement causée par des espèces à mœurs presque exclusivement souterraines et dont les indices de présence les plus fréquents sont des tumulus de terre; il s'agit généralement de campagnols terrestres (*Arvicola terrestris*) en zones à vocation herbagère marquée, de campagnols souterrains (*Microtus subterraneus*) en zones de plaine, et de campagnols provençaux (*Microtus duodecimcostatus*) dans les régions méridionales.

. l'écorçage des collets est essentiellement causé par des espèces circulant fréquemment en surface et établissant des couloirs de circulation, plus ou moins cachés sous le couvert végétal, qui relie entre eux des terriers facilement observables. Il s'agit des campagnols des champs (*Microtus arvalis*) et agrestes (*Microtus agrestis*)

Les risques de dégâts sont liés à la vitesse de colonisation des vergers qui résulte de deux mécanismes :

- i) la reproduction, *in situ*, à partir de quelques couples reproducteurs ; ii) la dispersion, à partir de « disperseurs » provenant des milieux environnant le verger.

La reproduction : il existe normalement des freins naturels très puissants à la multiplication des espèces (les facteurs de régulation). Dans le cas des campagnols, le principal de ces facteurs est la prédation. En l'absence de ces freins naturels, quelques couples de campagnols par hectare suffisent pour assurer l'infestation complète d'un verger en moins de 18 mois. La mise en place de luttés curatives étant délicate en verger biologique, il est nécessaire de se donner comme objectif le maintien des effectifs à un niveau « zéro campagnol » et, en conséquence, de prendre activement toutes les mesures de lutte préventive possibles. Ceci implique notamment (cf listes de recommandations ci après) : la mise en place de mesures de dissuasion, la détection précoce des premiers individus (par observation régulière des indices de présence), leur destruction rapide (par piégeage ou application d'un produit homologué).

La dispersion : la colonisation des vergers à partir des milieux environnants dépend de deux paramètres : la proximité des « milieux sources » (= milieux produisant des disperseurs) et la densité des populations dans ces milieux sources. Ces deux facteurs dépendent avant tout des caractéristiques environnementales et en particulier de la composition et de la structuration des paysages. Concernant les « milieux sources » de rongeurs prairiaux, le plus grand risque est naturellement associé à la proximité de surfaces importantes de prairies. Le risque de rencontrer des densités élevées de campagnols en prairie est décroissant selon qu'il s'agit ; i) de prairies artificielles (luzernes, mélanges trèfles-graminées, etc) ; ii) de prairies de fauche ; iii) de

prairies pâturées, et, dans ce dernier cas, le risque diminue progressivement selon qu'il s'agit de prairies peu pâturées, régulièrement pâturées ou surpâturées.

En conclusion

L'évaluation du risque implique une prise de conscience précoce de l'ensemble des risques associés aux caractéristiques du verger et de son environnement à différentes échelles. Un cortège de mesures préventives peut et doit être envisagé, si possible dès avant la plantation du verger (cf mesures « avant plantation » et principes d'aménagement des zones périphériques au verger) et être ensuite suivi d'une surveillance continue du verger et de ses alentours.

| |
|--|
| <p style="text-align: center;">RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN PLACE D'UN VERGER DE PRODUCTION BIOLOGIQUE (stratégie de lutte préventive et continue)</p> |
|--|

CHOIX DE L'ENVIRONNEMENT DU VERGER

- A l'échelle régionale

Risque de pullulation subordonné à la proportion de l'habitat favorable, en l'occurrence ; le couvert herbacé.

Le risque devient élevé lorsque le rapport STH / SAU (surfaces toujours en herbe / surface agricole utile) devient supérieur à 50%.

- A l'échelle des paysages:

Risque de pullulation influencé par le degré de structuration du paysage:

A couverture herbacée égale, le risque de pullulation est considérablement réduit dans les paysages cloisonnés (réseaux bocagers) ou en damiers (mosaïques boisées) par rapport aux paysages ouverts ("openfields")

- A l'échelle du verger:

Risque de pullulation déterminé par la nature des parcelles contiguës au verger.

Le risque s'évalue en fonction de la proportion de parcelles enherbées, de leur proximité au verger et des caractéristiques d'exploitation de ces parcelles enherbées; pratiques intensives ou extensives, fréquence des fauches, type de pâturage, etc.

A cette échelle, la proximité d'un environnement "protégé" (= dont la structuration est assurée par un ensemble de bosquets et de haies) apparaît importante : la diversité et l'abondance des auxiliaires y sont supérieures, comparées à celles d'un verger isolé (situé en openfield par exemple), la régulation des populations s'effectue plus régulièrement et les risques de recolonisation sont moindres.

MESURES AVANT LA PLANTATION

Tenir compte de la structuration de l'environnement aux différentes échelles spatiales et, en fonction du risque évalué, investir plus ou moins dans l'aménagement de l'environnement immédiat du verger.

- A l'échelle régionale

. éviter les régions à vocation herbagère

. se placer le plus près possible, voire à l'intérieur, d'un massif boisé, d'un réseau bocager ou d'une mosaïque boisée

- A l'échelle des paysages

- . éviter le voisinage immédiat des prairies temporaires et en particulier des luzernes
- . préférer un environnement de cultures annuelles (crucifères, céréales d'été, betteraves) ou, à défaut, de prairies intensivement pâturées
- . éviter (si risque lié au Campagnol terrestre) les zones à végétation hygrophile et les sols argileux à forte capacité de rétention en eau

- A l'échelle du verger

- . mettre en place, en périphérie, ou au moins sur deux des côtés du verger, une surface boisée de 5 à 30 m de large
- . dans le cas de vergers de plus de 200 m de large, prévoir une bande médiane boisée de 5 m à 20 m de large, traversant le verger dans le sens de la longueur
- . au delà de 8 ha d'un seul tenant, morceler par des haies larges (plus de 20m)
- . dans toutes les situations, assurer la connectivité des vergers avec les éléments boisés les plus proches par des réseaux de haies, par des alignements de bosquets peu espacés ou, à défaut, par des murets rustiques.

MESURES PENDANT LA PLANTATION ET LES 3 PREMIERES ANNEES

Prendre des mesures préventives qui seront, si possible, programmées en fonction des cycles de fluctuations pluriannuels des campagnols.

- Plantation des jeunes arbres

- . préparer le sol, en automne, par labour ou par hersage
- . maintenir le sol nu pendant l'hiver précédant la plantation
- . planter les scions de préférence en fin d'hiver et pendant une phase de déclin des populations de rongeurs (on peut déterminer cette phase en observant, sur quelques parcours réalisés dans l'environnement des vergers, la fréquence des indices de présence des campagnols ; tumulus, terriers, galeries sous la végétation, etc.)
- . choisir des porte-greffes peu attractifs
- . contre les espèces souterraines; enfoncer profondément des cylindres protecteurs (grillages) jusqu'à 60 cm
- . contre les campagnols "de surface"; poser des gaines ou des colliers à la base des troncs des jeunes arbres

- Enherbement du verger

Si possible, maintenir le sol nu.

Si incompatibilité d'un sol nu avec la gestion du verger, semer l'herbe plusieurs mois avant la plantation des pommiers, rouler le plus fréquemment possible pour tasser le sol pendant la croissance de l'herbe et choisir des plantes peu appétentes pour les campagnols (l'intérêt de ce choix est à relativiser, la hauteur de la couverture herbacée jouant un rôle prépondérant ; éviter au moins les plantes et graminées à rhizomes, en particulier le chien dent, les pissenlits et les légumineuses et faucher régulièrement)

- Entretien du verger

- . maintenir mécaniquement le sol nu sur les rangées d'arbres ; au minimum sur 1 m de large, et de préférence sur 3 à 4 m (prévoir au moins deux passages par an, de préférence en juillet et en novembre)
- . maintenir l'herbe rase sur les inter rangs (quelques cms)
- . éviter tout mulch végétal et paillage du sol (préférer un mulch de pierres broyées)
- . éloigner les résidus de taille et les déchets de tous ordres.

PENDANT TOUTE LA PERIODE DE PRODUCTION

Lutter de façon préventive et continue et mettre en place des mesures de protection des auxiliaires naturels.

- Lutte contre les espèces "de surface"

Lutte moins nécessaire au delà des 3 ou 4 premières années qui suivent la plantation, sauf en régions enneigées régulièrement ou durablement; au moment des périodes d'enneigement, apporter momentanément une nourriture artificielle aux campagnols de « surface » (grains, résidus de taille).

- Lutte contre les espèces souterraines

Lutte préventive et permanente :

. par repérage des indices de présence des campagnols et des taupes (remarque importante : la lutte contre les taupes est nécessaire dans les régions où sévit le Campagnol terrestre. L'agrément de produits tel que les phosphures d'hydrogène devrait constituer un progrès dans la lutte à mener conjointement contre la taupe et ce campagnol)

. par élimination des campagnols (piégeage, traitements autorisés) et destruction des galeries souterraines (par roulage, scarification, hersage, etc.) dès l'apparition des premiers signes de présence.

- Mesures de protection ou de favorisation des auxiliaires

. faire prendre des mesures de protection des prédateurs (ni chasse, ni piégeage)

. faire des aménagements spécifiques :

pour les carnivores : aménagement du verger et de son environnement pour assurer une disponibilité suffisante de zones refuges (bois et bosquets) et de corridors (haies, murets, talus, etc.)

pour les rapaces : conserver des arbres âgés et élevés ; mettre en place des perchoirs artificiels ; prévoir un écartement suffisant entre les rangées d'arbres ; assurer la quiétude des lieux.

PRINCIPES D'AMENAGEMENT DES ZONES PERIPHERIQUES AU VERGER

- Mise en place des zones boisées

- . bosquets proches (moins de 100m d'intervalle) ou connectés entre eux par des haies
- . haies connectées

- Nature des boisements

en principe, les plus hétérogènes possibles:

- . dans leur composition (association de plantes herbacées, arbustives et arborées; de feuillus et de résineux)
- . dans leur structure (densités variables de plantations)

soit, en pratique:

- . alterner des zones à plantations denses avec des zones à plantations plus lâches
- . associer le plus possible arbres et arbustes
- . alterner ou associer des arbres à croissance lente (cèdres, hêtres, sapins, chênes ...) avec d'autres à croissance rapide (frênes, sorbiers, tilleuls, épicéas...)
- . éviter les alignements
- . installer quelques abris (tas de pierres, de bûches, etc) au milieu des bosquets et dans les haies les plus larges, à intervalles de 100 à 150 m.

BIBLIOGRAPHIE

- Les vertébrés ravageurs des végétaux. I. Aspects généraux. Bulletin Technique d'Information, 1991. Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 96 pp.
- Les vertébrés ravageurs des végétaux. I. Aspects spécifiques. Bulletin Technique d'Information, 1991. Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 98 pp. Les rats des champs. La Défense des Végétaux, 1990, numéro spécial, 260-261, 80 pp.
- DELATTRE P., CHASTE B. & SILVY C 2000. Lutte biologique et rongeurs. Dossiers de l'Environnement de l'INRA 19: 35-47.
- DELATTRE P., QUERE, J.P., GIRAUDOUX, P., GROLLEAU, G., HABERT, M. ET TRUCHETET, D. 1999. Lutte chimique et Campagnol terrestre. Mise au point du réseau scientifique "Populations et paysages". Courrier de l'Environnement de l'INRA 36 : 11-113.
- DELATTRE, P., DUPLANTIER, J.M., FICHET, E., GIRAUDOUX, P. 1998. Modifications de milieux et pullulations de rongeurs : conséquences en agriculture et en santé publique. Cah. Agric.,7 : 285-298
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P., GROLLEAU G., DEFAUT R., HABERT M., PRADIER, B., QUERE J.P., TOUSSAINT M., TRUCHETET D., 1996 - La lutte contre les campagnols champêtres. Enjeux et perspectives. La Défense des Végétaux, 489, 38-43.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P., DAMANGE J.P. & QUERE J.P., 1990a. Recherche d'un indicateur de la cinétique démographique des populations du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*). Revue d'Ecologie (Terre et Vie), 45, 375-383.
- DELATTRE P., CROSET H., ANGOT J.P. 1991 - Comment fonctionnent les populations de vertébrés ravageurs ? Bulletin Technique d'Information, 2, 16-25.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P., DAMANGE J.P., QUERE J.P., 1990b. Technique légère d'évaluation de l'abondance des populations du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*). Défense des Végétaux, Oct-Déc 90, 33-35.
- QUERE J.P., TOUSSAINT M., MUSART P., DELATTRE P. 1991 - Synthèse des connaissances nécessaires aux prévisions des pullulations du Campagnol des champs (*Microtus arvalis*). Bulletin Technique d'Information, 3, 17-26

Lionel ROMET

(G.R.A.B.) Groupe de Recherche en Agriculture Biologique

- Agroparc - BP 1222 - 84911 Avignon Cédex 9

Tél : 04.90.84.01.70 - Fax : 04 90 84 00 37

E-mail : arboriculture.grab@freesbee.fr

C'est à cause d'une demande croissante des producteurs biologiques que le GRAB a décidé de mettre en place une campagne d'essais sur la maîtrise des campagnols en Agriculture Biologique. Ce travail a débuté à l'automne 2000, d'une part avec des essais de terrains et d'autre part avec une recherche bibliographique ayant abouti sur une fiche technique spéciale campagnols incluse dans un guide ITAB à paraître.

Outre les méthodes primordiales de prophylaxie qui doivent être réalisées en vergers pour maintenir des niveaux de populations faibles et ainsi éviter les phénomènes cycliques de pullulations, des actions de luttés physiques sont parfois nécessaires pour réguler les campagnols.

Pour la saison 2000 / 2001, trois types d'essais ont été mis en place en régions Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Languedoc-Roussillon :

- un test de mise en place de plantes rodenticides ou répulsives dont l'intérêt sera leur introduction à proximité des arbres à protéger. Il ne pourra être abordé lors de ces journées techniques, faute de recul nécessaire.

- un test de gazage des galeries à l'aide de dioxyde de carbone (CO₂) beaucoup moins nocif que l'utilisation tolérée de monoxyde de carbone laissant des résidus de combustion dans le sol.

- un test d'un produit rodenticide en épandage au sol.

LE GAZAGE DES GALERIES

PROTOCOLE 2001

Lieu : Noves

Parcelles : Pommiers

témoin : 1 parcelle de pommiers de 0.5 ha

Traitement au CO₂ : 2 parcelles de pommiers de 0.5 ha chacune

Longueur des rangs : 90 m

Parcelle TEMOIN : pommier : variété : Tentation surgreffée sur Mutsu avec 6 rangs sur M9 et 6 rangs sur M7.

Parcelle GAZAGE : pommier : variété : Reinette grise du Canada sur M9.

nombre d'inter-rang : 7

Parcelle GAZAGE pommier : variété : Granny Smith® sur Pajam 1.

nombre d'inter-rang : 12

Gazage :

l'inter-rang est parcouru jusqu'au 1^{er} tumulus, qui correspond alors à un point de gazage. Tous les tumulus se trouvant dans les 10 m. suivants ne sont pas gazés. Le 1^{er} tumulus trouvé au-delà de ces 10 m. sera de nouveau gazé, et ainsi de suite dans tous les inter-rangs de la parcelle.

1 point de gazage / 10 m linéaire ou plus, dans l'inter-rang ou le rang.

5 min de gazage à 1 bar par point.

Observations :

24 h après le gazage

De la même façon que pour celui ci, dans les parcelles témoin, l'inter-rang est parcouru jusqu'au 1^{er} tumulus, qui correspond alors à un point d'observation. La galerie est alors mise à découvert. Tous les tumulus se trouvant dans les 10 m. suivants ne sont pas observés. Le 1^{er} tumulus trouvé au-delà de ces 10 m. est de nouveau observé, et ainsi de suite dans tous les inter-rangs de la parcelle.

Même principe dans les parcelles précédemment gazées.

Evaluation de l'activité des campagnols : 24 h et 96 h après le gazage, les tumulus rebouchés par les campagnols sont dénombrés.

Matériel : 1 bouteille de CO₂ de 34 kg de gaz avec un manodétendeur type C.

Caractéristiques et coût du gazage :

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Poids de la bouteille | = 109 kg |
| A 20 °C., 1 kg de CO ₂ | = 550 litres de CO ₂ |
| Quantité de gaz | = 34 kg = 18700 litres |

Consignes : n'utiliser que 10 % de la bouteille par heure pour éviter que le manodétendeur ne gèle, ou utiliser un réchauffeur électrique de 500 watts (impossible en condition de verges).

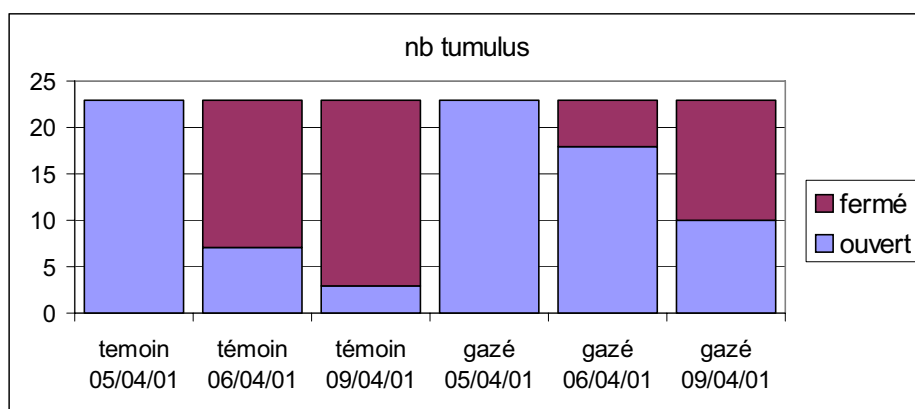
Consommation lors de l'essai :

37 points de gazage
5 minutes par points
pression à 1 bar.
≈ 100 litres / minute

| | |
|---------------------------|------------------|
| Contrat Air Liquide 3 ans | = 1200 F (183 €) |
| Bouteille de 34 kg | = 943 F (144 €) |
| Manodétendeur type C | = 1000 F (150 €) |

Résultats

Graphique 1 : nombres de tumulus restés ouverts et rebouchés par les campagnols après une ouverture provoquée.



Ce graphique nous montre l'activité rapide et intense des campagnols dans le témoin avec 70% des tumulus rebouchés après 24 h.

Le gazage a permis un net ralentissement de l'activité dû vraisemblablement à une mortalité de la plupart des individus (22% de rebouchage après 24 h). Après 3 jours, on s'aperçoit que les individus restants recolonisent l'ensemble du réseau de galeries.

LE PRODUIT RODONTICIDE

Parcelle : Variété Naturianes®

Surface : 0.25 ha

2 modalités

Modalités : produit sur 2 inter-rangs + périphérie de la parcelle (1600 m²)
et témoin sur 2 inter-rangs.

Produit : Lithothamne des glénans carbonate et sulfate de calcium

46 % CaO

17 % SO₃

4 % MgO

Dose d'application : 550 kg / ha

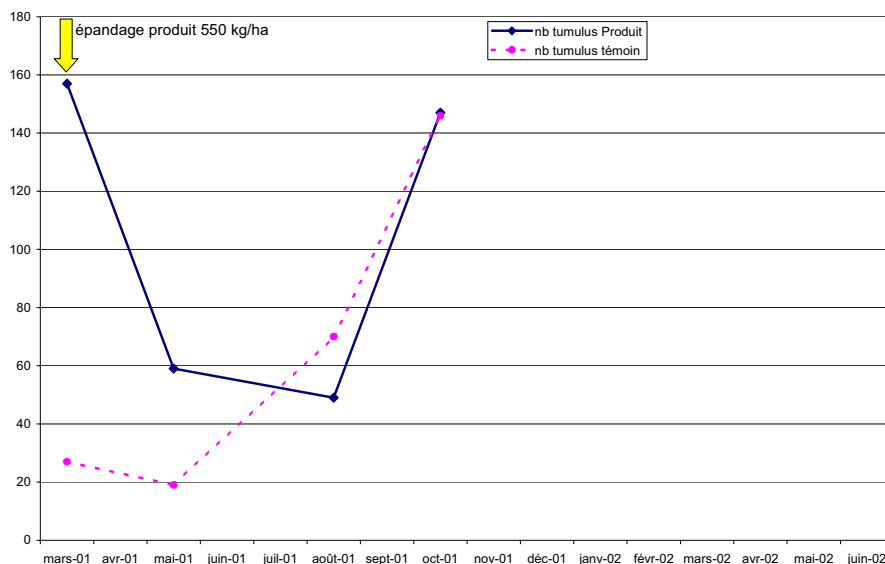
Produit conforme à la réglementation CEE de l'AB

Mode d'application : épandage sur toute la surface

Application fin-mars

Comptage : par cartographie des tumulus tous les 2 mois pendant 1 an minimum.

Résultats



Il est encore trop tôt pour savoir si la baisse d'activité des campagnols observée d'avril à août est due à l'épandage du produit ou simplement à la variation annuelle du cycle du campagnol. C'est pourquoi les valeurs ne pourront être réellement comparées que d'une année sur l'autre.

CONCLUSION

Le gazage au CO₂ a montré une très bonne efficacité, mais il faudra, dans le cas où un jour le CO₂ sera homologué au cahier des charges, travailler le sol après cette lutte pour détruire les galeries et ainsi empêcher la recolonisation rapide du verger. Ce moyen de lutte reste complémentaire à toutes les actions prophylactiques qui peuvent être mises en place autour du verger.

D'autres essais vont être réalisés par le GRAB chez des producteurs pour valider ces résultats et pour finaliser la période et le temps et la fréquence de gazage nécessaire pour une meilleure efficacité.

Le GRAB espère mettre en place un essai comparatif de plusieurs produits ou engrais ayant des propriétés rodenticides afin de compléter l'essai de cette année.

BIBLIOGRAPHIE

PELTZ, H.J., 1989. Vergrämung von Nagern. Welche Aussichten bieten physikalische Mittel ?. Der praktische Schädlingsbekämpfer. P.166.

PELZ, H.J., GEMMEKE, H., FRÖSCHLE, M., SCHRUF, G. 1987. Untersuchungen zur Wirksamkeit der Kohlendioxidbegasung gegen Schermäuse (*Arvicola terrestris*). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig). P. 39

**LA MAITRISE DE L'HOPLOCAMPE DU POMMIER *Hoplocampa testudinae*
EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

Joël FAURIEL

(G.R.A.B.) Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
- Agroparc - BP 1222 - 84911 Avignon Cédex 9
Tél : 04.90.84.01.70 - Fax : 04 90 84 00 37
E-mail : arboriculture.grab@freesbee.fr

PRESENTATION DU RAVAGEUR

Différentes espèces d'hoplocampes attaquent les fleurs et fruits des arbres fruitiers : l'hoplocampe du pommier (*Hoplocampa testudinea*), l'hoplocampe du poirier (*H. brevis*), du prunier (*H. minuta*), ...

L'hoplocampe est un ravageur souvent considéré comme secondaire en France qui pose surtout problème en agriculture biologique dans les vergers à faible pression de traitements insecticides. Il est plus problématique en Suisse, Allemagne ou Belgique. Il provoque un éclaircissage naturel peu préoccupant à la nouaison à faible intensité. Cependant quelques parcelles ont atteint des seuils non acceptables. Une fois de plus, l'observation et le suivi du ravageur doivent permettre d'intervenir avant que les niveaux d'infestation soient trop élevés.

1 - Description

L'adulte est un Tenthrede de 6 à 7 mm de long, de l'ordre des Hyménoptères. Corps noir brillant sur la face dorsale, le ventre et la tête jaunes. Ailes transparentes fortement nervurées. La larve, longue de 12 à 14 mm est une fausse-chenille de couleur blanc ocre avec une tache foncée sur les 2 derniers segments abdominaux. La tête est brun-rouge foncé. Elle est également identifiable par l'odeur forte de punaise qu'elle dégage. L'œuf est blanc, translucide et brillant, de forme allongée (1mm).

2 - Cycle biologique

Les hoplocampes effectuent leur cycle sur une génération annuelle. Le cycle peut s'étendre sur 2 ans si les larves hibernent une année supplémentaire.

Les premiers adultes émergent au printemps au stade bouton rose avancé. L'époque de sortie varie en fonction de la température du sol. Attirés par la couleur blanche, ils viennent butiner les fleurs ouvertes par beau temps. Avec leur tarière qui rappelle une scie égoïne (d'où l'origine du nom anglais : European apple sawfly), les femelles font une fente dans les espaces qui séparent les sépales à la base des fleurs et y déposent les œufs (une trentaine par femelle) à la pleine floraison. La ponte est marquée par une petite tache brune près du haut du calice et se déroule pendant la floraison. Les œufs ne sont visibles qu'après une période d'évolution embryonnaire qui les rend plus volumineux. L'incubation dure de 8 à 18 jours en fonction des conditions climatiques.

3 à 4 semaines plus tard après l'éclosion de l'œuf, la larve quitte le dernier fruit, se laisse tomber au sol, s'enfouit à 5-10 cm de profondeur et tisse un cocon dans lequel elle passera l'hiver.

3 - Dégâts

La jeune larve creuse une première galerie juste sous l'épiderme faisant le tour du fruit avant d'y pénétrer en profondeur (dégâts primaires). La larve va ensuite s'attaquer à d'autres fruits (4 à 5) en pénétrant directement au cœur en provoquant de larges cavités endocarpiques (dégâts secondaires).

Les dégâts sont caractéristiques (anneau en surface sous forme de russet + galerie interne + orifice de sortie large et net) et ne peuvent se confondre avec des piqûres provoquées par les chenilles de lépidoptères (carpocapse, tordeuses). Ils ressemblent cependant fortement aux dégâts causés par la Tenthrede de l'oseille.

Les galeries superficielles sont souvent accompagnées de déformations. La plupart des fruits visités tombent à la chute de juin (nouaison). Des déjections foncées sont visibles à proximité de la perforation.

Les dommages provoqués par l'insecte sont variables en fonction de l'intensité de la floraison et des conditions climatiques. Les variétés à floraison groupée (la période de ponte étant assez courte), dont l'époque coïncide avec la période de ponte de l'hoplocampe (fin mai) et à épiderme peu épais sont particulièrement sensibles.

LES STRATEGIES DE LUTTE

1 - Observation en verger

Le suivi des vols à l'aide de pièges est très efficace et nécessaire avant d'envisager une lutte éventuelle.

Pose de pièges pour le suivi des vols et utilisation :

Matériel : pièges blancs englués. Exemple : Plaque plastique 15 x 20 cm, Rebell
Nombre de pièges : 2 / ha. 2 à 4 par parcelle. Une étude suisse a montré que 3 pièges par variété espacés à plus de 50 m donnés un suivi cohérent des populations et permettent de modéliser le développement du ravageur.
Epoque : A poser au stade bouton rose et à retirer dès la chute des pétales pour ne pas perturber les pollinisateurs (hors abeilles) et attraper des insectes utiles.
Orientation : Sud, sur la périphérie de l'arbre, à 1,80 m de hauteur environ
Seuil d'intervention (captures sur la période de floraison) : 4-6 adultes (Québec), 20 à 30 en PFI (Suisse).

On observe une bonne corrélation entre l'invasion des corymbes et le nombre de captures. Pour l'hoplocampe du poirier, il a été observé qu'une moyenne de 20 captures par piège correspondait à l'invasion de 7 % des corymbes avec 2 à 4 pièges Rebell par parcelle. Les captures sont maximales en dehors de la floraison (concurrence avec les fleurs)

2 - Lutte prophylactique, biologique, physique et insecticide

Pour ce ravageur, il est conseillé de retirer les fruits attaqués le plus tôt possible.

Régulation par des agents biologiques

2 Hyménoptères Ichneumonides sont des insectes auxiliaires actifs et indigènes en Europe. *Lathrolestes ensator* (endoparasite des larves) est attiré par les sécrétions de composés volatiles de la larve (Terpènes). La larve est protégée tant qu'elle est dans le fruit et l'attaque par cet auxiliaire ne se ferait qu'au stade larvaire final lors de la migration dans le sol. *Aptesis nigrocincta* parasite les cocons dans le sol.

Les nématodes entomopathogènes (*Steinernema carpocapsae*) appliqués au sol peuvent parasiter une partie des larves hivernantes. Application de 40 à 80 nématodes par cm². Les champignons entomopathogènes (*Paecilomyces farinus* et *P. fumoroseus*), également appliqués au sol, affectent la fécondité et la durée de vie des adultes qui émergeront l'année suivante. Les *Beauveria* sp. sont moins efficaces.

Le piégeage massif

La technique du piégeage massif a un résultat très dépendant du type de matériel utilisé. Les essais du GRAB sur la mouche de la cerise et l'expérience de certains producteurs l'ont confirmé : il est important d'avoir un piège dont la surface colorée soit bien visible quelque soit l'orientation : les pièges de forme cylindrique ou de type Rebell® (plaques inter-croisées) sont plus efficaces qu'une simple plaque plane. L'efficacité de la technique dépend également de la quantité de pièges posés à l'hectare. Les résultats sont visibles après 3 ans de piégeage dans des vergers infestés.

Les insecticides naturels

La lutte insecticide s'organise juste après la floraison (stade G) lorsque les pièges ont démontré une pression justifiant un traitement. Un deuxième traitement peut être nécessaire en cas de forte pression 15 jours plus tard. Les suisses considèrent qu'un traitement est justifié si 5 à 8 % des fruits sont atteints l'année précédente. Rappelons qu'à cette période, la faune auxiliaire s'installe peu à peu dans les vergers et que toute intervention insecticide lui sera préjudiciable. Il n'existe pas de phéromone synthétisée pour ce ravageur. Le *Bacillus thurengiensis* et le savon auraient un effet limité.

Plusieurs insecticides végétaux (Pyrèthre, Roténone, Quassia) ont eu une action limitante sur les attaques. Le Quassia est considéré comme produit relativement efficace et moins toxique que ses 2 confrères en Suisse. Il fonctionne surtout avec des pressions moyennes.

3 - Test de l'efficacité d'extraits de Quassia

Présentation de la plante

Le Quassia est un arbre tropical d'Amérique du Sud peu répandu et connu depuis longtemps pour ses propriétés médicinales (appétant, cytostatique, tonique,...) et insecticides (le bois de l'arbre est "résistant" aux insectes). Il est par ailleurs utilisé en distillerie.

Sous le nom commun de *Quassia amara* se distinguent souvent deux espèces d'arbres de la même famille des Simaroubacés :

- *Quassia amara*, ou bois amer de Surinam, ayant pour origine la Guyane, la Colombie, le Brésil, Panama ou l'Argentine.
- *Picrasma excelsa*, ou bois amer de Jamaïque, originaire des petites Antilles, Karibische et le Venezuela du nord, Asie. Ce bois, plus amer et à priori plus riche en quassine que *Quassia amara*, ne figure pas dans le règlement européen n°2090/91 modifié. Il existe 8 espèces de *Picrasma* dont beaucoup contiennent également les mêmes composés actifs (*P. quassioides* = *P. ailanthoides*).

La principale molécule active est la quassine, composé hétérocyclique amer, et ses dérivés (quassinoïdes) présents à raison de 0.5 à 0.6 ppm dans l'écorce. Les préparations insecticides devront extraire au maximum la molécule des écorces. Les produits à base de Quassia ont montré une efficacité sur les ravageurs suivants : pucerons, hoplocampes, doryphore, la mouche des fruits et le *Bombyx mori* L.

Le produit est noté peu toxique et non toxique sur les abeilles. Ingré à forte dose, le Quassia réduirait la fertilité des rats en test in-vivo. Un produit (Quassan ou Quassin) est commercialisé et autorisé en Suisse (persistance d'action de 6 mois maximum).

Comparaison de différents produits à base de Quassia (essai GRAB, 2001)

Méthodologie

L'essai a été réalisé au printemps 2001 sur une parcelle de pommiers (variété RubINETTE) conduits en agriculture biologique dans la région lyonnaise (Rhône). Quatre stratégies étaient comparées entre elles et avec un témoin non traité :

- Q-maison : produit à base de Quassia fait sur l'exploitation à raison d'une quantité équivalente à 30 kg d'écorces par hectare. Le bois est macéré dans l'eau durant 24 h (1 kg/10L) puis l'eau est portée à ébullition pendant 1 heure. On peut réduire à 20-25 kg la quantité hectare si on renouvelle l'infusion 2 ou 3 fois pour bien extraire la quassine.
- Q-S1 : Produit formulé à base de Quassia d'une société S1 utilisé à une dose de 2 kg/ha
- Q-S2-3,3 : Produit formulé à base de Quassia d'une société S2 utilisé à 3.3 l/ha
- Q-S2-5 : Produit formulé à base de Quassia d'une société S2 utilisé à 5 l/ha

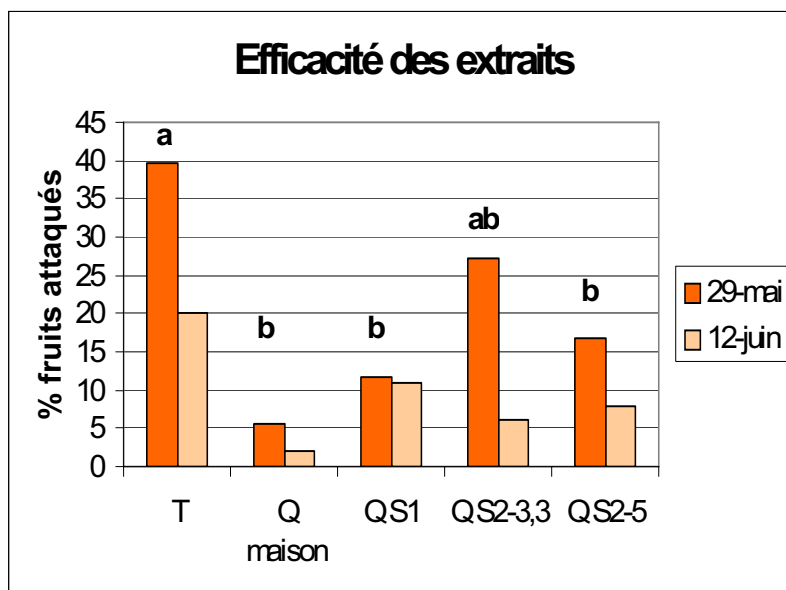
Les traitements sont réalisés sur des parcelles élémentaires de 3 arbres et randomisées. On dispose de 5 répétitions par modalités. Les notations sont faites sur l'arbre central. Les applications ont été réalisées les 7 et 22 mai 2001 (stage G et H) sur les œufs prêt à éclore.

Résultats

Les comptages sur fruits ont été effectués le 29 mai (fruits à 10 mm de diamètre) sur 50 fruits par arbre soit 250 par modalité et le 12 juin (22 mm) sur 20 fruits par arbre (chute de fruits importante).

Au 29 mai, le pourcentage de fruits attaqués (attaques primaires + secondaires) était de 39,6 sur les arbres témoin, 5,6 pour le "Quassia maison" soit une efficacité produit de 86 %, 11,6 pour le produit de la société S1 (efficacité : 71 %), 16,8 pour le produit de la société S2 appliqué à 5 l/ha (efficacité : 58 %) et 27,2 pour les même produit utilisé à 3.3 l/ha (efficacité : 31 %).

L'orientation au nord ou au sud des fruits ne semble pas jouer un rôle majeur dans le choix de l'insecte car les attaques sont réparties de façon homogène entre les 2 faces de l'arbre (114 fruits attaqués au sud contre 138 au nord sur l'ensemble des dégâts le 29 mai). Enfin, la proportion d'attaques primaires est plus importante sur les arbres traités que dans le témoin.



CONCLUSION

L'hoplocampe du pommier reste pour la France un ravageur secondaire qui s'installe cependant progressivement dans certains vergers biologiques. Afin d'intervenir sur des pressions faibles, il est nécessaire de surveiller les piqûres précoces des fruits (avant les attaques de carpocapses ou des autres tordeuses) pour connaître le risque potentiel. La lutte peut alors se limiter à l'action des auxiliaires, d'un piégeage massif "léger" ou des mesures prophylactiques. Il est fort probable que les vergers dans lesquels un travail du sol est effectué régulièrement (sur le rang principalement) rencontrent moins de problèmes d'hoplocampe du fait de la destruction des populations hivernantes. Il intervient comme une mesure préventive, tout comme le retrait et la destruction des fruits attaqués, à réaliser dans les vergers fortement infestés.

Concernant l'efficacité du Quassia, elle est maximale lorsque le produit est réalisé sur l'exploitation quelques heures avant son application.

BIBLIOGRAPHIE

- ACTA, 1977. Contrôles périodiques en verger.
- DUVAL J., 1991. Moyens de lutte contre l'hoplocampe de la pomme. Service d'information AGRO-BIO.
- FiBL/SRVA, 1996. Maîtrise des maladies et ravageurs du pommier en production biologique.
- GRAB, 1998. Rapport final arboriculture.
- GRAF B., HORN H. ET HOPLI H. The apple sawfly, *Hoplocampa testudinea* : a temperature driven model for spring emergence of adults in Entomologia Experimentalis et Applicata 78 : 301-307, 1996.
- sites internet : www.inra.fr
- ANTROPOLI A., FACCIOLI G., PASQUALINI E. : relationship between adult captures of *Hoplocampa brevis* K and larval infestation, Bulletin OILB-SROP.
- BABENDREIER D. : Studies on two ochneumonid parasitoids as potential biological control agent of the European sawfly *H. testudinea* Klug. Bulletin OILB-SROP vol 19 (4) 1996.

Gilles LIBOUREL

(G.R.A.B.) Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
- Agroparc - BP 1222 - 84911 Avignon Cédex 9
Tél : 04.90.84.01.70 - Fax : 04 90 84 00 37
E-mail : arboriculture.grab@freesbee.fr

Une production régulière de fruits calibrés est le garant d'une bonne rentabilité d'un verger. L'éclaircissage vise à obtenir une majorité de fruit de bonne qualité (calibre, aspect, goût, couleur...) et à réduire l'alternance en diminuant la production en année de forte récolte pour maintenir un bon équilibre végétatif de l'arbre.

En arboriculture biologique, l'alternance est un réel problème qui limite la production de pommes biologiques. Pour l'instant, les principaux moyens d'intervention sont manuels (taille, extinction) et prophylactiques (choix de la variété). L'éclaircissage manuel après le basculement du fruit est un bon moyen pour favoriser la qualité de la récolte de l'année mais intervient trop tard pour empêcher l'alternance.

Depuis 1997, le Grab teste l'efficacité de traitements à la floraison sur la régulation de la charge. Les premiers travaux ont été entrepris sur la base d'études menées dans d'autres centres d'expérimentation en agriculture biologique comme le centre de Laimburg en Italie. Au fur et à mesure de ces essais, certains produits ont été abandonnés et d'autres ont été approfondis (dosage, période d'application...).

LES BASES PHYSIOLOGIQUES DE L'ALTERNANCE

L'induction florale est le signal qui va permettre de transformer le bourgeon végétatif en bouton floral. Les mécanismes d'induction sont encore mal connus et sûrement différents selon la plante considérée. L'ordre de modification du fonctionnement du méristème végétatif pour l'édification d'une fleur peut venir de plusieurs facteurs : de facteurs externes (température, lumière...) et / ou de facteurs inhérents au végétal (corrélations internes, état physiologique...).

Chez le pommier, on ne peut pas préciser le moment exact de la formation des ébauches florales. La période moyenne d'induction florale est d'environ 50 jours après la floraison (période pendant laquelle les éclaircissants auront une action sur le retour à fleur) (TRILLOT *et al*, 1990), et dépend de la vigueur de l'arbre.

Après une année à rendement élevé, le retour à fleur se trouve nettement réduit l'année suivante, cette réduction est probablement due à la diffusion de gibbérellines par les graines que contiennent les fruits vers les bourgeons les plus proches. De plus, la réduction de la surface foliaire en période de fort rendement aurait un effet négatif en diminuant le flux de cytokinines vers les bourgeons en phase d'induction florale (REGNARD et KELNER, 1998).

LES TRAITEMENTS ECLAIRCISSANTS A LA FLORAISON

❖ Modes d'action

La recherche de produits éclaircissants pour l'agriculture biologique est assez récente. Elle s'oriente surtout vers des produits applicables avant la nouaison afin d'avoir le maximum d'effet sur l'induction florale et d'agir ainsi sur l'alternance. La méthode consiste à appliquer sur des fleurs non fécondées des produits caustiques qui brûleront les pièces femelles empêchant ainsi la fécondation des fleurs. Certains produits peuvent aussi présenter une phytotoxicité qui renforcerait l'action du produit. Toute la difficulté de cette méthode est de trouver le bon compromis entre un bon niveau de dégât sur les pièces femelles et une faible phytotoxicité sur la plante.

❖ Présentation des principaux produits utilisés dans les essais

L'huile de colza (Naturen EV, Aventis)

Dosage : 1l / hl d'eau

pH : Produit pur : pH = 5

Produit dilué (1%) : pH = 6

Naturen EV est vendu à l'origine comme insecticide à base d'huile d'origine naturelle. C'est en fait un mélange d'huile de colza et d'huile de ricin rendues solubles par éthoxylation.

Principe actif : Les principales molécules actives de ce produit sont deux acides gras.

L'acide oléique et l'acide ricinoléique. Ces deux molécules agissent en modifiant la perméabilité membranaire et l'équilibre physiologique des cellules du pistil provoquant ainsi la mort de ces cellules et des tissus environnants.

La bouillie sulfocalcique

Deux bouillies de composition différente ont été testées : Une bouillie nantaise (Biomat), et une bouillie italienne (Polisenio) plus chargée en soufre et en calcium.

Dosage : 3l / hl d'eau.

pH : Produit pur : pH > 14 pour les deux bouillies

Produit dilué : pH=14 pour la bouillie italienne, et pH=13 pour la bouillie nantaise. Le produit s'obtient par réaction à chaud entre du soufre élémentaire et du lait de chaux.

Principe actif : les différents auteurs s'accordent à dire que plus il y a de polysulfure de calcium (CaS_x), plus le produit est actif. L'alcalinité naturelle du produit exerce une action caustique sur les tissus. Il se peut que la bouillie ait une influence sur l'activité photosynthétique de la plante en réagissant avec une partie du CO₂ de l'air et en produisant de l'acide sulfurique.

Les savons potassiques

Une convention a été passée entre le GRAB et la société Nathygiène. Différents savons ont été testés. Seuls les savons dénomés 5 et 5.3 les plus efficaces sont détaillés.

Dosage : Savon 5 : 4l / hl d'eau ; Savon 5.3 : 2l / hl.

pH : Produit pur : pH=12 pour le savon 5 et pH=10 pour le savon 5.3. Produit dilué : pH=7 pour le savon 5 (4%) et pH=8 pour le savon 5.3 (2%).

Principe actif : Ces deux savons sont composés des mêmes principes actifs saponifiés afin de les rendre solubles et ainsi faciliter leur utilisation. Le savon 5.3 contient trois fois plus de principe actif que le savon 5. Le mode d'action de ces produits est sensiblement identique à celui de l'huile de colza. Les savons vont provoquer la mort des cellules par désorganisation de la compartimentation cellulaire des tissus cibles.

❖ Résultats des essais

Essais 1997

Parcelle

Lieu : Station arboricole "La Pugère" à Mallemort (13)

Variété : Royal Gala / M9 (3m x3.5m)

Modalités et dispositif expérimental

randomisation à 10 répétitions, 1 arbre étant une répétition, 2 branches observées par arbre.

| Stades | F | F2 | H |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Dates | 27/03 | 01/04 | 04/04 |
| Huile (Seppic été) | x | x | X |
| Savon potassique | x | x | X |
| Permanganate de potassium | | x | |
| Témoin non traité | | | |

Résultats

Globalement l'effet "éclaircissant" des produits ne se manifeste que sur la modalité Seppic été au cours de la chute physiologique (34% de fruits chutés contre 19 % sur le témoin). L'application successive de 3 huiles a une efficacité statistiquement nette en diminuant le nombre de fruits par corymbe ainsi que le nombre de corymbes portant du fruit.

L'effet du savon ne ressort pas statistiquement mais la spécialité utilisée n'était probablement pas correctement formulée pour avoir l'action désirée. Le permanganate sera à reprendre en affinant le dosage et le mouillage.

Aucun produit n'a montré de phytotoxicité sur fleurs et sur feuilles. Il n'y a pas d'effet sur le retour à fleur, même le traitement le plus efficace était très insuffisant

Essais 1998

Parcelle

Lieu : Eyragues (13)

Distances de plantation : 1.8m x 4.5m

Variété : Royal Gala

Porte-greffe : Pajam 2

Modalités

Essai sur 30 arbres, 12 produits testés + 1 témoin. Choix de 13 corymbes / arbre. 1 corymbe / traitement. 1 fleur / corymbe est conservée et ensachée.

Traitement par pulvérisateur manuel après élimination des pétales puis ensachage (J) et pollinisation manuelle.

Produits testés :

- Huile de Colza à 2%, 3%, 4%
- Huile minérale à 2%
- Savon à 2%, 3%, 4%
- Permanganate de potassium à 1%, 2%, 4%, 8%

Résultats

Pas d'effet des savons ni du permanganate, même à forte dose. Pas de phytotoxicité. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les huiles de colza et les huiles minérales, sans effet visible de la dose.

Essais 1999

Parcelle

- *Lieu* : Cabannes (13)

- *Variété*: Early Red One

- *Porte-greffe*: M 106

- *Distance de plantation*: 3.5 x 1.5 m

Modalités

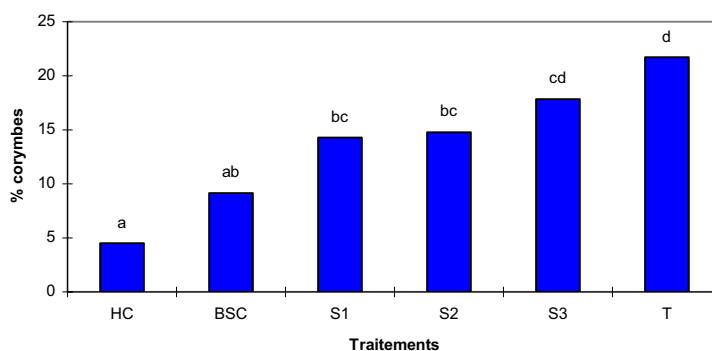
Trois applications ont lieu pendant la pleine floraison: 1, 6 et 7 avril. Deux lignes d'arbres avec 30 arbres par ligne. Un arbre est une répétition. Sur chaque arbre, deux branches sont observées, l'une à l'est et l'autre à l'ouest.

| Produits | Concentration |
|-------------------------------|----------------------|
| Savon expérimental S1 | 3 % |
| Savon expérimental S2 | 3 % |
| Savon expérimental S3 | 3 % |
| Huile de colza Naturen Ev =HC | 2 % |
| Bouillie sulfocalcique =BSC | 2 % |
| Témoin =T | - |

Résultats

Moyenne du pourcentage de corymbes avec au moins 1 fruit : (certaines branches n'ont plus de fruits du fait d'un gel sur fleurs).

L'huile de Colza et la bouillie sulfocalcique entraînent une diminution de la charge statistiquement différente par rapport au témoin. Une analyse de variance réalisée sur le calibre des fruits montre une différence significative entre la bouillie sulfocalcique et les autres produits testés (l'huile de Colza n'a pas été intégrée, l'effectif étant insuffisant).



| Modalités | Témoin | S1 | S2 | S3 | Bouillie Sulfo-Calcique (BSC) |
|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| Moyenne (g) | 243 b | 267.33 b | 259.44 b | 263.44 b | 304.22 a |

Nous constatons une efficacité supérieure significative de l'huile de colza et de la bouillie sulfocalcique par rapport aux différents savons testés. Ces résultats se rapprochent des tests déjà effectués par ailleurs. Cependant, la plus grande prudence s'impose dans l'interprétation des résultats car des effets éventuels d'accentuation ou de réduction de la sensibilité au gel ne peuvent être écartés.

Essais 2000

Parcelle

Lieu : parcelle du lycée agricole de Serres, Carpentras (84)

Distances de plantation : 4m x 2m

Variétés : Breaburn

Porte-greffe : Pajam 2

Modalités

| Produits | Dosage | TRAITEMENTS | | |
|-------------------------|--------|--------------|--------------|--------------|
| Témoin Eau | - | | | |
| Savon 1 | 4% | 27/03 | 30/03 | 03/04 |
| Savon 4 | 3% | STADE F 20 % | Stade F 50 % | Stade F 80 % |
| Savon 5 | 3% | | | |
| Huile de Colza | 2% | | | |
| Bouillie Sulfo-Calcique | 2% | | | |

Traitement des arbres par doublon sur le rang, autant que possible, en espaçant chaque doublon d'un arbre tampon. 9 répétitions. Parcelles élémentaires de 1 arbre. Observation sur une branche par arbre traité et par exposition nord et sud.

Résultats

| | 21/04 | 31/05 | 13/09 |
|-------------------------|----------------------------------|---|---|
| Traitements | Efficacité après la nouaison (%) | Efficacité après la « chute de juin » (%) | Poids moyen des fruits (g) à la récolte |
| Huile de Colza | 87.8 a | 90.6 a | 259.7 a |
| Bouillie Sulfo-Calcique | 63.8 b | 73.1 b | 194.5 b |
| Savon 1 | 50.8 c | 70.4 b | 176.1 b |
| Savon 4 | 50.0 c | 70.0 b | 198.6 b |
| Savon 5 | 50.0 c | 65.7 b | 189.1 b |
| Témoin | 40.9 c | 66.0 b | 187.4 b |

Ce produit montre une bonne efficacité éclaircissante mais les fruits traités avec **l'huile de Colza** présentent des épidermes marqués de boursoflures à la récolte. Cela est sans doute lié, comme dans les essais précédents, à un effet combiné de l'huile et du gel. Le dosage reste à définir puisqu'il semble avoir été trop fort. D'un point de vue phytotoxique, les feuilles sont jaunâtres et plus petites. Le traitement a également provoqué un sur-éclaircissage.

Les **3 savons** ont une efficacité intéressante à la chute de nouaison mais insuffisante pour montrer des différences significatives avec le témoin, mais l'absence totale d'effets secondaires sur les fruits et le végétal justifie à elle seule l'intérêt porté pour ces savons. Les doses sont à préciser en fonction des données climatiques.

La Bouillie sulfo-calcique s'est montrée efficace à la chute de nouaison mais sans effet sur la récolte finale. Elle a induit un nombre inférieur de pépins se traduisant par des déformations plus ou moins importantes.

Essais 2001

Parcelle

Idem 2000

Modalités

- 2 savons potassiques : le savon 5 (4l / hl), et un nouveau savon 5.3 (2l / hl)
- l'huile de colza (Naturen E.V.®) (1l / hl)
- 2 bouillies sulfo-calciques nantaise (Biomat® à 3l/hl) et italienne (POLISENIO à 3l/hl puis 2l/hl).

Dispositif expérimental

Il y a 10 répétitions par traitement et une branche par exposition (nord / sud). Les 3 applications ont été faites au pulvérisateur à dos (SOLO, 1000 l/ha), en pleine floraison (entre le 27/3 et le 2/4, respectivement à 20, 50 et 80% de fleurs ouvertes en moyenne). La face exposée au Nord étant beaucoup plus tardive, une 4^e application y a été réalisée le 4/4.

Résultats

Sur le plan de la **phytotoxicité**, à la différence de l'année dernière où l'huile de colza et la bouillie sulfo-calcique ont marqué les feuilles, aucun traitement n'a eu d'effet notable sur les arbres. Il semble donc que les dosages diminués n'entraînent pas de phytotoxicité sur les arbres. Cependant, les conditions climatiques pendant la période des traitements étaient assez clémentes et il n'y a pas eu, comme c'était le cas en 2000 pour l'huile de colza, d'accentuation des effets du gel sur le végétal.

Bien que le dosage de **l'huile de colza** ait été diminué de moitié par rapport à l'année dernière, ce traitement reste le plus efficace (constat fait uniquement sur les observations effectuées après la chute de nouaison).

La comparaison des **deux bouillies sulfo-calciques** montre une différence significative entre la bouillie nantaise (seul produit non significativement différent du témoin) et la bouillie italienne (plus chargée en soufre et en calcium). La composition d'une bouillie a donc une forte influence sur sa capacité à éclaircir.

Les deux **savons** testés, dont l'un était plus chargé en matière active, ont une action comparable. Des expériences effectuées en étuve au GRAB (résultats non publiés) ont montré que la température et l'humidité relative ont une influence significative sur l'efficacité du savon : plus l'air est chaud et humide, plus le savon est efficace. D'après les résultats, on ne peut pas dire que l'augmentation du taux de principe actif compense les mauvaises conditions climatiques pendant la période des traitements (temps souvent trop sec). Il est à noter que ces deux traitements ne provoquent aucune phytotoxicité sur les fruits (résultats 2000) et sur le végétal.

CONCLUSION

Malgré leur efficacité modérée, les **savons** présentent un avantage non négligeable : une absence totale de phytotoxicité sur fruit et sur feuille. Les savons ne présentent pas de différence notable si ce n'est sur le plan économique, un produit plus concentré en principe actif est plus facilement transportable, prend moins de place lors de son stockage et se manipule plus facilement. Cependant, pour tenter d'améliorer son efficacité, il serait intéressant de poursuivre les essais vers d'autres orientations (multiplication des applications afin d'atteindre un maximum d'organes floraux, association avec un autre éclaircissant au mécanisme d'action différent ou moins sensible à la photodégradation...).

Parmi les deux **bouillies**, seule la bouillie italienne s'est montrée efficace. Ce produit semble être, actuellement, le meilleur produit pour l'éclaircissage biologique pour le rapport efficacité / phytotoxicité. Il reste à savoir si ce produit a une influence sur le retour à fleur du printemps suivant.

A la dose de 1l/hl, l'**huile de colza** ne paraît pas avoir d'effet phytotoxique tout en gardant un potentiel éclaircissant intéressant. Il semble que le dosage adéquat se trouve entre 1 et 2 % pour avoir le bon compromis entre une efficacité conséquente et une faible phytotoxicité (dosage à moduler selon le climat et la sensibilité de la variété).

Avec la participation de :

- M. BERUD et J. BARRAUD, Lycée Agricole Louis GIRAUD, Serres.
- L. ROMET et F. WARLOP, Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
- C. COURTHIAL, I. GARNICA et C. BUYS, stagiaires au Grab.
- MM Cestier, Blanc, arboriculteurs (13)

BIBLIOGRAPHIE

- BORIANI L., 1994. Relazione tecnica sulle possibilita di impiego del polisulfuro di calcio nella lotta biologica e integrata. Istituto di entomologia G GANDI, Università di Bologna.
- BORIANA L. et NICOLI G., 1995. Il polisulfuro di calcio tra passato e futuro. L'infomatore agrario n° 43, pp 73-76.
- EARLES R. et al, 2001. Organic and low-spray apple production. ATTRA, Site Internet <http://www.attra.org/attra-pub/apple.html>.
- EMBREE C.G. et FOTER A., 1999. Effects of coatings and pollenicides on pollen tube growth through the stigma and style of Mc Intosh apple blossoms. Journal of tree fruit production, Vol 2 (2), pp 19-32.
- FERRE G. et al, 1998. Mode d'action des substances. Encart éclaircissage, Fruits et Légumes N° 162.
- KELDERER M. et al, 1997. Settore agricoltura biologica. Relazione sull'attività svolta 1997. Centro sperimentale Laimburg, Italie.
- REGNARD J.L. et KELNER J.J., 1998. Les bases physiologiques. Encart éclaircissage. Fruits et légumes N° 162.
- WARNER G., 1997. Apple growers urged to thin aggressively. Good fruit grower. Site Internet : <http://www.goodfruit.com/archive/apr1-97/special6.html>.
- WILLIAMS K., 1996. Bloom thinning programs for apples. Washington State University, Tree fruit research and extension center, Site Internet <http://www.tfrec.wsu.edu/horticulture/applethin.html>.

**ETUDE DE SUBSTANCES POUR L'ECLAIRCISSEMENT DU POMMIER EN
AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

Gérard FERRE , Xavier CRETE (CEHM)
Claude TRONEL (Ctifl / CEHM)

CEHM
Mas Carrière – 34590 Marsillargues
Tél. : 04 67 71 55 00 – Fax : 04 67 71 09 11
Email : lecehm@aol.com

OBJET

Evaluer l'efficacité de différentes substances susceptibles d'être utilisables en Agriculture Biologique pour l'éclaircissement du pommier.

MATERIEL ET METHODE

Verger :

Variété Golden Reinders[®] sur porte greffe Pajam[®] 2, plantation de 1994
Distances 4 x 2 m, soit 1250 arbres/ha

Dispositif : Blocs de Fisher, 4 blocs, 3 arbres par parcelle élémentaire.

Traitement statistique des données à l'aide du logiciel Statbox (Grimmer logiciels).

Traitements :

Floraison, stade F2 le 12/04/2001

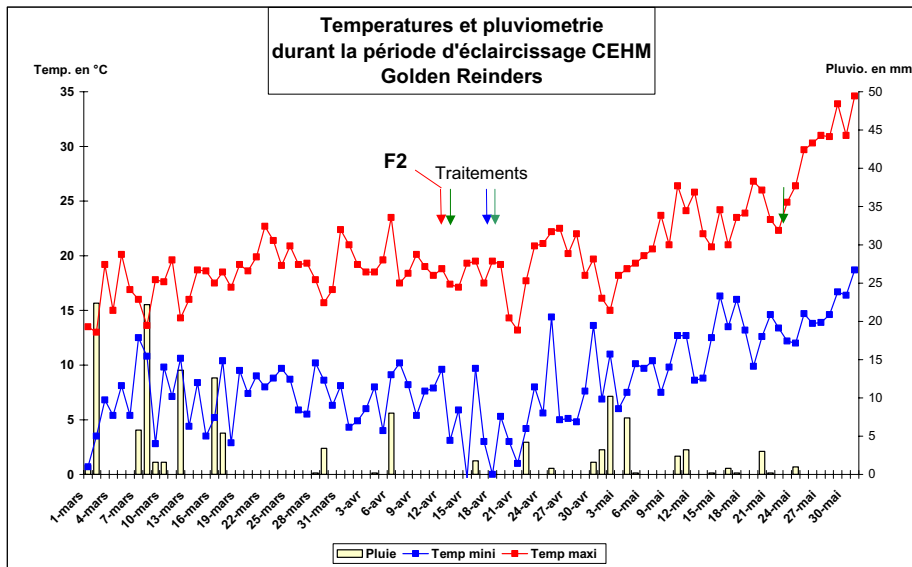
| Modalités | Produit et concentration | Pourcentage de fleurs ouvertes | | | NAD | ANA | carbaryl |
|-----------|---------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | 38 % | 59 % | - | | | |
| | | 13/04 | 17/04 | 18/04 | 19/04 | 03/05 | 09/05 |
| T0 | Témoin | - | - | - | X | X | X |
| T1 | Chlorure de sodium 1,2 kg/hl | - | X | - | X | X | X |
| T2 | Sulfure de calcium 3 l/hl | - | X | - | X | X | X |
| T3 | Huile de Colza* | X | - | - | X | X | X |
| T4 | 2 l/hl | X | - | X | X | X | X |

* Huile de Colza : Naturen EV

Remarque : bien évidemment, la généralisation du programme NAD, ANA et carbaryl ne fait pas parti des objectifs de l'essai. Ici, son rôle est de limiter les inconvénients d'un excès de charge prévisible (casse de branches, alternance...).

Programme d'éclaircissement généralisé sur les différentes modalités (T0, T1, T2, T3, T4) :

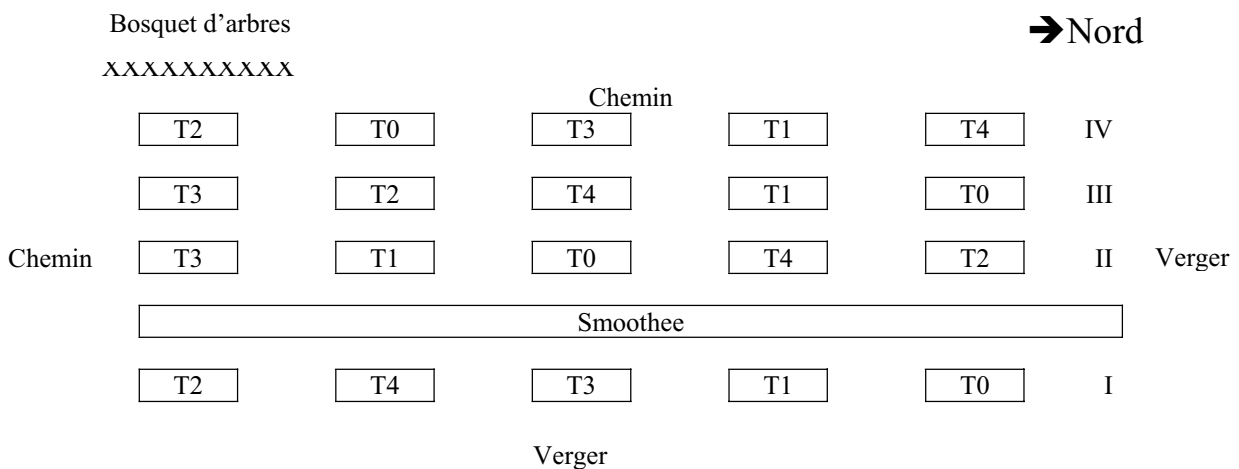
| Traitement | Concentration | Date d'application |
|------------------|-----------------|--------------------|
| <i>Amid thin</i> | <i>60 g/hl</i> | <i>19/04/01</i> |
| <i>Rhodofix</i> | <i>150 g/hl</i> | <i>03/05/01</i> |
| <i>Sevin L85</i> | <i>100 g/hl</i> | <i>9/05/01</i> |



Contrôles :

- Comptage des corymbes sur des branches identifiées (taux de floraison non calculé mais proche de 100% et homogène).
- Comptage sur les mêmes branches des fruits noués.
- Comptage sur les mêmes branches des fruits restants après la chute physiologique.
- Evaluation du rendement et calibrage sur la totalité des fruits produits sur la parcelle élémentaire (calibreuse MAF équipée du système OPTISCAN pour le tri couleur et défauts d'épiderme).

Plan de l'essai :



RESULTATS

Nouaison (comptage du 11/05/01) :

Ces résultats mettent en évidence la très bonne efficacité du sulfure de calcium et surtout de l'huile de colza. Cependant, ce dernier s'est accompagné d'une phytotoxicité sévère : aspect chlorotique des feuilles suivi d'une chute de fruits et de feuilles. La modalité T4 comportant deux applications d'huile a présenté une phytotoxicité beaucoup plus grande que la modalité T3.

| | Bois de 2 ans et + Taux de nouaison |
|---------------|--|
| T0 | 220.5 a |
| T1 | 212.5 a |
| T2 | 174.9 b |
| T3 | 98.5 c |
| T4 | 92.6 c |
| Signification | THS |

Taux de fructification (comptages réalisés le 08/06/01)

| | Bois de 2 ans et + | |
|---------------|---------------------------|----------------|
| | Tfr (1) | Tcf (2) |
| T0 | 41.9 | 38.8 |
| T1 | 40.3 | 36.5 |
| T2 | 33.3 | 31.3 |
| T3 | 32.4 | 29.5 |
| T4 | 28.1 | 26.5 |
| Signification | P = 0.06952 | P = 0.07279 |

N.B.: (1) Tfr = Nombre de fruits pour 100 corymbes
(2) Tcf = Pourcentage de corymbes fructifères

A la date où est réalisé ce comptage, les traitements d'éclaircissage chimique de post floraison ont produit leurs effets. Par conséquent, on assiste à une homogénéisation des taux de fructification matérialisée ici par l'absence de différences significatives entre les traitements (seules des tendances subsistent).

Incidence des traitements sur la production

Mêmes remarques que pour les taux de fructifications.

Un rendement anormalement bas a été enregistré sur la parcelle T2 du bloc 4 et à l'origine d'un résidu suspect dans le cadre de l'analyse statistique. Cette observation est en liaison directe semble-t-il de la présence d'un bosquet d'arbres (ombre et concurrence racinaire).

| Traitements | Rendement par arbre kg |
|--------------------|-----------------------------------|
| T0 | 80.1 |
| T1 | 78.9 |
| T2 | 70.5 |
| T3 | 71.9 |
| T4 | 71.9 |
| Signification | ns |

Incidence des traitements sur le calibre des fruits (pourcentage)

| Traitements | Poids des fruits | < 65 | > 70 | > 75 | >80 | >85 |
|--------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| T0 | 155 ab | 9.8 | 70.0 ab | 41.0 bc | 17.0 b | 1.5 b |
| T1 | 152 ab | 11.8 | 70.3 ab | 41.3 bc | 18.5 b | 2.3 b |
| T2 | 147 b | 15 | 64.3 b | 36.3 c | 15.3 b | 2.5 b |
| T3 | 169 a | 5.9 | 80.9 a | 55.5 ab | 29.0 ab | 6.1 ab |
| T4 | 173 a | 5.8 | 83.5 a | 61.0 a | 36.0 a | 9.5 a |
| Signification | S | ns | S | HS | S | S |

En dépit de l'homogénéisation des taux de fructification engendrée par les éclaircissants chimiques de post floraison (signalé plus haut), on observe à la récolte les effets des éclaircissants précoces (objet de l'étude) sur le calibre des fruits.

Incidence des traitements sur la rugosité (pourcentage)

| Traitements | Note de rugosité moyenne |
|---------------|--------------------------|
| T0 | 1.64 |
| T1 | 1.64 |
| T2 | 1.68 |
| T3 | 1.67 |
| T4 | 1.80 |
| Signification | P = 0.05737 |

L'option Optiscan II de la calibreuse MAF permet de réaliser un tri en fonction de la rugosité de l'épiderme des fruits. La classe 1 correspond aux fruits indemnes de défauts et au contraire la classe 4 aux fruits les plus atteints. Une note moyenne a été calculée à partir de l'ensemble des résultats.

Les différences enregistrées ne sont pas significatives au seuil de 5 % (test de Fisher), néanmoins on remarquera une tendance défavorable pour la modalité T4 comportant deux applications d'huile de colza.

CONCLUSION

Parmi les substances étudiées pour éclaircir la variété Golden Delicious (mutant Reinders® peu sensible à la rugosité), deux substances s'avèrent intéressantes :

- Le sulfure de calcium présente une efficacité moyenne remarquable dès la nouaison avec des effets secondaires très légers sur la végétation.
- L'huile de colza Naturen EV a fait preuve d'une forte efficacité, immédiatement après son application, avec des toutefois des effets phytotoxiques d'autant plus sévères que l'application a été renouvelée (traitement T4).

Ces applications sur fleur ne peuvent suffire à maîtriser totalement la fructification du pommier, même lorsqu'elles sont très satisfaisantes sur le plan de l'efficacité, tel est le cas de l'huile de colza. Un complément d'éclaircissage, qui peut être manuel, s'avère indispensable.

Ces traitements devraient faire la preuve d'une bonne efficacité vis à vis de l'alternance que nous ne manquerons pas de contrôler au printemps 2002.

Le chlorure de sodium dans nos conditions d'expérimentation se révèle inefficace avec des symptômes de phytotoxicité visibles. Rappelons en outre que l'élément chlore présente des effets indésirables de déstructuration des argiles.

L'expérimentation mérite d'être poursuivie pour mieux cerner les conditions d'utilisation du sulfure de calcium et de l'huile de colza Naturen EV.

Fertilité des sols : les outils de diagnostic et les méthodes d'amélioration

- Entretien et améliorer la fertilité des sols maraîchers par les amendements organiques, les engrais verts et le travail du sol
Par D. BERRY (SERAIL)
- Relations entre matières organiques, activités biologiques et fertilité : quelques notions de base et applications en agriculture biologique
Par R. CHAUSSOD (Microbiologie des sols, INRA-Dijon)
- La méthode BRDA-HERODY : un outil de diagnostic de la fertilité
Par D. MASSENOT (AMISOL)
- Fonctionnement biologique des sols : une nouvelle génération d'analyse de terre, l'analyse biologique
Par X. SALDUCCI (Alma terra)
- La morphochromatographie de terre : un test qualitatif sur les matières organiques des sols
Par J.P. MURE (Institut Kepler)

Semences biologiques

- Potagère porte-graine, itinéraires de production de semences biologiques
Par F. COLLIN (Fnams)
- Réseau national de criblage variétal
Par J.F. LIZOT (ITAB)
- Vitalis en 2002



Production de plants maraîchers biologiques

- Comparatif de terreaux biologiques
Par S. LE MENN (Chambre d'Agriculture 29)

Lutte biologique contre l'oïdium

- Méthodes de lutte biologique contre les oïdiums des cultures maraîchères
Par M. BARDIN (Pathologie végétale, INRA-Montfavet)
- Le soufre contre l'oïdium en maraîchage biologique
Par C. MAZOLLIER (GRAB)
- Méthodes de lutte sur Cucurbitacées : 2 essais en 200 et 2001
Par C. MAZOLLIER (GRAB)
- Méthodes de lutte sur fraises : 2 essais en 2000 et 2001
Par J.J. POMMIER (CIREF)

ENTRETIEN ET AMELIORER LA FERTILITE DES SOLS MARAICHERS
Par les amendements organiques, les engrais verts et le travail du sol

D. BERRY (SERAIL), L. JAGU (C.A. Isère), R. RAFFIN (C.A. Rhône – CRARA), J.D. FERRIER (CA Ain), J.F. DEJOUX (CRARA), D. BEC (SERAIL)

SERAIL
 123, chemin du Findas – 69126 Brindas
 Tél. : 04 78 87 97 59 – Fax : 04 78 8 790 56
Berry.serail@wanadoo.fr

Aujourd'hui, pour les agronomes, la fertilité d'un sol est son aptitude culturale déterminée par ses **potentialités** et les **moyens mis en œuvres** pour les exprimer, dans un système de culture et un milieu donnés.

(Source : réflexion INRA, transmise par Y. GAUTRONNEAU)

H. P. Rusch parlait de **Fécondité** : aptitude du sol à produire toute la chaîne alimentaire allant des micro-organismes à l'homme, en passant par la plante et l'animal, et ceci **pendant des générations**.

De nombreuses techniques mises en pratiques par les agriculteurs visent à entretenir ou à améliorer la fertilité du sol. L'apport d'amendements organiques, la culture d'engrais verts et un travail du sol adapté, facteurs prépondérant dans l'entretien de la fertilité des sols cultivés, font l'objet d'une réflexion de la filière légumes depuis plusieurs années en région Rhône-Alpes. Les éléments de réflexion et les applications proposées sont le fruit de l'expérience des techniciens des chambres d'agriculture, des organisations de producteurs, des centre techniques régionaux bio, de l'expérimentation, et de la pratique des producteurs.

L'APPORT D'AMENDEMENTS ORGANIQUES

La matière organique des sols joue un rôle prépondérant sur de nombreuses fonctions en relation avec la fertilité: état et stabilité structurale, rétention en eau, aération, vie microbienne, fertilisation. On peut différencier les rôles qui relèvent d'un effet de stock de la matière organique (de manière relativement inerte) d'un effet flux, beaucoup plus fonctionnel.

◆ **Différenciation des objectifs d'apport**

Les besoins en matière organique diffèrent en fonction du type de sol. A partir d'une classification simple des types de sol on peut définir les objectifs prioritaires assignés aux apports d'amendements organiques:

Objectifs d'un apport d'amendement organique selon le type de sol

| Effet recherché | Type de sol | | |
|--|-------------|----------|----------|
| | sableux | Limoneux | argileux |
| Augmentation taux MO (stock) | +++ | ++ | + |
| Propriétés physiques | | | |
| ✓ Etat structural (stock et flux)..... | | +++ | ++ |
| ✓ Stabilité structurale (flux)..... | | +++ | ++ |
| ✓ Rétention en eau (stock)..... | +++ | ++ | +++ |
| ✓ Aération (stock)..... | | | |
| Activation vie microbienne (flux) | + | ++ | +++ |
| Effet fertilisant (stock et flux) | + | + | + |

Bien sûr chaque sol est un cas particulier dont la connaissance précise du comportement permet d'adapter les objectifs des apports.

◆ Diversité des sources organiques

La diversité des sources de matière organique et des procédés de fabrication engendre la mise sur le marché d'un grand nombre d'amendements organiques utilisables en agriculture.

Leur composition est telle qu'ils renferment en quantités variables selon leur origine et leur procédé de fabrication, des éléments organiques, d'origine végétale, plus ou moins stables, susceptibles d'avoir une influence différente sur l'état organique du sol.

Ils contiennent également, en quantités variables, des éléments minéraux susceptibles de participer directement à la nutrition des plantes cultivées.

Le compostage modifie la composition du produit d'origine. L'évolution sera fonction de la source organique, de la durée et de la technique de compostage. Un compost sera dit "jeune" s'il est utilisé au tout début de la phase de maturation (dès 1.5 à 2 mois pour un fumier, 4 à 6 mois pour un produit ligneux); Il sera "mûr" s'il est épandu plus tard (6, 9, 12 mois).

Exemple de quelques amendements

Un essai en cours depuis 1995 sur le site de la SERAIL (sol sablo-argileux à hydromorphie transitoire) permet d'observer le comportement d'amendements dont les sources organiques diffèrent.

On distingue du fumier de bovin frais et déshydraté, un compost végétal à base de déchets verts périurbains, un compost d'écorce et de bois additionné de fumiers (volailles et bovins) et d'algues, un compost à base de tourteaux de café additionné de fumier (ovin et bovin) et chiquettes de moutons.

Ces produits sont caractérisés annuellement par analyse de leur composition et de leur valeur fertilisante. Il apparaît une assez forte variabilité sur la teneur en carbone et en éléments (N, P, K, Ca, Mg). Ces produits se différencient également par leur potentiel de fourniture de matière organique stable, mesuré par détermination des coefficients isohumiques sur un essai à la Serail et par les analyses d'Indice de Stabilité Biochimique (ISB) ou de Caractérisation Biochimique de la Matière organique (CBM).

◆ Influences observées sur les propriétés d'un sol

L'influence sur les propriétés d'un sol de l'apport de différentes sources organiques est variable en fonction de leurs caractéristiques.

Résultats après 5 années d'essai à la SERAIL (sauf compost fumier et tourbe)

| <i>Effet recherché</i> | Fumiers de bovins | Compost Déchets Verts | Compost écorce-bois | Compost Tourteau café | Compost fumier bovin | Tourbe |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| Augmentation taux MO | + | ++ | ++ | +++ | ++ | ++ |
| Propriétés physiques | | | | | | |
| ✓ Etat structural | + | +++ | +++ | ++ | ++ | 0 |
| ✓ Stabilité structurale | ++ | +++ | ++ | + | ++ | 0 |
| ✓ Rétention en eau | + | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| ✓ Aération | + | ++ | ++ | ++ | ++ | 0 |
| Effet fertilisant | + | + | + à +++ | +++ | + | 0 |

L'activation de la vie microbienne, certainement variable en fonction du type d'amendement, est également recherchée.

◆ Quel amendement pour quel sol ?

A partir du comportement d'amendements organiques caractérisés on peut dresser les grandes lignes de l'emploi de ces produits en fonction du type de sol.

Attention : les doses élevées pour un redressement entraînent des risques divers (rétrogradation ou lessivage de N, emballement végétatif, sensibilisation aux maladies et ravageurs...). Il est alors impératif de fractionner les apports.

| Objectif | | | | Objectif | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|--|--|
| Entretien du taux de MO et activation de ces effets | | | | Redressement du taux de MO pour amélioration fertilité globale | | |
| Sableux | Limoneux | Argileux | | Sableux | Limoneux | Argileux |
| Comp fumier mûr, comp de ligneux + MO fermentescible | Fumier + MO fermentescible | Fumier + MO fermentescible | | Compost de ligneux + MO fermentescible | Compost de ligneux + MO fermentescible | Compost de ligneux + MO fermentescible |
| Doses maxi approximatives d'apport pour entretien (/ha/an) | | | | Doses maxi approximatives d'apport pour redressement (/ha/an) | | |
| 3,2 à 1,3 tonnes de MO stable soit 5 à 2 tonnes de Carbone soit 10 à 4 tonnes de MO | | | | 6,4 à 3,2 tonnes de MO stable soit 10 à 5 tonnes de Carbone soit 20 à 10 tonnes de MO | | |
| 50 | 35 | 20 | Fumier bovin frais | 100 | 75 | 50 |
| 15 | 10 | 6 | Fumier bovin déshydraté | 30 | 22 | 15 |
| 25 | 17 | 10 | Compost végétal | 50 | 37 | 25 |
| 10 | 7 | 4 | Comp ligneux (ex tx café) | 20 | 15 | 10 |
| 12 | 8 | 5 | Comp fumier de bovin | 25 | 18 | 12 |

LA PRATIQUE DES ENGRAIS VERTS

◆ Intégrer les engrais verts dans la rotation

Une des règles de base dans le maintien de la fertilité d'un sol est de revenir le moins souvent possible avec la même famille sur le même parcelle.

L'introduction des engrais vert (ou d'une céréale à paille ou d'une prairie) dans la rotation est un excellent moyen, en maraîchage, de casser le cycle légume sur légume. L'optimum étant d'atteindre 25 à 30 % de la surface de l'exploitation.

◆ Les rôles des engrais verts

✓ Liés aux flux de matières organiques

- Amélioration des propriétés physiques du sol
- Apport de matière organique fermentescible
- Stimulation de l'activité biologique
- Solubilisation d'éléments minéraux du sol

✓ Liés à d'autres facteurs

- Réduction du lessivage de l'azote en profondeur
- Lutte contre les mauvaises herbes (« cultures nettoyantes »)
- Amélioration de la résistance aux attaques parasitaires, notamment les champignons du sol ...

◆ Les espèces

De nombreuses espèces peuvent être cultivées comme engrais verts en culture simple ou en mélanges.

En mono espèce on sèmera des graminées (sorgho fourrager, seigle, avoine, blé), des crucifères (moutarde, radis fourrager, ... Attention, il faut, pour des raisons sanitaires, éviter les crucifères si elles entrent déjà fréquemment dans la rotation), des légumineuses (trèfle incarnat, vesce, ...) ou d'autres familles comme des polygonacées (sarrasin), des hydrophylacées (phacélie).

Les céréales à paille ont fait leurs preuves de longue date en maraîchage :

Les mélanges peuvent être simples ((seigle + vesce, avoine + vesce, ...) ou multiples.

Les mélanges multi-espèces sont un concept innovant, dû à Alex PODOLINSKI, promoteur de la biodynamie australienne, et appliqué depuis plusieurs années avec succès sur une grande exploitation en Italie (AGRILATINA). La population microbienne de la rhizosphère (manchon qui entoure les racines) et les sécrétions racinaires propres à chaque espèce concourent ainsi à obtenir une très large diversité de la faune et de la flore, laquelle contribue à augmenter le potentiel de fertilité du sol.

Son intérêt fondamental: c'est l'antidote de la monoculture légumière

◆ Réussir son engrais vert

L'engrais vert n'aura d'effet bénéfique que s'il est bien maîtrisé. Il faut pour cela réaliser avec rigueur toutes les étapes, du semis de l'engrais vert jusqu'à l'implantation de la culture qui le suit.

Le délai entre le dernier broyage et la mise en culture de légumes doit être impérativement de 20 à 50 jours (à l'intérieur de cette fourchette le délai doit être plus long pour les semis directs que pour les plantations).

Un processus en 5 points :

- ✓ Broyer avant ou au début de la floraison avec broyeur à axe horizontal placé à de préférence l'avant du tracteur
- ✓ Incorporer au sol immédiatement de façon superficielle (quelques cm)
- ✓ Irriguer s'il ne pleut pas, aussitôt après l'incorporation et pendant le délai d'attente
- ✓ Attendre 20 à 50 jours
- ✓ Travailler le sol pour mettre en culture le légume.

LE TRAVAIL DU SOL

Les productions légumières souvent intensives se caractérisent par des interventions mécaniques fréquentes et répétées pour le travail du sol et les récoltes. Les apports de matières organiques, la réalisation du lit de semence, les binages, la fertilisation, les interventions phytosanitaires dans des conditions pédo-climatiques parfois difficiles sont autant de sources de tassement et de dégradation de la structure du sol.

La bonne gestion du travail du sol est donc un enjeu majeur pour la réussite des cultures et la pérennité de la fertilité.

◆ Des solutions pour moins tasser (sources Y. GAUTRONNEAU)

- ✓ Choisir la date d'entrée dans la parcelle (portance)

L'organisation du travail et l'état hydrique des sols déterminent les jours disponibles (agronomiquement praticables) en fonction de l'existence de drainage et des facultés d'assainissement de la parcelle, et permettent d'établir un calendrier de culture. Il faut éviter toute intervention en conditions humides.

- ✓ Choisir des itinéraires techniques adaptés pour le TRAVAIL DU SOL

Les conditions rencontrées définissent les types d'interventions envisageables : type de labour (profondeur, propreté du fond de raie), utilisation d'outils combinés, labour hors raie (machine à bêcher), travail superficiel. On recherchera toujours un nombre réduit d'interventions.

- ✓ Diminuer les PRESSIONS exercées (Tracteurs et Remorques)

Par une pression de gonflage adaptée, des pneumatiques à basse pression, le jumelage, des tasse-avant (rouleau spirale ...).

- ✓ Localiser le tassement sur une faible surface en passant toujours au même endroit avec un tracteur en voie large et des outils combinés, par le maintien de passe-pieds fixes.

◆ **Observer la structure du sol** (sources Y. GAUTRONNEAU)

Afin de connaître précisément l'état structural du sol il est indispensable d'établir un profil cultural. Les observations réalisées sur les différents horizons permettent alors d'envisager les interventions adéquates pouvant être nécessaires.

Le profil permet d'observer l'état structural du sol à un moment donné (présence de zones compactées liées au travail du sol, aux passages de roues, répartition de la matière organique et son degré de digestion, problèmes de ressuyage, présence et activité des vers de terre, ...). Toutes les informations recueillies renseignent sur le fonctionnement du sol, les conséquences d'opérations culturales antérieures et peuvent permettre de raisonner les interventions futures. Le profil cultural est à la fois un outil de diagnostic et d'aide à la décision.

◆ **Décompacteur** (sources Y. GAUTRONNEAU)

Le décompactage peut être un moyen pour "récupérer" des horizons tassés (état interne des mottes de type Δ ou Δ^+). Il ne peut cependant s'envisager qu'en sol sain ou drainé et doit être justifié par une observation du profil (état initial) qui déterminera la profondeur de la zone compactée. Il est alors possible de choisir l'outil adapté à la situation (profondeur permise, écartement des dents, type d'éclatement réalisable). Le décompactage doit intervenir avec une puissance de traction suffisante et en respectant le sens du drainage, en sol sec en profondeur. Attention, si le sol est trop humide, on obtient aucun émiettement et plutôt des lissages, mais s'il est trop sec, sa cohésion est très élevée, il faut beaucoup d'énergie mécanique et la fragmentation reste grossière et risque de provoquer des entraînements de terre fine en profondeur (et bouleverse inutilement les vers de terre). Il est donc indispensable d'observer le profil après intervention (en début de chantier) afin de s'assurer que l'objectif visé est atteint. Les vers de terre (de type anéciques) restent les meilleurs décompacteurs des sols pas trop tassés (état interne Δ_0)

◆ **Une piste de travail: les planches permanentes**

Les objectifs sont la diminution des tassements de sol qui génèrent des hétérogénéités dans les cultures, la lutte contre la déstructuration des sols par l'emploi d'outils moins agressifs et le non-retournement du sol, l'amélioration du drainage et du réchauffement du sol, la stimulation de la vie microbienne.

Basée sur les travaux allemand de KEMINK et WENZ en grande culture et les adaptations de WENZ et MUSLER pour le maraîchage la technique du travail sur planches permanentes est établie sur quelques points clés :

- ✓ Travail sur planches permanentes (passages de roues fixes)
- ✓ Aucun travail des passages de roues
- ✓ Non retournement du sol
- ✓ Utilisation principale d'outils à dent pour un travail superficiel de la butte

La mise en pratique se fait par formation initiale de la planche avec une butteuse (à disques ou à socs), travail superficiel avec des outils à dents, entretien de la planche à chaque passage d'outils par la présence de disques latéraux (ou de tôles de maintien) et le décompactage périodique sous la planche.

Etat d'avancement des travaux en Rhône-Alpes:

- ✓ A la SERAIL, détermination des besoins et mise au point du matériel adapté. Le dispositif expérimental sera mis en place en 2002.
- ✓ Sur une exploitation de la région, du matériel à été mis au point par le producteur afin de confectionner les buttes et de les travailler. L'ensemble de l'exploitation a été conduite sur ce mode de culture dès 2001.

CONCLUSION

La matière organique, les engrais vert et le travail du sol jouent un rôle important dans l'entretien et l'amélioration de la fertilité d'un sol. L'impact de l'une ou l'autre de ces techniques sera plus ou moins marqué en fonction du type de sol rencontré.

Pour des types de sols définis, au comportement caractéristique, il se dégage des priorités à prendre en considération:

- En sol sableux, priorité à la matière organique avec la conjugaison d'apport de produits stables (composts mûrs, produits ligneux) pour augmenter le taux de matière organique (et, dans une moindre mesure, de produits fermentescibles pour stimuler l'activité du sol (engrais verts, ...)).
- En sol argileux, priorité à la gestion de la matière organique pour entretenir ou relever la teneur du sol et aux cultures broyées en vert pour activer la vie microbienne et valoriser la matière organique stable présente.
- En sol limoneux battant, priorité au travail du sol en limitant l'emploi des outils animés et en évitant les préparations superficielles trop fines.
- En sol sablo-argileux hydromorphe, priorité au travail du sol en utilisant les techniques limitant le plus possible les tassements, en décompactant régulièrement, après avoir eu recours au drainage.

Si l'on peut avoir souvent l'objectif d'entretenir ou de redresser un taux de MO, il peut arriver qu'un sol (surtout si il est un peu lourd, donc froid...) ait accumulé trop de MO stable. Dans ce cas, l'objectif premier est de faire fonctionner la matière organique déjà présente dans le sol et de stimuler l'activité biologique du sol : pratique des EV, apport de MO jeune et fermentescible... Il faut aussi apporter un soin particulier au travail du sol pour maintenir une bonne aération, éviter les tassements et favoriser un drainage (ou ressuyage) rapide de ce sol.

RELATIONS ENTRE MATIERES ORGANIQUES, ACTIVITES BIOLOGIQUES ET FERTILITE :

Quelques notions de base et applications en agriculture biologique

Rémi CHAUSSOD (Microbiologie des sols, INRA-Dijon)
Rachida NOUAÏM (SEMSE / CAE, Université de Bourgogne)

INRA -Dijon
17, rue Sully – 21000 Dijon
tél. : 03 80 69 30 89 – fax : 03 80 69 32 24
chaussod@dijon.inra.fr

Depuis des siècles, l'homme connaît l'influence bénéfique d'apports de matières organiques sur la " fertilité " des sols. Au départ totalement empirique, cette connaissance a évolué et s'est affermie grâce aux contributions de chimistes comme Liebig au 19^{ème} siècle puis, surtout, de microbiologistes à la fin du 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle (Waskmann, 1923 ; Winogradski, 1949). Ces derniers ont montré que la microflore des sols est responsable de nombreuses activités d'intérêt agronomique, notamment de la plupart des transformations du carbone et de l'azote. Au cours de ces 25 dernières années, des travaux importants ont été effectués pour quantifier ces transformations, en s'appuyant à la fois sur des mesures biologiques ou biochimiques adaptées et sur des " modèles " de connaissance pouvant, à terme, être utilisés dans un but prédictif. Après avoir brièvement rappelé l'état actuel des connaissances dans ce domaine, nous traiterons ici des approches expérimentales et analytiques qui sont susceptibles d'être utilisées en Agriculture Biologique pour mieux gérer la fertilité des sols.

LES TRANSFORMATIONS COUPLEES DU CARBONE ET DE L'AZOTE DANS LES SOLS : QUELQUES PRINCIPES DE BASE

La matière organique endogène ou introduite dans le sol (par des résidus de récolte ou des apports exogènes tel que du fumier) représente une ressource trophique et une source d'énergie pour les micro-organismes qui sont, dans leur immense majorité, des chimio-organotrophes. Cela signifie qu'ils utilisent des substrats organiques pour les oxyder chimiquement à l'aide de l'oxygène ou d'un autre composé oxydé. Les électrons mis en œuvre dans ces réactions d'oxydo-réduction produisent de l'énergie récupérable par la cellule. On peut considérer qu'il existe un " déterminisme énergétique " des activités biologiques dans le sol. En bref, l'abondance et l'activité des organismes vivants du sol dépendra des quantités de matière organique qu'ils pourront utiliser pour satisfaire leurs besoins énergétiques (maintenance et croissance). La maintenance correspond à la quantité d'énergie nécessaire au simple maintien en l'état des structures cellulaires. Si davantage d'énergie est disponible, une croissance est possible. Une autre caractéristique des micro-organismes est que leur activité est étroitement fonction des conditions de l'environnement (température, humidité, aération). Les conditions d'aération influent directement sur le rendement énergétique : la quantité d'énergie qui peut être tirée d'un substrat donné est maximale lorsque les micro-organismes travaillent en aérobiose alors qu'elle est beaucoup plus faible en anaérobiose. De leur côté, les conditions de température et d'humidité affectent l'activité globale de la microflore : les besoins énergétiques pour la maintenance sont d'autant plus importants que la température est plus élevée ; de même la vitesse de croissance est directement fonction de la température.

La croissance des micro-organismes dépend non seulement de la quantité d'énergie disponible, mais aussi des quantités d'azote, de soufre, de phosphore qui sont nécessaires pour la biosynthèse des nouvelles structures cellulaires. Ces considérations montrent par exemple que la croissance microbienne correspond à une assimilation d'azote, à partir du substrat si ce dernier en contient assez, ou aux dépens du milieu si les substrats organiques sont riches en énergie mais pauvres en azote. Les phénomènes de minéralisation-immobilisation de l'azote ne sont en fait que le résultat d'un équilibre carboné / azoté au niveau de la microflore (Parnas, 1975). A cet égard, l'azote minéral éventuellement produit dans le milieu doit s'interpréter comme un déchet du métabolisme microbien.

Il est à l'évidence très important de mieux connaître la matière organique sur laquelle se développent les micro-organismes du sol. Celle-ci peut être abordée en termes de constituants identifiés biochimiquement, de fractions identifiées physiquement, ou de compartiments identifiés par leurs cinétiques de transformation. Le fractionnement granulo-densimétrique permet entre autres de séparer les matières organiques figurées (de taille supérieure à 50 µm) des matières organiques fines plus ou moins intimement liées à la phase minérale du sol. Le fractionnement biologique et biochimique s'intéresse davantage aux compartiments fonctionnels.

LES QUESTIONS POSEES EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE ET LES ELEMENTS DE REPONSE

En maraîchage biologique, comme pour d'autres productions végétales d'ailleurs, on peut vouloir :

- s'assurer du bon fonctionnement biologique des sols.
- vérifier que les pratiques culturales appliquées sont bénéfiques.
- essayer de quantifier ces effets en termes de fertilité, en particulier pour ce qui concerne les relations entre le " statut organique " du sol et son pouvoir alimentaire en azote.

Pour répondre à ces trois préoccupations, et tout particulièrement à la dernière, nous avons mis au point (et validé dans diverses situations) un ensemble cohérent de déterminations. Il s'agit d'une part d'une approche " compartimentale " de la matière organique, d'autre part de mesures relativement simples d'activités en lien avec les transformations du carbone et de l'azote.

Concrètement, pour gérer l'azote en maraîchage avec apports d'amendements organiques, la démarche la plus simple au plan agronomique est de considérer séparément et additivement la fourniture potentielle d'azote par les apports organiques de l'année d'une part, et par le sol d'autre part. La valeur fertilisante azotée des amendements organiques peut être évaluée de façon plus ou moins précise d'après leur origine et leur composition. Des approches expérimentales (incubations) peuvent compléter une connaissance plus empirique des produits. L'offre potentielle du sol en azote est plus difficile à appréhender. Les fournitures d'azote par le sol intègrent, implicitement, le "statut organique" du sol, c'est à dire l'histoire cumulée à moyen et long terme des apports organiques. Nous proposons ci-dessous une démarche basée sur des déterminations biologiques, car elle est en cohérence avec le "fonctionnement" microbien décrit ci-dessus, dont elle en représente une tentative d'application pratique.

♦ Détermination de compartiments " actifs " de la matière organique

La matière organique ne forme pas un ensemble homogène, tout le monde aujourd'hui s'accorde à ce sujet, alors que la plupart des déterminations analytiques se bornent toujours à doser du " carbone organique total ". Pour aller au-delà, nous avons proposé d'identifier trois compartiments au sein de la matière organique du sol : la matière organique vivante (MOV), la matière organique labile (MOL) et la matière organique stable (MOS). La majeure partie de la matière organique du sol est très stable et ne participe pratiquement pas aux cycles biogéochimiques. Ce sont donc surtout les deux premiers compartiments qui seront intéressants à considérer au plan agronomique.

La Matière Organique Vivante (M.O.V.) : Il s'agit en fait de la Biomasse Microbienne, notion qui recouvre l'ensemble des micro-organismes du sol (bactéries, champignons, etc.). Définie initialement par Jenkinson & Powlson (1976), il s'agit d'une méthode "biocidale", consistant à tuer les êtres vivants du sol à l'aide de vapeurs de chloroforme puis à mesurer la quantité de carbone (d'origine microbienne) qui est générée par ce traitement. La technique la plus utilisée est la fumigation-extraction (Chaussod *et al.*, 1988). Elle est basée sur la détermination du carbone organique extractible dans un échantillon fumigé et dans un échantillon du même sol, non fumigé. Le supplément de carbone rendu extractible par la fumigation est directement proportionnel à la biomasse microbienne présente. Cette méthode présente l'avantage d'être pratiquement universelle. Lorsque la technique est bien maîtrisée, elle donne des résultats parfaitement reproductibles et avec une précision rarement atteinte en biologie. Toutefois, l'interprétation des résultats n'est pas immédiate car plusieurs paramètres interviennent : le type de sol, le système de culture, les pratiques culturales. Plus encore que la valeur absolue, c'est l'expression en valeur relative qui est intéressante. La matière organique vivante (biomasse microbienne) représente de 0,5 à 4 % de la matière

organique totale, selon le type de sol et le système de culture, avec une majorité de valeurs comprises entre 1 et 3%. En revanche, la biomasse microbienne a un taux de renouvellement beaucoup plus rapide que le reste des matières organiques : dans les conditions pédo-climatiques de nos régions, le temps de résidence moyen d'un atome de carbone dans la biomasse microbienne est de l'ordre de l'année (Chaussod *et al.*, 1988), alors que l'âge moyen du carbone total est de l'ordre de 1000 ans.

La Matière Organique Labile (M.O.L.) : Il s'agit de matière organique non vivante, formée d'un mélange de différents composés plus ou moins complexes au plan biochimique mais relativement biodégradables au plan biologique. L'hétérogénéité de ce pool labile est un obstacle à sa mesure. Après comparaison de plusieurs méthodes sur un grand nombre de sols différents, nous avons retenu l'extraction à l'eau chaude sous pression équilibrante (16 heures à 121°C, sous 1bar). Cette méthode permet d'extraire et de quantifier une fraction labile de la matière organique, formée en grande partie de "métabolites" microbiens (Lemaître *et al.*, 1995). La quantité de carbone extraite de cette façon varie assez largement selon le type de sol mais dépasse rarement 20% du carbone total du sol. Le temps de résidence moyen du carbone dans ce compartiment serait de l'ordre de quelques dizaines d'années.

La Matière Organique Stable (M.O.S.) est définie par différence entre la matière organique totale et les deux compartiments précédents. Ce compartiment est important par sa taille (il renferme les trois-quarts du carbone organique total) mais, dans un système à l'équilibre, son temps de renouvellement est tellement lent que les flux qui le traversent sont très faibles et presque négligeables au plan agronomique.

◆ **Activité globale de la microflore : minéralisation du carbone et de l'azote**

La méthode la plus ancienne et la plus simple pour évaluer l'activité globale de la microflore consiste à mesurer la minéralisation du carbone et de l'azote en conditions contrôlées, proches de l'optimum biologique. Dans la pratique, les échantillons de sol sont incubés à 28°C durant 28 jours et à une teneur en eau voisine de la capacité au champ.

Le C-CO₂ dégagé pendant l'incubation est piégé dans un flacon contenant de la soude diluée ; il peut être dosé ensuite par différentes techniques. Le flux de C-CO₂ rapporté à l'unité de biomasse et à l'unité de temps est appelé "respiration spécifique" (Chaussod *et al.*, 1986). Cette grandeur a la dimension d'un taux de renouvellement (j⁻¹) et représente le taux de renouvellement apparent de la biomasse microbienne. Elle complète donc fort utilement la mesure de la taille de la biomasse. Il existe en effet des sols renfermant une biomasse microbienne élevée mais à temps de renouvellement lent (sols argileux par exemple) et à l'opposé des sols renfermant une biomasse faible mais à renouvellement rapide (cas de sols sableux).

Parallèlement, l'azote minéral présent dans l'échantillon de sol est déterminé avant et après l'incubation. La quantité d'azote qui est minéralisée durant l'incubation de 28 jours à 28°C est appelée "azote minéralisable" (Drouineau & Lefèvre, 1949) et correspond approximativement à ce qui serait libéré au champ durant une saison de végétation. La durée et les conditions d'incubation peuvent bien entendu être modulées selon les objectifs recherchés.

L'INTERPRETATION DES RESULTATS ET LES APPLICATIONS AGRONOMIQUES

Les déterminations très simples, voire rustiques, qui ont été présentées ci-dessus s'avèrent très utiles pour "caractériser" des échantillons de sol. Elles prennent tout leur intérêt lorsqu'il s'agit de comparer des traitements différents sur un même type de sol. En effet, même s'il est délicat d'extrapoler au champ les observations de laboratoire, le classement des échantillons de sol (en valeur relative) sera respecté. Il suffit alors de "caler" les résultats sur quelques parcelles de référence.

Enfin, il est important de ne pas oublier que les caractéristiques biologiques des sols dépendent de trois facteurs qui sont, par ordre décroissant d'importance : la nature du sol (type pédologique), le système de culture, les pratiques culturales. Parmi ces dernières, la gestion des matières organiques joue un rôle de premier plan, avec des incidences très nettes sur le potentiel de fourniture en azote. La taille des deux compartiments actifs de la matière organique (M.O.V. et M.O.L.) reflète bien le " statut organique " du sol. Surtout, nous avons montré que, pour un type de sol donné, il existe une corrélation assez étroite entre la taille de ces compartiments et le potentiel de minéralisation d'azote (Chaussod & Houot, 1993 ; Loiseau *et al.*, 1994). Plus récemment, Anwar Ghani *et al.* (2000) ont rapporté que les quantités de carbone soluble à l'eau chaude (16h à 80°C) sont corrélées à la biomasse microbienne, à l'azote minéralisable et à la stabilité structurale d'une série de sols néo-zélandais. Sous réserve de bien maîtriser les effets du type de sol et du système de culture, il est donc possible d'envisager d'utiliser des mesures biologiques (comme la détermination de la biomasse microbienne et des métabolites) pour apprécier un potentiel de fourniture d'azote (Menasseri *et al.*, 1994).

CONCLUSION

Quelques méthodes simples existent, qui peuvent être utilisées en complément des analyses de terre classiques, pour gérer la fertilité des sols en maraîchage biologique. L'ensemble formé par la détermination de la biomasse microbienne, des métabolites et des activités globales de minéralisation du carbone et de l'azote représente actuellement le meilleur rapport performances/coût. Cet ensemble de mesures cohérentes entre elles est particulièrement adapté à la caractérisation du "statut organique" du sol (Chaussod *et al.*, 1992) et à ses conséquences en termes de fourniture d'azote. Bien que de nombreux travaux restent à effectuer avant d'en faire une méthode de routine, elle représente une des méthodes les plus prometteuses pour l'avenir.

Principales Références Bibliographiques

- CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., CATROUX G. et CHRETIEN J. 1986. Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *Science du Sol*, **24**, pp 213-226.
- CHAUSSOD R., HOUOT S., GUIRAUD G. and HETIER J.M. 1988. Size and turnover of the microbial biomass in agricultural soils: laboratory and field experiments. *In* : Nitrogen efficiency in agricultural soils, D.S. Jenkinson & K.E. Smith, Eds., Elsevier Applied Science, pp 312-326.
- CHAUSSOD R. et HOUOT S. 1993. La Biomasse Microbienne des sols : perspectives d'utilisation de cette mesure pour l'estimation de la fourniture d'azote par les sols. *In* : Matières organiques et Agricultures, Blois, GEMAS-COMIFER, pp 17-26.
- CHAUSSOD R. et NOUAIM R. 2001. caractérisation biologique d'échantillons de sols et applications agronomiques. *Alter Agri*, **45**, pp 16-21.
- JENKINSON D.S. and POWLSON D.S. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V) A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, **8**, pp 209-213.
- LEMAITRE A., CHAUSSOD R., TAVANT Y. and BRUCKERT S., 1995a. An attempt to determine a pool of labile organic matter related to the soil microbial biomass. *European Journal of Soil Biology*, **31** (3), pp 121-125.

Dominique MASSENOT (AMISOL)

Tél. : 04 77 54 27 37 – Fax : 04 77 54 22 31
Dommassenot@wanadoo.fr

La fertilité d'un sol se traduit en terme de résultat,

La fertilité d'un sol est généralement considérée comme son aptitude à produire des récoltes abondantes, résultat d'une relative richesse de la solution du sol en tous les éléments nécessaires à la croissance végétale. Ce constat rempli de bon sens n'a malheureusement que peu de valeur explicative et renvoie uniquement à apporter les éléments solubles considérés comme déficients.

mais est avant tout la conséquence de sa nature et de son fonctionnement.

Le sol ne se limitant pas à la seule solution, il semble pertinent d'essayer de comprendre dans quelle mesure l'ensemble des constituants organiques et minéraux sont capables d'assurer l'alimentation et la régulation de la composition de la solution du sol. Il s'agit alors de pouvoir caractériser les différents composants du sol afin de connaître leur impact sur le fonctionnement du sol, selon les conditions de milieu présentes et l'activité biologique permise.

La méthode BRDA-HERODY est une approche ...

Le principe de la méthode BRDA-HERODY est de resituer l'information agronomique dans un cadre pédologique. L'agronomie a défini les besoins de la plante et cherche à évaluer si le sol peut couvrir les besoins de la plante, grâce à des analyses de terre qui reposent sur le principe formulé par Demolon dans les années 1930 : la plante se nourrit dans la solution du sol. La pédologie a défini tous les principes de fonctionnement et d'évolution des sols et son diagnostic repose sur les caractéristiques des constituants organiques et minéraux, notamment l'état de leur combinaison dans le complexe organo-minéral. Utilisant ces deux sources d'information, la méthode BRDA-HERODY part du principe suivant : la composition de la solution du sol est régulée par la nature et l'état du complexe organo-minéral.

consciente des limites du laboratoire ...

Quelle que soit la méthode, le diagnostic ne peut être établi sans quitter le laboratoire. Sans aucunement remettre en question le sérieux des laboratoires, au moins deux raisons font que la mesure ne représente pas toujours la réalité : l'échantillon au laboratoire n'est plus dans les mêmes conditions physiques que dans la parcelle (asphyxie, tassement, ...) et, si la présence d'un élément dans la solution du sol est un gage de disponibilité potentielle pour la plante, elle est malheureusement également une condition d'entraînement par l'eau hors du profil du sol. Les mesures d'activité biologique dans les conditions idéales du laboratoire ne reflètent pas forcément l'activité réelle dans la parcelle.

et qui prend en compte les caractéristiques du terrain,

Le fonctionnement du sol ne peut donc pas s'appréhender au laboratoire et il faut partir de l'étude du sol en place, ce que certains agronomes ont heureusement mis en avant par l'observation du profil cultural. Cette approche demande encore à être développée car une idée communément admise est que les racines des plantes se frayent naturellement un passage vers les horizons profonds. L'idée de faire un trou à la bêche, en allant voir un petit peu en dessous de l'horizon habituellement travaillé (si travail du sol il y a) paraît quelque peu saugrenue... Les problèmes de compactage, d'asphyxie ou de non décomposition de la matière organique peuvent se rencontrer malheureusement aussi en agriculture biologique!

les conditions de milieu ...

En dehors des facteurs climatiques (température, humidité, ...), le fonctionnement du sol est grandement influencé par les caractéristiques physico-chimiques du profil cultural. Un milieu suffisamment poreux et aéré est aussi important pour l'activité microbienne que pour l'absorption des nutriments par les racines. Le rapport entre oxygène/gaz carbonique ainsi que le niveau d'oxydo-réduction du milieu doivent être pris en compte avant le raisonnement des apports. Les racines profondes n'ont pas la même fonction que les racines superficielles et une nutrition équilibrée est avant tout le fait des conditions de milieu de l'horizon de surface. Les observations physiques sont indispensables pour dresser un constat valable mais ne donnent pas toutes les clés pour savoir comment agir. Avant d'aller au laboratoire pour analyser les échantillons sous toutes les coutures, il faut encore enregistrer les informations géologiques et climatiques ayant une incidence sur le fonctionnement du sol.

ainsi que les données géologiques et climatiques.

L'information géologique porte sur la composition de la roche-mère et sur son degré d'altération indispensable à la mobilisation des éléments. La roche-mère n'est pas toujours la roche sous-jacente et il faut éviter l'amalgame entre nature de la roche et nature du sol : il est fréquent de trouver des sols non calcaire sur roche calcaire. Cependant, la roche-mère va déterminer la nature des particules minérales présentes et celle des éléments minéraux disponibles. En dehors des éléments nutritifs pour les plantes et les micro-organismes, la roche-mère fournit les particules minérales servant de trame à la construction du complexe organo-minéral et les éléments de liaison permettant d'accrocher la matière organique sur cette trame. Les carences éventuelles sont évidemment des facteurs limitants mais sont moins à redouter que les excès qui engendrent souvent des phénomènes géochimiques perturbant le cycle de la matière organique. Les conditions climatiques, température et précipitations, conditionnent les possibilités de transformation des matières organiques dans le sol et donner un poids relatif aux trois grandes tendances que sont la minéralisation, l'humification et l'immobilisation.

Elle permet de connaître les caractéristiques du complexe organo-minéral ...

Dans ce contexte, la fertilité du sol repose sur l'état d'assemblage des composants actifs minéraux et organiques constituant le complexe organo-minéral. La liaison organo-minérale est réalisée par le fer et doit être stabilisé par la fourniture de bases (calcium ou magnésium).

Les composants minéraux actifs sont soit des limons fins (= particules pleines), soit des argiles vraies (= empilement de feuillets). Leur qualité est estimée par la mesure du CF (Coefficient de Fixation). A granulométrie identique, le CF varie dans de fortes proportions en fonction de la nature et de l'histoire des particules présentes.

Les composants organiques actifs proviennent de la décomposition de molécules issues du monde végétal ou animal mais toutes les MO (matière organique) dans le sol ne sont pas actives. Les MO actives sont, soit des petites molécules provenant de la minéralisation (= MO facilement utilisables par les microbes ou MOF), soit des molécules réorganisées et associées aux minéraux actifs (= Humus Stable ou HS) ou non (= 3^{ème} Fraction ou 3F). Le comportement et les besoins du sol vont s'apprécier par la répartition entre les MO actives (HS, MOF et 3F) et les MO passives, dites Ni-Ni, c'est-à-dire ni minéralisées, ni humifiées, mais qui ont uniquement tendance à s'accumuler.

Il ne s'agit d'un complexe argilo-humique que dans les cas où des argiles vraies et des humus vrais sont présents. Il est très fréquent de rencontrer des complexes limono-organiques. Il faut alors disposer, non seulement de fer de liaison comme pour les argiles, mais aussi de fer amorphe qui sert de point d'ancrage au fer de liaison sur les limons. La connaissance de l'état du complexe organo-minéral implique de mesurer le fer (liaison et amorphe) et les bases (calcium et magnésium).

afin de définir une politique d'optimisation de la fertilité du sol :

L'état du complexe organo-minéral est quelque chose de dynamique. Il faut encore savoir si le complexe organo-minéral est en cours de constitution, de transformation ou de dégradation. Dans les pratiques agricoles, une même technique, intéressante pour accélérer la constitution, va également provoquer une dégradation plus rapide. Toutes les techniques agricoles sont donc à réfléchir de ce point de vue.

- en matière de choix d'apport organique,

Le raisonnement des amendements organiques doit viser la régulation des flux de matières organiques. Il s'agit de se rapprocher d'un équilibre optimum MOF/HS en privilégiant l'apport de matières organiques choisies d'après leur comportement dans le sol. Ainsi, certaines MO sont considérées comme précurseurs de MOF (fientes, tourteaux, engrais verts,...) alors que d'autres sont principalement des précurseurs de HS (paille, écorces, bois de taille, ...).

Le compostage se justifie dans les sols déficitaires en HS et présentant des conditions défavorables à l'évolution des matières organiques. Encore faut-il le conduire de manière à obtenir un produit adapté au type de sol rencontré : dans certains sols, l'usage de composts réducteurs donne de meilleurs résultats que celui de composts aérés. Le compost mûr peut être un facteur d'amélioration pour les sols ayant un niveau de MOF élevé mais est à proscrire dans les sols ayant un faible niveau.

De même, l'usage du compost dans les sols qui accumulent la matière organique peut augmenter le défaut de ces sols. En maraîchage, l'apport de tourbe par les mottes de repiquage est loin d'être négligeable et conduit, ainsi que l'emploi de certains amendements très, voire trop, stables, à de l'accumulation organique sous forme passive (MO Ni-Ni). On assiste bien à un entretien du taux de carbone du sol mais non à un entretien de la fertilité du sol. Ce genre d'apport peut même induire un ralentissement de l'activité minéralisante et favoriser une macrofaune parfois pathogène (nématodes par exemple).

L'usage des guanos, fientes et autres engrais organiques ne faisant jamais d'humus stable n'est ni à proscrire, ni à conseiller systématiquement. Les sols déficitaires en MOF ou présentant des taux de matière organique trop élevés seront améliorés par ce genre d'apport, à dose compatible avec le CF du sol considéré. Par contre, dans les sols qui minéralisent beaucoup, leur emploi peut conduire à faire chuter le taux d'humus stable et entraîner des problèmes physiologiques sur la plante.

- en matière de chaulage,

Le fonctionnement du sol entraîne une perte en bases, constituée par les prélèvements des plantes et de l'érosion (lessivage). Tant que l'altération de la roche mère compense la perte, il ne faut surtout pas chauler : c'est le cas des sols calcaires. En revanche, tous les sols décarbonatés ou acides sont justifiables d'apports pour entretenir ou rétablir la saturation du complexe organo-minéral ; leur caractérisation sur le terrain est établie par l'absence d'effervescence à l'acide dilué. Le choix de l'amendement calcaire doit se faire de manière compatible avec l'ensemble des données du sol considéré : possibilité de marnes en terrains sableux, emploi de calcaire fin si les MOF sont faibles, etc.

- en matière de drainage et d'irrigation,

Les modifications des conditions de milieu, circulation de l'eau notamment ont non seulement une incidence sur la culture en place mais aussi sur le fonctionnement du sol. Par accélération de la circulation de l'eau, le drainage entraîne bien souvent un accroissement du lessivage, c'est à dire une augmentation des pertes en bases, en fer, en MOF et en nutriments pour la plante. Il faut alors compenser en augmentant les apports ou en choisissant des formes moins solubles. L'eau apportée par l'irrigation ne génère que peu de lessivage en saison végétative mais peut rendre localement le milieu totalement asphyxié, notamment avec le système du goutte-à-goutte. Le fractionnement et l'espacement entre les apports doivent prendre en compte ce risque.

- en matière de travail du sol,

Quand le manque d'oxygène devient un facteur limitant, le remède consiste alors en un travail approprié du sol. Le problème du maraîchage n'est pas l'insuffisance du travail du sol, comme en arboriculture, mais plutôt l'excès de travail du sol ou le travail avec des outils trop efficaces ou le travail en mauvaises conditions. L'affinement excessif n'améliore pas durablement la structure et le fonctionnement du sol : le sol est au contraire rendu plus fragile et manifeste davantage de tendance à la battance en surface et au colmatage de l'horizon de surface. Dans les sols sensibles au tassement, le système racinaire est parfois incapable de coloniser l'ensemble du profil. Il s'agit alors de raisonner les façons culturales en terme d'ameublissement.

- en matière de choix des engrais,

Enfin, la mesure des seuls éléments présents dans la solution du sol conduit fréquemment à sous estimer la fourniture du sol : c'est fréquemment le cas pour le potassium, par exemple, ce qui entraîne une chute de l'acidité et une diminution de l'absorption du calcium, si importante pour la fermeté du fruit. Il s'agit donc d'assurer un équilibre de disponibilité entre tous les éléments dont ont besoin la plante et les micro-organismes, en volume et surtout en flux. L'équilibre de disponibilité est également fondamental pour l'obtention d'une qualité : teneur en sucres et en acides, état sanitaire et aptitude à la conservation sont variables selon les années mais demandent au départ un bon équilibre de disponibilité, lequel est toujours régulé par le complexe organo-minéral.

Le choix des engrais doit toujours être compatible avec le fonctionnement du sol (phosphate naturel inutilisable en sol calcaire par exemple), même si cela implique d'utiliser des produits qui ne sont pas les moins chers ou les plus facilement disponibles. Les doses et fréquences d'apport sont à raisonner en fonction du CF pour éviter les risques de dérive du fonctionnement du sol ou de pollution. La difficulté supplémentaire liée à l'emploi de produits organiques est de savoir à quel rythme ces produits vont se décomposer dans le sol : les minéralisations tardives des composts se traduisent plus souvent par des problèmes phytosanitaires que par le renforcement de la vigueur de l'arbre. Une simplification abusive mais fréquente consiste à utiliser des formules apportant les nutriments dans les mêmes rapports que ceux observés dans les exportations. En fait, les apports ne font que s'ajouter à la fourniture du sol dans les différents éléments et c'est la résultante de ces deux sources qui doit être en équilibre avec les besoins physiologiques de la plante.

pour obtenir un produit de qualité

Il convient donc d'appréhender le plus fidèlement possible la fourniture du sol en terme de quantités disponibles et surtout de cinétique de mise à disposition pour optimiser le fonctionnement du sol et permettre à l'homme de l'art de produire des légumes sains et savoureux.

FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE DES SOLS : UNE NOUVELLE GENERATION D'ANALYSE DE TERRE, L'ANALYSE BIOLOGIQUE

Xavier SALDUCCI

Alma Terra
La Croix Neuve - 34380 MAS DE LONDRES
Tél. : 04 67 59 58 34 – Fax : 04 67 59 47 20
almaterra@wanadoo.fr
www.almaterra.fr

INTRODUCTION GENERALE

Au cours des dernières décennies, le développement important des engrais minéraux a souvent conduit à considérer la terre comme un simple support de culture. Dans ce mode de fonctionnement, l'objectif est de nourrir la plante le plus directement possible. La terre est alors un support dont on analyse uniquement la structure et le contenu en éléments nutritifs.

Dans cette approche la biologie du sol est négligée, d'autant que jusqu'à présent peu d'outils de mesure étaient disponibles. Pourtant, la fertilité du sol ne se limite pas aux aspects physiques et chimiques. L'importance des propriétés biologiques est largement reconnue par les agronomes et les agriculteurs. Ce sont les interactions entre ces différentes propriétés qui donnent au sol sa capacité à nourrir la plante sur le long terme. Le sol est une structure vivante et dynamique. En nourrissant la terre notamment avec les apports organiques l'agriculteur favorise la vie des microorganismes, essentiellement les bactéries et les champignons microscopiques. En retour, ces derniers permettent la transformation, le stockage et la libération des éléments nécessaires à la plante.

Il existe, dans les laboratoires de recherches nationaux et internationaux, de nombreuses méthodes pour quantifier ou caractériser les matières organiques d'un sol et mesurer les activités microbiennes. Suite à une étude approfondie des techniques disponibles nous avons retenu 3 grandes méthodes et concepts susceptibles de pouvoir être utilisés dans un laboratoire en routine. La liste présentée ci-après n'est donc pas exhaustive, mais est issue d'une sélection prenant en compte à la fois des critères de valorisation agronomique et environnementale des résultats, ainsi que des critères technico-économiques d'utilisation à grande échelle.

Notre méthodologie d'estimation du fonctionnement biologique est bâtie à partir de la mesure de 3 grandes caractéristiques des sols qui ont pour objectif de :

- Apprécier l'état organique du sol : par la caractérisation de 2 types de matière organique du sol à partir de la technique de fractionnement physique granulométrique de la MO du sol. Cette technique permet de préciser la nature et le niveau de stabilité des matières organiques du sol.
- Quantifier les agents de transformation et de stockage : par la mesure de la biomasse microbienne d'un sol,
- Mesurer le travail des microorganismes par les mesures des activités minéralisatrices de carbone et d'azote, ce qui permet d'estimer la vitesse de dégradation de la MO et le potentiel de fourniture en azote minéral du sol.

APPROCHES METHODOLOGIQUES UTILISEES POUR LA CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE D'UN SOL

1. Décrire l'état organique du sol : le fractionnement physique-granulométrique de la matière organique

◆ Historique – Objectif de la méthode

Si l'importance de la MO dans la fertilité des sols est certainement reconnue depuis des millénaires, une meilleure connaissance de celle-ci, en l'occurrence, la distinction de compartiments fonctionnels plus ou moins explicatifs à l'égard de ses différentes fonctions, a buté durant longtemps sur la complexité tant chimique que structurale de ses constituants.

Les premières approches fines de la MO des sols ont consisté, il y a plus de deux siècles, à des fractionnements chimiques à base de solutions alcalines et acides. On s'est lentement rendu compte, que le fractionnement chimique était dénaturant et ne répondait pas aux interrogations sur le turn over rapide de la MO (0,3 à une dizaine d'années). Or, ce sont ces processus, tel que la minéralisation, les variations saisonnières de la structure etc....) pour lesquels le rôle de la MO est considéré comme essentiel, en particulier dans les agrosystèmes.

L'ère des fractionnements physiques-granulométriques n'a démarré véritablement qu'aux débuts des années 1960, avec les travaux d'Edwards et Bremner (1964, 1967). L'objectif de la méthode est de séparer des matières organiques jeunes, figurées, peu transformées et impliquées dans les dynamiques rapides de la MO (minéralisation, réserves de nutriments...), de matières organiques plus évoluées, associées aux éléments minéraux et impliquées dans les fonctions structurantes et les dynamiques lentes de la MO (plusieurs dizaines d'années à plusieurs millénaires).

Pratiquement, les terres subissent une dispersion poussée avant d'être tamisée à l'eau. Les séparations de MO se font en fonction de la taille de la particule, d'où le terme de fractionnement granulométrique. Différents niveaux de coupures granulométriques peuvent être faites en fonction de la sensibilité recherchée.

D'un point de vue agronomique, un consensus semble se dégager sur l'intérêt d'étudier 2 types de fractions, les fractions de tailles supérieures à 50 µm, dites fractions libres ou « MO libres », des fractions dites liées ou « MO liées » aux limons et argiles, de tailles inférieures à 50 µm.

Depuis les travaux d'Edwards et Bremner (1964 – 1967) puis de Bruckert (1978), la méthode de fractionnement granulométrique s'est développée dans le monde au détriment des approches humiques. En France, la diffusion de cette technique c'est faite principalement par les travaux de Feller (1979 à nos jours) (IRD Montpellier) et de Balesdent (1991 à nos jours) (INRA Versailles / CEA Cadarache).

◆ Méthodologie et paramètres mesurés

Il n'existe pas actuellement de méthode normalisée. Notre méthode a été mise au point à partir des recommandations de Feller (1994) et de l'INRA Versailles – Science du sol, équipe des matières organiques du sol (Balesdent, communication personnelle). Le fractionnement a pour but de séparer les débris organiques de tailles supérieure à 50µm, des matières organiques plus fine et des associations organo-minérales, par tamisage sous eau. La méthode fait appel à une désagrégation préalable (par agitation mécanique de 6 h en présence d'un dispersant, l'hexamétaphosphate) visant le meilleur compromis entre la destruction maximale des agrégats argileux de taille > 50 µm, et le respect de l'intégrité des débris végétaux. La séparation, se faisant sous eau, solubilise une partie des composés organiques.

L'INRA de Versailles a mesuré les temps moyens de résidence du carbone dans les différentes fractions, pour des sols limoneux cultivés.

> 2 mm : moins de 1 an ; 200-2000 µm : 3 ans ; 50-200 µm : 12 ans ; 0-50 µm > 50 ans ; hydrosoluble : 5 ans.

Résultats : on établit le bilan pondéral des fractions, ainsi que le bilan élémentaire du carbone et de l'azote et les rapports C/N des 2 fractions MO libre et MO liée.

◆ Quelques applications agronomiques du fractionnement granulométrique de la MO

La technique de fractionnement granulométrique a été utilisée avec succès dans différentes études ayant pour objectifs l'étude des relations entre les MO du sol (MOS) et différentes propriétés des sols telles que les fonctions biologiques de nutrition de la microflore et des cultures (relation MO et cinétique de minéralisation du C et N), les propriétés d'échanges ou de sorption (CEC des MO, pouvoir fixateur du phosphate, propriété de sorption/désorption à l'égard de molécules phytosanitaires, relation MOS/Cu...), les fonctions de stockage des éléments minéraux (P, K, Ca, Mg) à moyen terme, les fonctions d'agrégation des constituants du sol.

2. Quantifier les agents de transformation : mesure de la biomasse microbienne

◆ Généralités – Historique

La notion de biomasse microbienne recouvre l'ensemble des microorganismes du sol (bactéries, champignons etc...). Expérimentalement, se sont Jenkinson et Powlson (1976) qui ont définie pour la première fois cette notion. Par la suite, une méthode plus rapide, dite de fumigation-extraction, a été proposée (Vance et al, 1987). Elle consiste à fumer un échantillon avec du chloroforme, puis immédiatement extraire avec du K_2SO_4 et doser le carbone des corps microbiens (Cmic.), ou éventuellement l'azote, le phosphore ou encore le soufre. Cette méthode fait l'objet actuellement d'une Norme expérimentale ISO (FD ISO 14240-2, Décembre 1997). En France, c'est Chaussod (INRA Dijon) qui a développé et affiné cette méthode.

D'un point de vue agronomique, la biomasse microbienne est présentée comme l'un des indicateurs biologiques les plus fiables et les plus sensibles par de nombreux chercheurs nationaux et internationaux. Présentant un taux de renouvellement rapide (6 mois à 18 mois), elle répond rapidement, de manière très sensible, à de nombreux facteurs agro-pédologiques.

◆ Méthodologie et paramètres mesurés (selon la Norme FD-ISO 14240-2) modifiée selon les préconisations de Chaussod (Chaussod et al, 1999) (INRA Dijon)

On travaille sur un échantillon de terre fraîche, tamisé à 5 mm et conservé à 4°C. Deux lots de 20 g de terre sèche sont réalisés à partir d'un échantillon. Le premier est immédiatement extrait avec K_2SO_4 0.05 N pendant 45 min à température ambiante, tandis que le second est traité 22 h avec des vapeurs de chloroforme, avant d'être extrait. Après avoir centrifugé l'échantillon, on dose le C soluble des extraits par oxydation au persulfate sous rayonnement U.V. (appareil Dorhman DC80)

On calcule dans un premier temps la quantité de carbone extractible d'origine microbienne :

Carbone Extractible (CE) (mgC/l) = C extrait Fumigé – C extrait Non Fumigé

Cette quantité est directement proportionnelle à la biomasse microbienne. Elle peut être convertie en biomasse microbienne (exprimée en mg C / kg sol) en utilisant un coefficient de proportionnalité (K_{EC}):

C biomasse (mgC/kg terre) = Biomasse Microbienne (**BM**) = C.E. / K_{EC} avec $K_{EC} = 0.45$

On peut également exprimer la biomasse par rapport à la quantité du carbone organique du sol : **BM / Corganique (BM/C en %)** = rendement microbien. Plus cette valeur est forte et plus l'environnement physico-chimique et la qualité de la MO sont favorables à la production de biomasse microbienne.

◆ Quelques applications agronomiques de la mesure de la biomasse microbienne

La mesure de la biomasse microbienne a été utilisée avec succès dans la mise en évidence de l'impact de différents facteurs culturaux ou pédologiques sur la biologie du sol comme par exemple les relations entre la biomasse microbienne et le pH des sols (effets positifs du chaulage), la gestion de la MO et des fumures minérales ou organiques, les relations avec l'état structural d'un sol (tassement, compaction), l'impact des pesticides de synthèse ou du cuivre etc.

3. Mesurer le travail de la biomasse microbienne : les activités microbiennes

◆ Généralités

Nous avons retenu, pour des études généralistes, agronomiques, 2 grandes activités :

- d'une part, une activité enzymatique globale, l'activité Fluorescéine Di-Acétate (FDA) hydrolase,
- d'autre part, les activités liées au cycle même de la MO : activités de minéralisation du carbone et de l'azote.

◆ Mesure de l'activité (FDA) Fluorescéine Di-Acétate Hydrolase

La FDA est utilisée comme un colorant vital des champignons, bactéries et protistes depuis de nombreuses années (Guilbault et al, 1964). Le colorant est transporté à l'intérieur des cellules vivantes où il subit une hydrolyse par un très large spectre d'enzymes (acétyl-estérases, estérases, lipases, protéases). Le produit libéré est la fluorescéine, qui peut être visualisé dans les cellules par un microscope fluorescent ou comme l'ont judicieusement proposé Schnurer et Rosswall (1982), dosé par spectrophotométrie à 490 nm.

- ✓ Objectif de la mesure : avoir un indicateur rapide et simple de l'activité totale de la microflore hétérotrophe dans un sol ou une litière.
- ✓ Méthodologie (d'après Schnurer et Rosswall, 1982) : L'échantillon frais de terre est tamisée à 5 mm. L'équivalent de 4 g de terre sèche est additionné à une solution tamponnée de phosphate 60 mM, à pH 7.6. L'ensemble est incubé 1 h à 28°C. La réaction est arrêtée par l'ajout d'acétone. La quantité de fluorescéine libérée, donc l'activité de la microflore, est estimée par une mesure colorimétrique à 490 nm. L'expression du résultat est faite en unité optique :
$$\text{Activité FDA} = A_{490} / h / \text{g terre sèche}$$
- ✓ Applications agronomiques des mesures d'activités FDA hydrolase: les activités FDA hydrolases répondent très sensiblement aux modifications de fertilisation. Les variations des activités FDA reflètent également bien les variations qualitatives (activités microbiennes, type de microflore) et quantitatives de la microflore (biomasse microbienne) du sol.

◆ Mesure des activités minéralisatrices du carbone et de l'azote

Le carbone et l'azote sont les constituants fondamentaux de la MO. La disponibilité au champ de ces composés à l'égard de la microflore du sol (énergie et constituants cellulaires) et des plantes cultivées (nutrition minérale) est une connaissance fondamentale dans la gestion des sols et des cultures. Si de nombreux tests chimiques existent pour estimer la disponibilité de ces éléments, les tests biologiques en laboratoire, par incubation de terre en conditions contrôlées de température et d'humidité, pour des temps variables, sont sans doute les techniques les plus fiables (Catroux et al, 1987). Malgré les conditions expérimentales artificielles (température et humidité constante, non prise en compte de la plante), les estimations de la minéralisation nette du sol obtenues à l'aide de ces incubations simulent bien la minéralisation nette mesurée au champ (Nicolardot et al, 1997).

- ✓ Méthodologie : Les sols frais sont tamisés à 5 mm et conservés à 4°C jusqu'à utilisation. Un échantillon de terre est divisé en 2 lots équivalent chacun à 40 g de terre sèche. Un des lots est extrait immédiatement par du KCl 0.5M. Les reliquats d'azote nitrique et ammoniacal sont dosés par colorimétrie.
L'autre échantillon est ajustée aux environs de son humidité équivalente, puis est mis dans un pot étanche en présence de 20 ml de soude. L'ensemble est mis à incuber à 28°C, durant 28 j. En fin d'expérimentation, on dose le carbone minéralisé cumulé (C-CO₂) et la quantité d'azote minéral (N-NO₃ + N-NH₄).

- ✓ Paramètres calculés et expression des résultats :
 - *Carbone potentiellement minéralisable* = Quantité de carbone minéralisé sur 28 j = **Cm28** (mgC-CO₂ / kg terre sèche / 28 j)
 - *Azote potentiellement minéralisable* = Quantité d'azote minéralisé sur 28 j moins reliquats azote à To = **Nm28** (mgN-NO₃+NH₄ / kg terre sèche / 28 j)
 - autres paramètres :
 - * **Cm28 / BM** : Respiration Spécifique de la biomasse microbienne ou qCO₂ : (mg C-CO₂ / g C-BM / j)
 - * **Cm28 / Corg.** : Indice de minéralisation de la MO (en % de la MO totale)
 - * **Nm28 / Nt** : Indice de minéralisation de l'azote (en % de l'azote totale)
 - * **Estimation de la Fourniture annuelle d'azote du sol** = Nm28 x 5.25 (kg N / ha / an pour 3500 t de terre)

- ✓ Applications agronomiques : actuellement quasiment toutes les études sur la dynamique de la MO ou les propriétés biologiques des sols incluent dans leur approche la mesure de carbone (Cm) ou de l'azote (Nm) minéralisé.

APPLICATION DES INDICATEURS BIOLOGIQUES ET ORGANIQUES A LA GESTION DES SOLS, UN EXEMPLE EN VITICULTURE : IMPACT DES PRATIQUES CULTURALES D'ENTRETIEN DES SOLS VITICOLES SUR SON FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE

Cette étude a été réalisée en collaboration avec l'ITV France, Unité de Nîmes-Rodilhan (Responsable Technique : Eric Chantelot).

La parcelle étudiée fait partie d'un site pilote située au Lycée Agricole de Nîmes-Rodilhan. Nous présentons ici les résultats comparés de 2 itinéraires culturaux que sont : l'enherbement naturel maîtrisé (ENM – désherbage chimique, emploi d'herbicides de post-levée) et le travail du sol (TS – désherbage mécanique par travail superficiel du sol). Les observations et prélèvements sont faits sur l'inter-rang central.

Conduite durant 5 ans en ENM, les nouvelles modalités ont été appliquées en avril 1999. Les premières mesures biologiques ont été faites en avril 2000, un an après les changements des pratiques culturales. Les caractérisations biologiques de sols ont porté sur la détermination de la fraction facilement minéralisable de la MO, la mesure de la quantité de biomasse microbienne du sol (BM), la mesure de l'activité hydrolytique du sol (IAM : capacité du sol à dégrader la MO), et l'estimation du carbone et de l'azote potentiellement minéralisable (Cm28 et Nm28, respectivement). Le sol est de pH neutre, de texture lourde, limono-argilo-sableuse (20% d'argile), et présente un niveau moyen de 2.1% de MO.

Les résultats sont présentés **figure 1**. L'enherbement naturel maîtrisé, appliqué depuis 6 ans, permet de maintenir un bon niveau de matières organiques ainsi que les activités biologiques associées. Le travail du sol (TS) provoque une diminution du stock de MO et plus particulièrement de la fraction facilement minéralisable de la MO. Les fractions humiques, beaucoup plus anciennes (âge moyen de 50 ans) et plus stables ne bougent quasiment pas. Les indicateurs biologiques montrent des variations beaucoup plus sensibles pour chacune des modalités. Si l'on considère comme valeur de référence la modalité ENM, on observe alors, pour la modalité TS, une diminution des bio-indicateurs de -48% pour la BM, -18% pour l'IAM, -36% pour Cm28 et -66% pour Nm28.

En conclusion préliminaire sur cet essai en cours, nous observons que des modifications de techniques culturales entraînent rapidement des modifications du fonctionnement biologique du sol, l'ENM permettant d'obtenir de fortes activités biologiques, le TS ayant tendance à les stabiliser, à les ralentir. De plus, s'il est connu que les caractéristiques physico-chimiques d'un sol évoluent lentement, nous avons pu montrer que les mesures de fractions organiques et de paramètres biologiques des sols sont des indicateurs précoces et sensibles des modifications du milieu. Les études à venir devront nous aider à préciser les liens qui existent entre qualité biologique d'un sol et quantité et qualité de la production viticole.

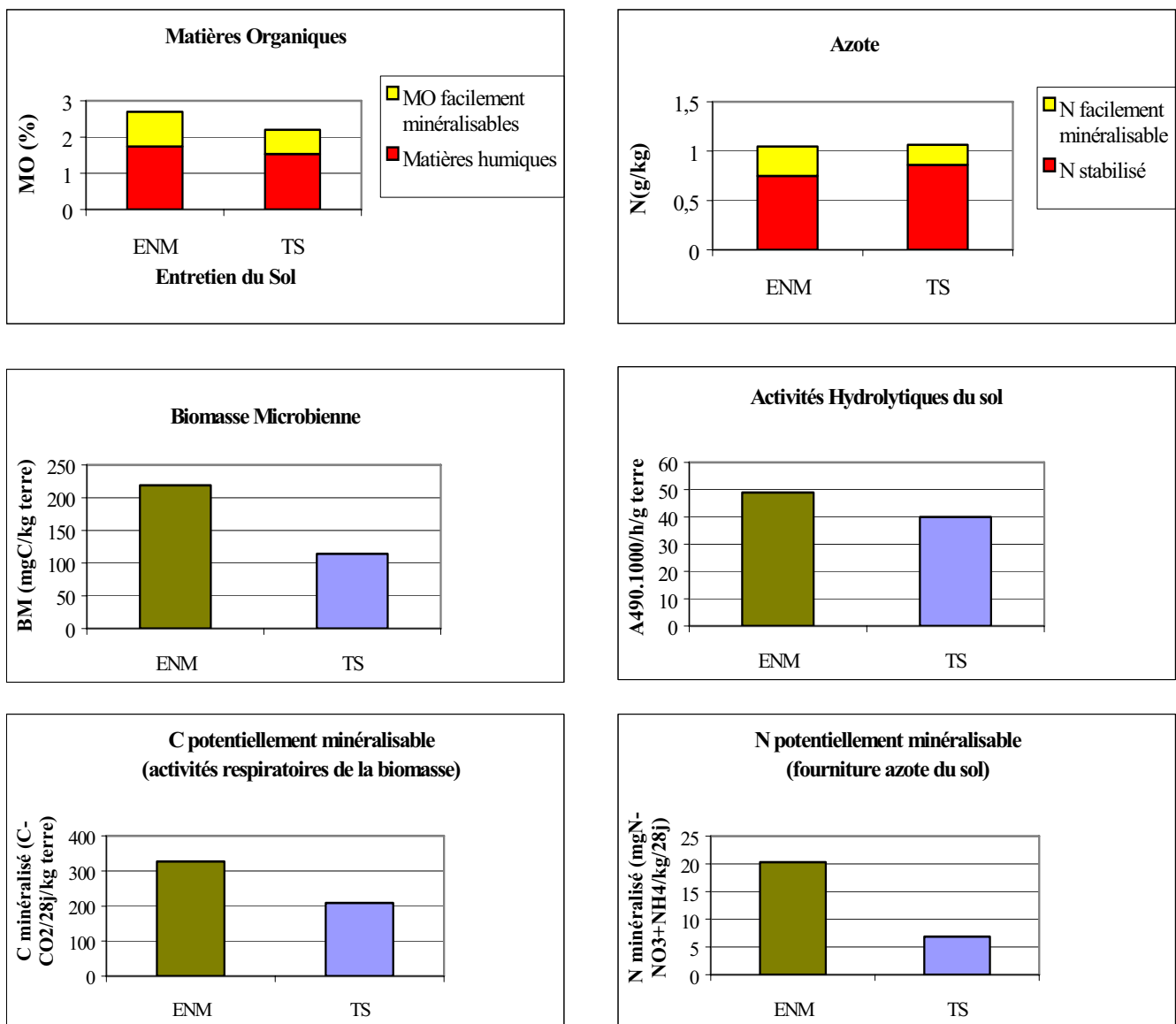


Figure 1 : Influence des techniques culturales d'entretien du sol (ENM : Enherbement Naturel Maîtrisé, TS : Travail du Sol) sur les paramètres biologiques et organiques du sol.

CONCLUSIONS

Nous possédons actuellement des techniques fiables, robustes, permettant de déterminer certains paramètres biologiques et organiques des sols. Ces facteurs réagissent tous, dans des proportions différentes, aux facteurs agro-pédologiques (facteurs édaphiques, pratiques culturales...).

Pris isolément, chaque paramètre biologique n'a valeur que d'indicateur biologique du milieu. Son interprétation et donc son intérêt agronomique est limité, à moins de posséder un référentiel solide, mais difficile à élaborer tant le nombre de paramètres à prendre en compte est important. Cependant, la lecture globale et le recoupement des informations fournies par l'ensemble des paramètres vus précédemment nous permet de visualiser le fonctionnement du sol dans son ensemble et de juger des équilibres entre les différents pools.

Le schéma ci-après permet de synthétiser l'ensemble des liens qui existent entre ces paramètres, d'une part, et leur environnement d'autre part.

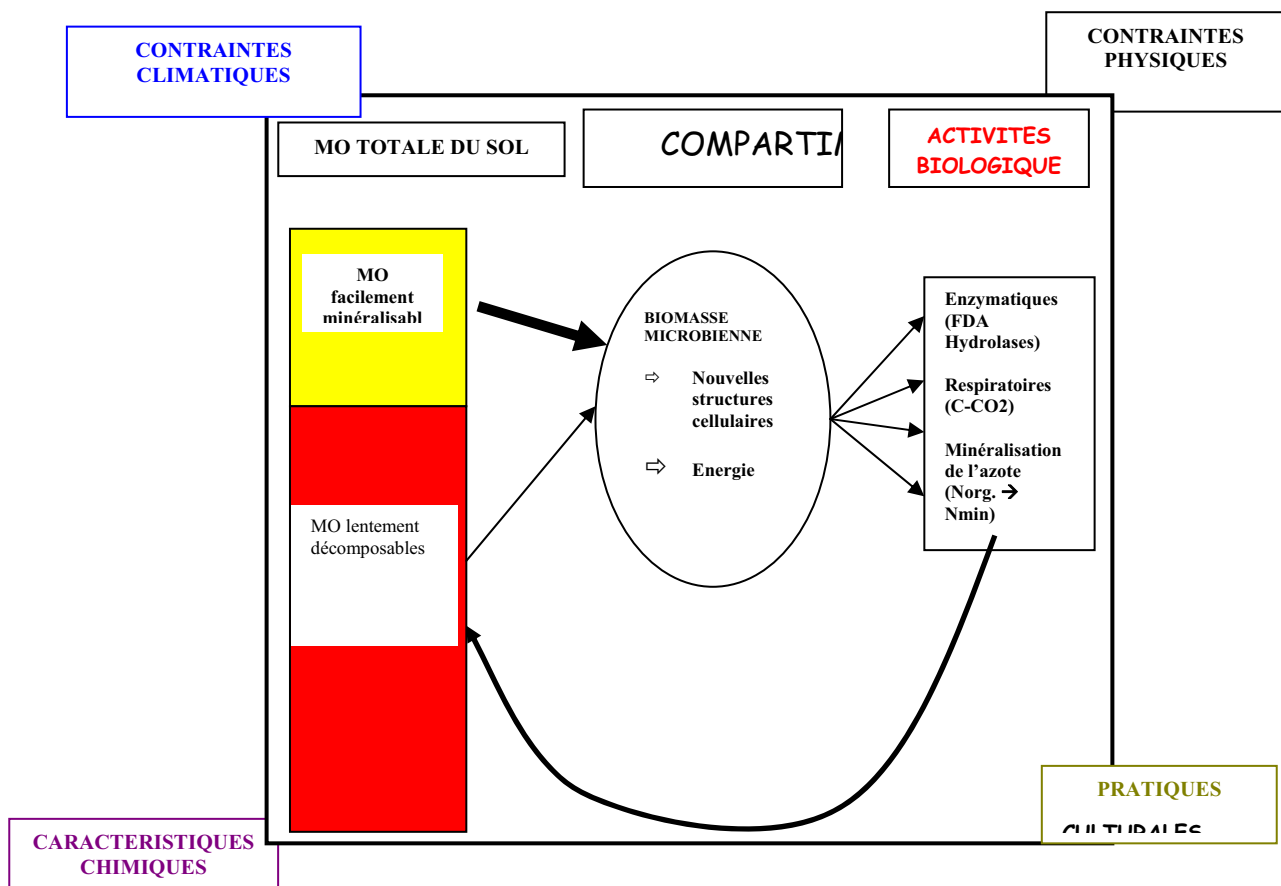


Schéma : Matières organiques et activités biologiques des sols

Les conclusions et conseils des analyses biologiques que nous pratiquons vont porter sur :

- sur la notion de terroir en la complétant par des notions de potentialités biologiques et organiques,
- la gestion des matières organiques : nature et quantité à apporter pour rééquilibrer le sol,
- gestion du travail du sol et de l'enherbement,
- appréciation de l'état structural du sol,
- impact des produits phytosanitaires et particulièrement du cuivre sur le fonctionnement biologique du sol.

La construction de référentiels est en cours, et nécessitera encore de longues années avant de devenir complètes. Cependant nous pouvons d'ores et déjà utiliser cette approche dans des études possédant un contrôle interne tel qu'un dispositif expérimental ou le suivi dans le temps de l'évolution d'une parcelle agricoles.

Une autre approche que nous suggérons est d'utiliser comme parcelle de référence un sol « au repos », et potentiellement à son optimum biologique et organique, comme par exemple un sol de prairie, une jachère enherbée de longue durée, une défriche récente etc. On pourra alors par comparaison des différents paramètres biologiques et organiques, en s'assurant d'être sur une même unité pédologique, estimer l'impact des pratiques culturales sur la fertilité globale du sol.

Principales Références Bibliographiques

- BRUCKERT S., ANDREUX F., CORREA A., et AMBOUTA J.M.K. – 1978 – Fractionnement des agrégats appliqué à l'analyse des complexes organo-minéraux des sols. *In : C.R. 11^{ème} Cong. Int. Sci. Sol*, A.I.S.S., Edmonton, Canada.
- CATROUX, G., CHAUSSOD R. et NICOLARDOT B. – 1987 – Appréciation de la fourniture d'azote par le sol – *C.R. Acad. Agric. Fr.* – 73(3) : 71-79
- CHAUSSOD R., B. NICOLARDOT, G. CATROUX et J. CHRETIEN - 1986 - Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *Science du Sol* - **2**: 213-226
- CHAUSSOD R., BREUIL M.C., NOUAIM R., LEVEQUE J. et ANDREUX F. – 1999 – La fertilité des sols viticoles : les indicateurs microbiologiques – In 12^{ème} colloque Viticole et Œnologique, Cahier Technique 1999, ITV France, Paris, p 15-22
- EDWARDS A.P. et BREMNER J.M. - 1964 – Use of sonic vibration for separation of soil particles -*Can. J. Soil Sci.*, 44 : 36
- FELLER - 1994, La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1 :1. Recherche de compartiments fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse d'Etat, ORSTOM Editions, N°144, 393 p
- GAVINELLI E., C. FELLER, M.C. LARRE-LARROUY, B. BAYE, N. DJEGUI and J. DE D. NZILA - 1995 - A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation : examples for tropical soils - *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* - **26**: 1749-1760
- NICOLARDOT B., MARY B., HOUOT S. et RECOUS S – 1987 - La dynamique de l'azote dans les sols cultivés – In Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes, Reims, 19-20 novembre 1996, Ed. INRA, Paris, Les colloques N°83 : 87-103
- SCHNÜRER J. and T. ROSWALL - 1982 - Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter - *Appl. Env. Microb.* - **43**: 1256-1261
- VANCE E.D., P.C. BROOKES and D.S. JENKINSON - 1987 - An extraction method for measuring soil microbial biomass C - *Soil Biol. Bioch.* - **19**: 703-707

LA MORPHOCHROMATOGRAPHIE DE TERRE : UN TEST QUALITATIF SUR LES MATIERES ORGANIQUES DES SOLS

Jean-Pascal MURE

Institut Kepler pour l'élargissement des sciences expérimentales
6, avenue G. Clémenceau, F- 69230 Saint Genis Laval
Tel : +33 (0) 4 78 56 19 41 - Fax : +33 (0) 4 78 56 84 57
institut.kepler@libertysurf.fr

La morphochromatographie de terre est un test utilisé pour une analyse qualitative des matières organiques des sols (M.O.S.). Les recherches menées sur ce test à l'Institut Kepler ont pour objet d'étudier son intérêt pour évaluer certaines qualités agronomiques des M.O.S. :

- Propriétés spécifiques liées aux caractéristiques biochimiques des M.O.S.,
- Appréciation sur l'humification des M.O.S.,
- Potentiels d'humification et de minéralisation des M.O.S.

Ces appréciations qualitatives sur les M.O.S. peuvent permettre de mieux comprendre l'impact de techniques culturales sur les M.O.S. dans le cadre d'expérimentations et d'aider à mieux raisonner les pratiques de gestion des M.O.S. dans les parcelles agricoles, en particulier celles liées aux choix des amendements organiques et aux choix des techniques de gestion des résidus de récolte. Le test de morphochromatographie a été conçu par E. Pfeiffer dans les années 1950 ; il est développé par quelques laboratoires en Allemagne et Suisse, et par l'Institut Kepler en France.

Le principe de la méthode consiste à faire migrer les M.O.S. dans un papier cellulosique préalablement imprégné par du nitrate d'argent. Les M.O.S. sont pour cela extraites par solubilisation au moyen d'une solution de soude, puis elles sont mises à migrer en conditions contrôlées à partir du centre d'un papier cellulosique. Celui-ci est ensuite exposé à la lumière ce qui révèle une image, caractérisée par des formes et des couleurs, qui s'est formée au cours du processus de migration des substances organiques. On distingue généralement quatre zones dans une morphochromatographie : les zones centrales, internes, médianes et périphérique. Elles sont de nature différentes selon les M.O.S., et leur description s'appuie sur une nomenclature basée sur l'observation des couleurs (nature, intensité...) et des formes (courants radiaux, structure dentée...). Une projection de photographies de morphochromatographies illustre ces propos.

Les hypothèses d'interprétation actuelles du test issues de nos travaux et d'une bibliographie, reposent sur les différences de nature biochimique présentes dans les substances constitutives des M.O.S. On distingue au sein des M.O.S. deux fractions principales en fonction de leur dynamique dans le sol, auxquelles il est possible d'associer des propriétés agronomiques relativement spécifiques :

- Une fraction stable, caractérisée par les matières organiques souvent de plus petite taille et humifiées. Elles correspondent à des macromolécules polymérisées et polycondensées, de charge électrique négative, modélisées sous forme d'un nucléus central entouré de chaînes périphériques porteuses de groupements fonctionnels. Ces M.O.S. sont considérées comme très réactives. Ces matières organiques sont responsables de la formation du complexe organo-minéral dont découlent un grand nombre de propriétés physico-chimique des sols : construction de la structure, capacités de rétention en éléments minéraux ou en eau, etc. Par contre, cette fraction se dégrade très lentement et participerait peu à l'alimentation minérale des plantes.
- Une fraction active, qui peut être caractérisée par des matières organiques de taille supérieure à celles de la fraction stable, et chimiquement bien définies : débris végétaux en cours de dégradation avec les produits de leur décomposition (contenus cytoplasmique, membranes cellulaires ...), substances biochimique issues des activités des organismes du sol. Ces molécules sont caractérisées par une réactivité biochimique plutôt faible, mais elles constituent des substrats assez facile à consommer par les micro-organismes. Ceux-ci les utilisent pour leurs activités et réalisent diverses fonctions d'intérêt agronomique comme la minéralisation ou l'humification. Les matières organiques de cette fraction participent de façon prépondérante à l'alimentation minérale des plantes et assurent d'autres fonctions telles que la cohésion des agrégats responsable de la stabilité structurale.

Lorsque ces différentes matières organiques migrent dans le papier cellulosique, on suppose, en référence à des tests effectués avec des substances modèles, que les molécules les plus réactives se fixent d'abord sur le papier cellulosique grâce à des liaisons électrostatiques formées avec les charges positives des ions argent, et sous une forme qui apparaît assez organisée dans les zones internes et médianes. Dans la zone périphérique vont se retrouver les substances qui se sont laissées entraînées par le flux de migration, sans se déposer avant du fait de leur moindre réactivité. Les fractions des M.O.S. les plus réactives, correspondant aux matières organiques les plus humifiées et les plus stables, forment donc probablement les zones internes et médianes, alors que les fractions plus actives, moins réactives, constituent la zone périphérique. L'interprétation d'une morphochromatographie de terre doit permettre ainsi une appréciation qualitative approximative et globale de la dynamique des M.O.S., constituant une aide à leur gestion. Ce test est aussi susceptible de mettre en évidence des spécificités propres aux M.O.S. consécutives à des pratiques culturales différentes. Ce test apparaît de ce fait complémentaire aux méthodes analytiques usuelles d'étude des M.O.S., et pourrait être mis en oeuvre dans les approches globales de fertilité des sols.

Principales Références Bibliographiques

- F. ANDREUX and C. MUNIER-LAMY, 1994.- Genèse et propriétés des molécules humiques. In Constituants et propriétés du sol, M. Bonneau, B. Souchier et alii (eds), 109-141.
- J. BALESDENT, 2000.- Communications stage ENESAD Montpellier.
- D. BANGERT, 1994.- Zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Chroma-Boden-Testes als bildschaffender Methode. Institut für ökologische Zukunftsperspektiven, Barsinghausen.
- S. BRUCKERT, 1994.- Analyse des complexes organo-minéraux des sols, In Constituants et propriétés du sol. M. Bonneau, B. Souchier et alii (eds), 275-295.
- N. HASSOLD, 1994.- Zu Kenntnisstand und Methodenentwicklung des Chroma-Boden-Testes. Universität Oldenburg.
- J.P. MURE et Y. GAUTRONNEAU, 2001.- Analyse critique de la morphochromatographie de terre pour l'étude qualitative des matières organiques des sols, publication en projet.
- E. PFEIFFER, 1984.- Chromatography applied to quality testing, Bio-Dynamic Literature, Wyoming.

| |
|--|
| <p style="text-align: center;">POTAGERE PORTE-GRAINE ITINERAIRES DE PRODUCTION DE SEMENCES BIOLOGIQUES</p> |
|--|

François COLLIN

Fnams

Loudes – 11400 Castelnaudary

Tél. : 04 68 94 44 22 – Fax : 04 68 94 11 64

Email : fnam.castelnaudary@wanadoo.fr

A chaque espèce de potagères porte-graine correspond un itinéraire particulier, or il existe plus d'une vingtaine d'espèces majeures produites en France, dont certaines peuvent être produites en plein champ et sous abri... Cela donne un aperçu du travail technique à réaliser !. Certes nous ne partons pas de zéro. Des techniques de productions dans un système agrobiologique sont en grande partie à mettre en œuvre ou à adapter en fonction des connaissances acquises par ailleurs. Actuellement, les productions de semences de potagères Bio doivent représenter moins d'une centaine d'hectares en France, contre plus de 10 000 ha en production conventionnelle (Sources GNIS).

Rappelons quelques particularités de ces espèces porte-graine :

Ces plantes sont sélectionnées pour leur développement végétatif et leur qualité organoleptique et non pour faire des graines (exceptés les légumes secs).

Certaines d'entre elles ont besoin de vernaliser pour monter à graine (plantes bisannuelles).Elles sont implantées à faible densité pour que le potentiel grainier s'exprime. Cette particularité a l'inconvénient de laisser la place aux adventices.

Enfin, les semences produites doivent répondre aux normes requises de facultés germinatives, pureté spécifique et variétale.

Particularités des espèces bisannuelles

Les espèces bisannuelles doivent être suffisamment développées avant l'hiver (nombre de feuilles, diamètre du collet de la plante etc.) pour vernaliser et monter à graine l'année suivante. Cela impose des mises en place qui se situent généralement au mois de juillet, août ou septembre selon les espèces ; voire plus précocement pour certaines d'entre elles (Tableau I).

Pour ces espèces, la difficulté majeure pour l'agriculteur multiplicateur réside dans le choix de la conduite de la culture. En effet, l'agriculteur multiplicateur peut choisir entre plusieurs types d'itinéraires techniques selon l'espèce à multiplier :

- ***confection des plants en pépinières, puis repiquage*** (pour certains porte-graine c'est un passage presque obligé : oignons; pour d'autre possible : carotte porte-graine).
- ***semis en place en sol nu***
- ***semis en place sous couvert***

Confection des plants en pépinières puis repiquage:

Dans la pratique, les pépinières sont mises en place en général durant les mois de juillet (chou) et août (carotte, chicorée bisannuelle, betteraves....) et les repiquages ont lieu dès janvier, février en zone de production du sud de la France ; un peu plus tardivement dans les régions nord (Anjou, Beauce...).

- Avantages : l'agriculteur a de faibles surfaces à entretenir au départ de la culture : désherbage, irrigation, (il faut compter en général 1000 m² de pépinière pour 10 000 m² de plantation). Par ailleurs, il a la possibilité de trier les plants lors du repiquage : éliminer les plançons malades, déformés, ceux de trop petite taille...
- Inconvénients : l'arrachage des plants pour le repiquage impose une destruction partielle du système racinaire. Cette destruction limite l'exploitation du sol par le futur porte-graine : alimentation hydrique, alimentation minérale etc. Par ailleurs, les plantes repiquées ont un développement généralement réduit, d'où de faibles rendements notamment chez la carotte porte-graine, la poirée, la betterave rouge.... On note également une concurrence accrue des adventices.

Semis en place en sol nu :

Exemple du semis en sol nu de la carotte porte graine (proposition d'un itinéraire technique)

- Précédent céréale si possible
 - Travail du sol juste après la récolte (cover crop)
 - Faux semis, un délai de deux à trois semaines entre le travail du sol et la destruction du faux semis est nécessaire (avec irrigation généralement indispensable).
 - Semis 2e quinzaine d'août au semoir pneumatique (J0) entre 15 et 25 graines au ml (écartement 70 entre les lignes)
 - Désherbage thermique pour détruire les adventices avant la levée des carottes (J+6)
 - Binage : herse étrille au stade jeune de la carotte
 - Binage : plusieurs binages à l'automne si nécessaire puis au printemps jusqu'au stade mi-montaison de la culture. Récolte courant août.
- Avantages: les porte-graine s'implantent dans de bonnes conditions pour faire face à leurs besoins en alimentation hydrique et minérale.
 - Inconvénients: Actuellement nous ne disposons pas d'itinéraire technique fiable pour lutter contre les adventices; notamment dans le semis en place de carotte porte graine; espèce qui représente le plus gros potentiel de production.
Dans la majorité des cas, la lutte contre les adventices requiert un grand nombre d'heures de désherbage manuel, limitant l'intérêt économique de cette culture.

Semis sous couvert : exemple du semis de persil sous couvert de tournesol.

C'est un semis superposé. Le tournesol est semé en premier à une profondeur de 1 à 2 cm. Le persil est semé aussitôt au semoir pneumatique en surface, à raison de 2 à 3 kg/ha. Comme pour toutes cultures, la gestion du désherbage doit se faire à 3 niveaux :

- Le choix du précédent
- La gestion de l'interculture, faux semis....
- Le désherbage des deux cultures :
 - Herse étrille au stade jeune des plantes
 - Bineuse (à socs, à dents, ou houe rotative dès que les cultures le permettent)

La récolte du tournesol doit se faire à l'aide d'une moissonneuse batteuse équipée d'un broyeur, pour éliminer et répartir correctement les résidus de récolte de tournesol. Un passage supplémentaire de broyeur permet de détruire la base des tiges de tournesol après la récolte pour faciliter les binages.

La seconde année d'implantation il sera possible de biner jusqu'au stade mi-montaison du persil qui se situe au mois de mai de l'année n +1. La récolte s'effectue courant août.

Tableau I : calendrier de mise en place des principales espèces bisannuelles

| | Mars/Avril | Juillet | Août | Septembre | Novembre |
|------------------|------------|---------|------|-----------|-----------|
| Betterave rouge | | | ←→ | ←→ | |
| Carotte | | | ←→ | ←→ | |
| Céleri | | | ←→ | ←→ | |
| Chicorée Witloof | | | ←→ | | |
| Choux | | ① ←→ | | ←→ ② | |
| Fenouil | | | ←→ | ←→ | |
| Mâche | | | | ←→ | |
| Navet | | | | ←→ | |
| Oignons | ←→ ③ | | | | ←→ ④ |
| Panais | | | | ←→ | |
| Persil | | ⑤ ←→ | ←→ ⑥ | | |
| Poireau | ⑦ ←→ | ←→ ⑧ | ←→ | | repiquage |
| Poirée | | | ←→ | ←→ | |
| Fève | | | | | ←→ |

- ① – Chou produit à partir d'une pépinière
- ② – Chou semé en place
- ③ – Oignon implanté dans le Nord de la France
- ④ – Oignon implanté dans le Sud de la France
- ⑤ – Persil semé sous couvert de tournesol
- ⑥ – Persil semé en sol nu
- ⑦ – Plants produits en pépinière
- ⑧ – Poireau semé en place

Multiplication des espèces annuelles

Au cours de trois années d'enquêtes conduites par la FNAMS en collaboration avec l'ITAB, il apparaît que les espèces annuelles sont les plus faciles à multiplier. En voici quelques raisons :

- Haricot : cette espèce peut être binée jusqu'à la récolte.
- Cucurbitacées : (courgette, cornichons...) les plantes recouvrent assez rapidement le sol limitant le développement des adventices.
- Laitue, chicorée, radis : facilité de binage jusqu'à mi-montaison des porte-graine.

Exemple d'une implantation de printemps : la laitue

Comme beaucoup de porte-graine, la laitue peut se multiplier en plein champ ou sous abri. Sous abri, ces productions s'adressent principalement au marché professionnel. Cette technique permet d'obtenir une grande qualité des graines produites et de limiter les contaminations par les virus.

Ici, nous nous bornerons à présenter sommairement l'itinéraire technique d'une mise en place de plein champ.

- Faux semis
- Semis sur un sol ressuyé entre le 15 février et le début mars (8 jours après le dernier faux semis).
- Profondeur 1 à 2 mm
- Densité 15 à 20 graines/ml
- Écartement 40 à 60 cm
- Désherbage thermique avant l'émergence des jeunes laitues mais en présence de plantules d'adventices
- Au stade 5/6feuilles éclaircir la culture de manière à conserver une plante tous les 10/15 cm.
- Binage mécanique après la levée des laitues
- Déjupage et ouverture des pommes si nécessaire
- Récolte manuelle ou mécanique selon la surface multipliée.

Tableau II : Principales espèces annuelles (semis de printemps)

| | |
|--|--------------|
| Chicorée, frisée, scarole | Melon |
| Concombre et cornichon | Radis |
| Courge et courgette | Tomate |
| Épinard | Pois potager |
| Laitue | Haricot |
| Fève (espèces qui peuvent être implantées indifféremment en annuelle ou bisannuelle) | |

La multiplication de ces espèces impose de nombreuses contraintes. En voici quelques exemples :

- L'irrigation est généralement indispensable pour la réussite de la levée des cultures, et fortement conseillée lors de la phase remplissage des semences en fin de cycle.
- La surveillance des jeunes semis est impérative notamment pour limiter les dégâts causés par les limaces et autres vers gris.
- La fertilisation azotée, en l'état actuel de nos connaissances on propose des niveaux d'apport de l'ordre de 40 à 60 unités hectare. Nous recherchons à produire des semences avec un développement pas trop exubérant des porte-graine pour limiter les risques d'attaques parasitaires.
- Le choix du précédent sera également très important, écarter tout précédent dont les graines seraient intriables avec la culture potagère à multiplier.
- Destruction des espèces sauvages dans l'environnement, espèces susceptibles de provoquer des pollutions polliniques des espèces cultivées (carotte sauvage, betteraves spontanées...)
- La mise en œuvre des récoltes sera spécifique à chaque groupe d'espèces multipliés et selon l'importance de la surface en production et la qualité des semences recherchée par l'établissement multiplicateur.

La production de semences potagères ne s'improvise pas, elle demande un minimum d'équipement (planteuses, semoir, distributrice, séchoir...) des sols relativement "propre", le respect d'itinéraire technique précis : dates d'implantation, densité de semis.... C'est la raison pour laquelle le service technique de la FNAMS en collaboration avec l'ITAB sont en cours de réalisation de fiches techniques de production des principales espèces potagères.

COMPARATIF DE TERREAUX BIOLOGIQUES
(étude conduite en 1999)

Stéphane LE MENN

Comité de développement de la Zone Légumière
Kergompez – 29250 ST POL DE LEON
Tél. : 02 98 69 17 46 – Fax : 02 98 29 07 16
stephane.lemenn@finistere.chambagri.fr

BUT DE L'ESSAI

Plusieurs maraîchers bio produisent eux-mêmes leurs plants de légumes en mottes et les producteurs de plants spécialisés sont de plus en plus sollicités pour produire des plants biologiques. Parallèlement, le nombre de terreaux biologiques disponibles sur le marché ne cesse de progresser. **Sont-ils tous aptes à la production de plants maraîchers destinés aux professionnels ?** Pour répondre à cette question et aider les producteurs à dans leur choix, la Chambre d'agriculture du Finistère a réalisé en 1999 un essai comparatif de plusieurs terreaux biologiques dans le contexte régional spécifique de la Bretagne (luminosité, température...).

LES TERREAUX BIO : UN MELANGE SUBTIL

Ces produits servent de support au développement d'un jeune plant destiné à être planté. Ils sont constitués de matières structurantes (tourbes blondes et noires) et de matières nutritives (engrais et amendements organiques...). Toute la difficulté consiste à trouver le bon mélange présentant une structure stable, et qui sera à la fois suffisamment riche en minéraux disponibles sur une "longue" période et non phytotoxique (par excès de salinité).

PROTOCOLE ET CONDITIONS D'ELEVAGE

- ◆ L'étude a porté sur **6 espèces** élevées en pépinière et sur **3 types de mottes** différents (voir tableau) :
 - tomate et courgette : grosses mottes ;
 - laitue et oignon : petites mottes ;
 - brocoli et chou-fleur : mini-mottes.
- ◆ L'élevage des plants était réalisé sous serre verre chez 2 producteurs de plants spécialisés : Tecnosem (Cléder - 29) et Cloâtre (Guipavas - 29).
- ◆ Les semis ont été réalisés entre le 16/02/99 et le 16/03/99. L'irrigation des plants et l'aération de la serre sont gérées par les producteurs de plants.

Tableau récapitulatif des conditions de pépinière des différents essais :

| Type de mottes | Culture | Lieu | Taille de motte | Conditions d'élevage |
|----------------|-----------------------|----------|-----------------|---|
| Petites mottes | Oignon | Cloâtre | 3.2 x 3.2 cm | 13 jours à 19.5°C puis en serre non chauffée |
| | | Tecnosem | 4.2 x 4.2 cm | 3 jours à 18°C puis en serre non chauffée |
| | Laitue | Cloâtre | 3.7 x 3.7 cm | en serre non chauffée |
| | | Tecnosem | 4.2 x 4.2 cm | 3 jours à 18°C puis en serre non chauffée |
| Mini-mottes | Chou-fleur et brocoli | Tecnosem | plaque de 150 | 3 jours à 18°C puis en serre non chauffée, et mis à durcir à l'extérieur à partir de 49 jours |
| Grandes mottes | Tomate | Cloâtre | 8 x 8 cm | à 19°C (après repiquage sur les mottes) |
| | Courgette | Cloâtre | 8 x 8 cm | à 20°C pendant 10 jours puis en serre non chauffée |

- **Terreux testés**

Nous avons testé au total 14 terreux biologiques , mais chaque série d'essais a été réalisée sur 9 terreux.

Pour chaque culture, un terreux témoin conventionnel a été intégré dans l'essai. Chez Tecnosem, il s'agit d'un *Klasmann* de formulation personnalisée à la demande du producteur (sous fertilisée), et chez Cloâtre il s'agit du terreux *BVB* (ayant une structure identique à celle du terreux *BVB bio* testé).

Le terreux Floragard bio n'a pu être intégré dans l'essai pour cause de livraison tardive.

Composition des terreux testés

| MARQUE | Nom du terreux | COMPOSITION | | | | | Pour petites mottes | Pour grosse motte | |
|----------------------|----------------|--|--------------|---------------|--|---|---------------------|-------------------|---|
| | | Tourbe Brune | Tourbe Noire | Tourbe Blonde | Autres matières premières | Complémentation : Quantités par m3 de terreux | | | |
| AGROFINO | 113B | - | 80% | 20 % | - | 3 kg engrais organique (6-7-8) + 8 kg chaux magnésienne | X | X | |
| BIO MIX | B101 | 80 % | - | 20 % | - | 1.5 kg engrais organique (7-7-10) | X | | |
| BIO MIX | B103 | 80 % | - | 20 % | - | 2 kg engrais organique (7-7-10) | | X | |
| BVB | terreux bio | - | 50 % | 20 % | 27 % Tourbe mélangée 3 % sable silicieux | 7 kg Dolokal extra 10% + 3 kg engrais organique (7-7-12) + 3% sable silicieux | X | X | |
| DE BAAT | EKO1 | - | 65 % | - | 35 % T. de coco et aiguille de pin décomposées | 2 kg engrais organique (9-3-3) + 2 kg engrais organique (7-7-7) | | X | |
| DE BAAT | EKO3 | - | 80 % | 20 % | - | 2 kg engrais organique (9-3-3) + 2 kg engrais organique (7-7-7) + 100 mg d'oligo-éléments | X | | |
| FAVORIT | terreux bio | - | - | 9 % | 81 % Tourbe mixte 10 % de compost vert | 1 kg poudre de corne + 6 kg carbonate de chaux + 10% compost vert | X | X | |
| KLASMANN | K025 | - | 50 % | 30 % | 20 % compost végétal | 1 kg patentkali + 2 kg scorie Thomas + 3 kg de poudre de corne + 20% compost végétal | | X | |
| KLASMANN | K028 | - | 50 % | - | 50 % Tourbe mixte | 1 kg patentkali + 2 kg scorie Thomas + 10 l. de sable + 3 kg de poudre de corne + 40 kg d'argile suédoise | X | | |
| KLASMANN | K657 | Non communiquée (formulation spéciale) | | | | | | X | X |
| 2S-PLUS | terreux bio | 50 % | - | 20 % | 30 % compost végétal | 5 kg corne broyée + 30% compost végétal | X | X | |
| STERCKX | P59 | 50 % | 50 % | - | | 7 kg chaux magnésienne + 4 kg M10 (6-5-9) | X | X | |
| TOURBIER E DE France | TML bio | - | 90 % | 10 % | | 4 kg calcaire + 1.3 kg corne broyée + 1.7 kg phosphate naturel + 1.3 kg patentkali | X | | |
| TOURBIER E DE France | TMT bio | - | 75 % | 25 % | | 4 kg calcaire + 1.3 kg corne broyée + 1.7 kg phosphate naturel + 1.3 kg patentkali | | X | |

- **Mesures et observations**

La qualité des terreaux a été appréciée essentiellement par le **développement des plants** et la **tenue** des mottes mesurée ou appréciée sur chaque culture au stade plantation. Des observations visuelles durant l'élevage et après plantation complètent ces éléments.

Ainsi, pour chaque culture une note sur 5 est attribuée à chaque terreau sur les 4 critères suivants : croissance durant l'élevage, poids de la partie aérienne du plant, développement racinaire et tenue des mottes. Il en ressort une note globale sur 20 pour chaque terreau.

RESULTATS

- ♦ **En petites mottes et mini-mottes : 10 terreaux testés + 2 témoins**

- En pépinière :

| Notes sur 20 | Klasmann K657 | BVB témoin | Klasmann témoin | De Baat EKO 3 | Favorit | 2S + (struct . fine) | Klasmann K 028 | Sterckx P59 | BVB bio | BioMix B101 | Agrofino 113 B | Tourbière de F. TMLbio |
|--------------------------------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|------------------------|
| LAITUE | 16 | 15 | 15 | 15,5 | 13,5 | 14 | 12 | 10 | 11,5 | 9,5 | 8,5 | 6,5 |
| OIGNON | 15 | 16 | 15 | 14 | 13 | 13 | 13,5 | 11 | 11 | 12 | 10,5 | 7 |
| CHOU-FLEUR | 16 | | 14 | 14 | 15 | 14 | 16 | 14 | 11 | 8 | 8 | 8 |
| BROCOLI | 16 | | 14 | 14 | 15 | 15 | 14 | 14 | 12 | 11 | 8 | 8 |
| NOTES GLOBALES moyenne sur 20 | 15,8 | 15,5 | 14,5 | 14,5 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 12,5 | 11,5 | 10,0 | 9,0 | 7,5 |

Nous constatons que, pour un même terreau, les résultats sont relativement constants d'une culture à l'autre.

3 groupes de terreaux se dégagent :

- ✓ 5 terreaux présentent des résultats semblables aux terreaux conventionnels (plants bien développés et vigoureux) : **Klasmann 657 et 028, DeBaat, Favorit et 2S-Plus**,
- ✓ 3 terreaux ont une notation moyenne en raison d'un développement un peu plus faible des plants : **Sterckx, BVBbio et BioMix**.
- ✓ 2 terreaux ne sont pas satisfaisants : **Agrofino** pour sa mauvaise tenue des mottes et **Tourbière de France** pour le très faible développement des plants. Avec le terreau *Agrofino*, la séparation des mottes est très périlleuse et elles s'effritent complètement à l'enfoncement dans le sol. La reprise des jeunes plants devient donc délicate et nous avons constaté beaucoup de manquant à la récolte sur ce terreau.

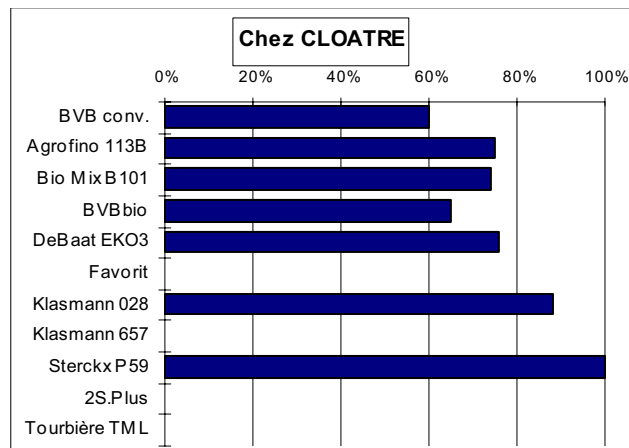
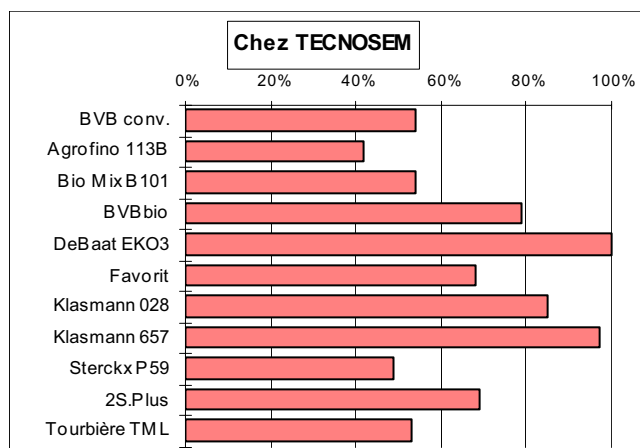
- Après plantation :

La reprise ne pose pas de problème pour les plants les plus développés. En revanche elle est souvent difficile et très lente avec les terreaux *Tourbière de Fr.*, *Agrofino*, *BioMix* et parfois *BVB bio*, et cela induit des rendements plus faibles.

Des pesées ont été réalisées à la récolte pour les cultures d'oignon et de brocoli :

Oignon : pesée de la récolte Quantité récoltée par motte plantée

(100% correspond au plus fort rendement : *Sterckx* chez Cloâtre et *DeBaat* chez Tecnosem)



Brocoli

Les différences de rendements sont peu sensibles mais on note par contre une précocité un peu plus avancée pour les plants des terreaux *Favorit* et *Klasmann*. En effet, 14 à 21% des têtes sont coupés à la première coupe contre moins de 5% pour les autres terreaux.

Remarque: la majorité des plants se sont bien comportés au cours de cet essai sauf pour les oignons semés chez Tecnosem qui ont eut un faible taux de germination (apparemment dû à un problème de graines). Les choux-fleurs et brocolis ont subi une attaque de mildiou qui a été rapidement stoppée par une application de bouillie bordelaise.

◆ **En grosses mottes : 9 terreaux testés + 1 témoin**

Les résultats en grosses mottes sont proches de ceux obtenus en petites mottes :

➤ En pépinière :

| Notes sur 20 | Favorit | Klasman n K 025 | <i>BVB</i> <u>témoin</u> | BVB terrea u bio | 2S+ | Agrofin o 113B | De Baat EKO 1 | Sterckx P59 | BioMi x B103 | Tourbièr e de F. TMT bio |
|--|-------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|-------------|-------------------|------------------------|----------------|-----------------|--------------------------------|
| TOMATE | 16 | 14 | 16 | 14 | 14 | 12 | 14 | 10 | 4 | 4 |
| COURGETTE | 17 | 18 | 15 | 14 | 14 | 15 | 11 | 15 | 12 | 9 |
| NOTES GLOBALES moyenne sur 20 | 16,5 | 16,0 | 15,5 | 14,0 | 14,0 | 13,5 | 12,5 | 12,5 | 8,0 | 7,5 |

3 groupes de terreaux se distinguent à nouveau :

- ✓ **Klasmann et Favorit** ont permis un bon développement des plants (meilleur qu'avec le terreau témoin).
- ✓ 5 autres terreaux sont satisfaisants mais se distinguent des précédents soit par une mauvaise tenue des mottes (**Agrofino**), soit par des plants légèrement moins développés (**2S-Plus**, **BVBbio**, **Sterckx**, **DeBaat**).
- ✓ Le terreau **Tourbière de France** donne à nouveau des plants moins développés que ceux des autres terreaux. Il est accompagné par **BioMix** qui présente des résultats corrects en courgette et décevants en tomate.

➤ Après plantation :

Courgette

La reprise des plants a été délicate sur l'ensemble des terreaux à cause des mauvaises conditions climatiques. Seuls *Favorit*, *Klasmann*, *2S-Plus* et *BioMix* ont permis une reprise correcte. avec les autres terreaux les plants ont du mal à repartir et les rendements finaux s'en ressentent.

En tomate

Les différents plants ont bien repris et la croissance s'est bien déroulée. Les plants les moins développés à la plantation (*Tourbière de Fr.*, *BioMix*, *Sterckx* et *BVB Bio*) ont rattrapé peu à peu leur retard. Début août ils sont légèrement moins hauts mais paraissent aussi chargé en fruits que les autres.

BILAN

Cet essai confirme l'importance du terreau pour obtenir un bon plant. En effet, **nous constatons de grosses différences de développement des plants selon les terreaux**. Cela est particulièrement marqué pour l'oignon où le rapport de poids des plants les plus légers aux plus lourds est de 1,5 à 10, ou pour la salade où ce même rapport est de 3 à 10. Pour un même terreau, les résultats sont assez homogènes d'une culture à l'autre.

Cette étude a permis de classer ainsi les différents testés :

- *Klasmann* et *De Baat* donnent de bons résultats dans cet essai, ils restent des valeurs sûres.
- Les terreaux *Favorit* et *2S-Plus* moins connues sont bien ressortis dans l'essai aussi et donnent des résultats proches voire meilleurs que *Klasmann* et *De Baat*. *Sterckx* et *BVBBio* sont corrects mais avec des résultats en dessous des terreaux précédents.
- Le terreau *Agrofino* a permis d'obtenir des plants corrects pour certaines cultures, mais la faible résistance mécanique de ses mottes ne le rend pas apte à une utilisation professionnelle.
- En revanche, les terreaux *Tourbière de France* et *BioMix* n'ont pas permis, dans nos conditions d'essai, d'obtenir un développement des plants suffisant. Leur reprise au champ était lente et difficile et les rendements à la récolte étaient généralement moindres.

Rappelons que ces essais datent de 1999 et que les terreaux sont tout à fait susceptibles d'avoir évolué depuis cette période. Il convient donc de relativiser ces résultats et il sera intéressant de renouveler ce type d'étude afin d'actualiser les connaissances sur ces produits.

Par ailleurs, il est important de préciser que ces essais ont été réalisés chez des pépiniéristes professionnels ; chez les agriculteurs qui font eux-mêmes leurs plants, avec des températures d'élevage souvent plus basses, des problèmes de carence azotée pourront se produire en raison d'une minéralisation trop faible (en cas de problème, un apport d'engrais organique type farine de plume permettra de compenser ce déficit).

Enfin, en 1999 lors de la réalisation de ces essais, seuls 2 terreaux sur 14 étaient conditionnés dans des emballages spécifiques, portant clairement la mention « AB ». Afin d'éviter les problèmes lors de l'achat du terreau, et par la suite lors du contrôle des exploitations biologiques, il convient que la mention "produit utilisable en agriculture biologique" figure clairement sur les sacs.

METHODES DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES OÏDIUMS DES CULTURES MARAICHÈRES

Marc BARDIN

INRA, Station de Pathologie Végétale,
Domaine Saint Maurice, B.P. 94 - 84143 MONTFAVET cedex
Tél. : 04 32 72 28 55 – Fax : 04 32 72 28 42
bardin@avignon.inra.fr

L'oïdium est une des maladies les plus fréquentes sur la plupart des cultures maraîchères, en particulier sur le melon, la tomate et le piment. Sur les variétés sensibles, des traitements fongicides fréquents sont nécessaires pour éviter des pertes de rendement ou de qualité graves. Des pertes d'efficacité de certains fongicides sont signalées du fait entre autre de l'apparition de souches résistantes.

Pour certaines espèces maraîchères d'importance économique, il n'existe pas encore de variétés commercialisées résistantes aux oïdiums ; de plus les variétés résistantes ou moins sensibles, quand elles existent, ne sont pas toujours celles retenues par les producteurs et se révèlent parfois sensibles sur le terrain.

Un programme de recherche a été mis en place depuis plusieurs années à l'INRA (station de pathologie végétale du centre de recherches d'Avignon) pour renforcer l'efficacité de la lutte contre les oïdiums par une connaissance de la diversité des populations parasites, par l'identification et la caractérisation de nouveaux gènes de résistance chez la plante et par le développement de méthodes de lutte alternatives afin de diversifier la palette de méthodes disponibles pour la lutte contre cette maladie. Certains de ces travaux peuvent déboucher sur des mesures dont la mise en œuvre peut être envisagée dans le cadre d'une production biologique.

AGENTS RESPONSABLES DE L'OÏDIUM SUR CULTURES MARAICHÈRES

Les symptômes d'oïdium sur cultures maraîchères peuvent être causés par plusieurs espèces de champignons difficiles -voire impossibles- à distinguer sur le terrain.

Tableau 1 : Espèces d'Erysiphacées responsables de l'oïdium sur cultures maraîchères.

| Hôte | Principaux agents d'oïdium rencontrés |
|---------------|---|
| Cucurbitacées | <i>Sphaerotheca fuliginea</i> , <i>Erysiphe cichoracearum</i> , <i>Leveillula taurica</i> |
| Tomate | <i>Oïdium neolycopersici</i> , <i>Leveillula taurica</i> |
| Poivron | <i>Leveillula taurica</i> |

Ainsi, sur **cucurbitacées**, il est impossible de distinguer *Erysiphe cichoracearum* de *Sphaerotheca fuliginea* sur le terrain, et la différenciation se fait uniquement sur des critères morphologiques microscopiques. La forme sexuée étant plutôt rare, c'est la forme conidienne qui est utilisée pour distinguer ces espèces. Les critères clés sont la morphologie de la spore, l'emplacement du tube germinatif et la présence de grains de fibrosines dans le cytoplasme quand les spores sont montées dans une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium (3%).

La distinction entre *Leveillula taurica* et les autres espèces responsables de l'oïdium est plus aisée: symptomatologie sensiblement différente sur la plante et morphologie de la spore terminale distincte (forme lancéolée chez *L. taurica*).

Afin d'estimer l'importance relative de chacune des espèces d'oïdium sur cucurbitacées, près de 600 prélèvements ont été effectués sur le terrain entre 1993 et 2000, en France principalement. Seules les espèces *S. fuliginea* et *E. cichoracearum* ont été détectées lors de cette étude ; l'espèce *L. taurica* n'a jamais été observée. Globalement, *S. fuliginea* représentait l'espèce la plus fréquemment rencontrée (plus de 80% des échantillons collectés). Cette espèce prédominait nettement sur le pourtour méditerranéen et les régions subtropicales ; *E. cichoracearum* était présent uniquement dans le nord de l'Europe et dans le sud-ouest de la France, et très rarement dans le sud-est de la France.

L'oïdium sur la **tomate** peut être causée par deux espèces, *Leveillula taurica* et *Oidium neolycopersici*. Cette dernière espèce a été récemment renommée (Kiss et al, 2001) et peut être rencontrée dans la littérature sous les noms : *Oidium lycopersici* ou *lycopersicum*, et même *Erysiphe* sp.

Oidium neolycopersici est devenu un problème grave dans le monde à partir de 1986 et en France à partir du début des années 1990. Cette espèce représente maintenant le principal oïdium rencontré sur tomates sous serre au printemps et en été en France. *Leveillula taurica* apparaît en fin de saison (septembre – novembre) dans les régions du sud de la France et sous serre dans le nord de l'Europe.

Enfin sur **piment**, seule l'espèce *L. taurica* a été identifiée à ce jour. Ce champignon peut constituer un grave problème en culture sous serre dans le Nord de l'Europe (Pays-Bas notamment) ainsi qu'en région méditerranéenne (culture de plein champ en Italie, culture sous abris dans le Sud de la France).

METHODES DE LUTTE

◆ Lutte génétique

➤ Melon

Pour répondre à la forte demande des producteurs, de nombreuses variétés de melon résistantes ont été créées par les sélectionneurs, mais la stabilité de ces résistances face à la variabilité du champignon est quelquefois mal maîtrisée.

En effet, *S. fuliginea* et *E. cichoracearum* diffèrent dans leur virulence vis à vis de variétés de melon et des races ont été décrites chez chacune des 2 espèces :

Tableau 2 : Structure des races de *Sphaerotheca fuliginea* et *Erysiphe cichoracearum* sur melon observée entre 1994 et 2000 en Europe

| RACES | <i>Sphaerotheca fuliginea</i> | | | | | | | <i>E. cichoracearum</i> | |
|-------------------|-------------------------------|---|------|-------------------|---|---|---|-------------------------|---|
| | 0 | 1 | 2 Eu | 2 US ^b | 3 | 4 | 5 | 0 | 1 |
| IranH | S ^a | S | S | nt | S | S | S | S | S |
| Védrantais | R | S | S | S | S | S | S | R | S |
| PMR45 | R | R | S | S | S | S | S | R | S |
| WMR29 | R | R | R | h | R | S | S | R | S |
| Edisto47 | R | R | R | R | R | R | S | R | S |
| PMR5 | R | R | R | R | S | R | R | R | R |
| PI141723 | R | R | R | S | R | R | R | R | R |
| PI124112 | R | R | R | R | R | R | R | R | R |
| N-Oblong | R | S | S | S | S | S | S | R | R |

^a S = sensible, R = résistant, h = hétérogène, nt = non testé.

^b **en italique** : race jamais observée en France.

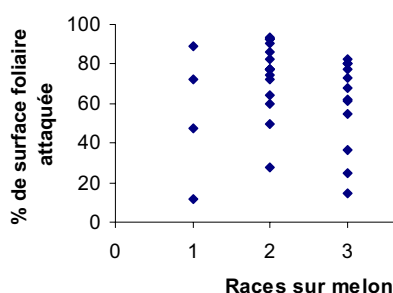
Ainsi, à partir de tests réalisés sur 9 géotypes de melon, 2 races ont été mises en évidence pour *E. cichoracearum* et 6 races ont été identifiées pour *S. fuliginea*. Pour *E. cichoracearum*, seule la race 1 est rencontrée sur melon. Pour *S. fuliginea*, la race 0 n'est pas présente dans les zones de production du melon et la race 1 est rarement observée. La race 2 représentait la race prédominante au champ jusqu'en 1994 (82% en 1993 et 1994 en France). Depuis 1998, la race 5 est devenue la race majoritaire en France alors qu'elle n'avait pas été détectée dans les populations naturelles jusqu'en 1994. Outre sa prédominance, cette race est agronomiquement importante car elle est capable d'attaquer la plupart des variétés commerciales.

Parallèlement à cette race, des souches de race 3 ont été mises en évidence en France en 2000. Cette race, précédemment observée aux Etats-Unis en Israël et au Japon, n'avait encore jamais été identifiée en France.

Afin d'estimer la capacité de survie et de développement des races de *S. fuliginea*, des tests d'agressivité sur une variété de melon sensible cultivar 'Védrantais' ont été conduits sur disques de feuille et sur plantes entières. Une grande diversité dans l'agressivité des différentes races de *S. fuliginea* a été observée. Les souches de race 5, capable de surmonter un grand nombre de résistances, présentaient une agressivité équivalente aux souches de race 2 ou de race 3. Cette propriété est un des facteurs pouvant expliquer le développement rapide de cette race sur les cultures de melon depuis 1994.

L'évolution de la structure des races de *S. fuliginea* en France peut s'expliquer par la pression de sélection qu'exerce le melon sur l'agent pathogène. En effet, les variétés cultivées depuis le début des années 90 sont très majoritairement résistantes aux races 0, 1 et 2. L'ensemble de ces résultats suggère donc que *S. fuliginea* présente un fort potentiel de variabilité.

Figure 1 : Niveau d'agressivité (en pourcentage de surface foliaire attaquée par l'oïdium) de 67 isolats de *Sphaerotheca fuliginea* appartenant à 4 races différentes sur disques de feuille de melon cv. Védrantais.



➤ Concombre et courgette

Des variétés commerciales tolérantes à l'oïdium existent. Ces résistances sont généralement polygéniques récessives de niveau moyen. Aucun contournement total de ces résistances partielles n'a été signalé jusqu'à présent.

➤ Tomate

Quelques variétés commerciales résistantes à *Leveillula taurica* existent. La résistance à cette espèce est conférée par un gène dominant. Aucune perte de résistance n'a été décrite jusqu'à présent.

Face à *O. neolycopersici*, aucune variété commerciale n'a été développée jusqu'à présent. Une résistance a été mise en évidence chez certaines lignées de *Lycopersicon* sauvages (*L. hirsutum* en particulier) et cette résistance est sous le contrôle d'un seul gène *Ol*. Jusqu'à maintenant, il n'y a pas d'évidence de l'existence de races de *O. neolycopersici* capables de surmonter ce gène même si des différences dans l'agressivité de différents isolats naturels ont été détectées.

➤ Piment

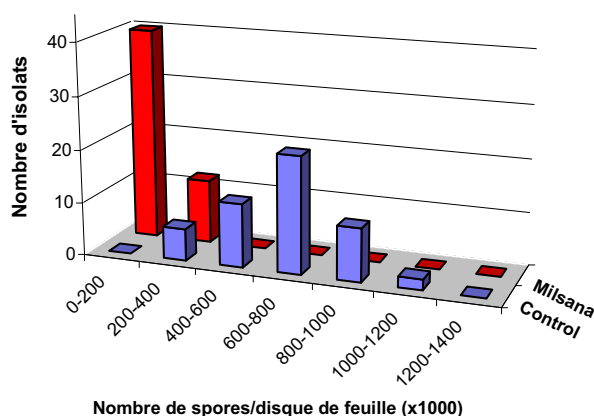
Des sources de résistances partielles ont été mises en évidence chez certaines variétés « exotiques » mais aucune variété commerciale n'est déclarée comme étant résistante à *Leveillula taurica*. La résistance à cette espèce est conférée par plusieurs facteurs à effet quantitatif. La résistance décrite chez ces variétés 'exotiques' est stable dans diverses conditions culturales (différentes régions géographiques, plein champ/ serres) et en présence de souches de *L. taurica* d'agressivités variables.

◆ Lutte biologique (voir tableau 3)

- L'action de l'eau sur l'oïdium est connue depuis de nombreuses années. Elle aurait un effet sur le développement d'une flore microbienne antagoniste de l'oïdium et une action mécanique par le 'lessivage' des spores sur la feuille. Cependant, la pulvérisation d'eau sur le feuillage a été utilisée avec un succès très modéré. L'eau a en effet différents effets sur les stades de développement de l'oïdium: alors que la sécheresse favorise la colonisation, la sporulation et la dispersion des spores, de fortes humidités favorisent l'infection et la survie des conidies.
- Le soufre est autorisé au cahier des charges européen de l'agriculture biologique ; il est homologué sur de nombreuses cultures maraîchères en France et est largement utilisé en cultures de légumes biologiques. Son usage massif pose d'ailleurs un certain nombre de questions et de plus en plus d'efforts sont faits pour tenter d'en réduire les apports.
- Le développement récent d'un produit à base d'extraits de plante de *Reynoutria sachalinensis* (produit Milsana, société Schaette, Allemagne) pour lutter contre *S. fuliginea* sur concombre sous serre est encourageant. L'hypothèse d'une induction des réactions de défense de la plante a été avancée pour expliquer le mode d'action de ce produit.

Afin d'estimer la diversité de la sensibilité des oïdiums à cet extrait de plante, différents isolats d'oïdium appartenant à trois espèces différentes ont été testés au laboratoire sur disques de feuille. Malgré une diversité dans la sensibilité au Milsana, une forte efficacité de ce produit est mise en évidence sur 52 isolats de *S. fuliginea* et 5 isolats de *E. cichoracearum* sur melon ainsi que sur 16 isolats de *O. neolycopersici* sur tomate.

Figure 2 : Effet de l'extrait de plante de *Reynoutria sachalinensis* sur la sporulation de 52 isolats de *Sphaerotheca fuliginea* sur disques de feuilles de melon :



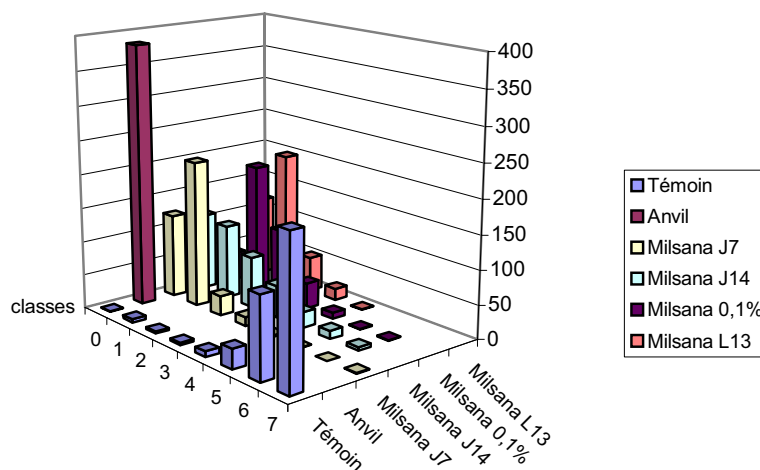
Des essais ont été mis en place sur tomate sous serre au CTIFL à Balandran en collaboration avec l'INRA dans le cadre d'un projet ACTA-ICTA 1999-2001 « Lutte biologique contre plusieurs maladies aériennes des fruits, légumes, vigne et fleurs » (Trottin-Caudal *et al.*, 2001).

Ces essais mettent en évidence une efficacité du Milsana contre *O. neolycopersic* : l'extrait de plante appliqué en pulvérisation apporte une protection significative du feuillage, en réduisant le nombre de folioles attaquées ainsi que la sévérité d'attaque. Le pourcentage de protection par rapport au témoin varie de 65% à 98% selon les tests réalisés. Ces essais ont permis en outre d'affiner les concentrations utiles et la fréquence des traitements nécessaires à une bonne efficacité du produit. L'extrait de plante ne présente pas d'action systémique mais offre une persistance d'action d'au moins 3 semaines sur les feuilles traitées.

Figure 3 : Efficacité du Milsana VP99 sur oïdium de la tomate (*Oidium neolycopersici*) (essai réalisé en 1999)

Nombre de folioles de tomate attaquées par) par classe d'attaque et par modalité.

Les différentes classes correspondent à des niveau d'attaque sur foliole :
0 = foliole saine ; **1** = 0-10% d'attaque ;
2 = 10-25% ; **3** = 25-50% , **4** = 50-75% ; **5** = 75-90% ; **6** = 90-100% ; **7** = 100% + nécrose



- Dans la littérature, d'autres extraits de plantes ayant un effet sur l'oïdium sont mentionnés : un extrait de **noyau de neem** est décrit comme efficace pour contrôler *S. fuliginea* sur courgette et des **extraits d'ail** contre *S. fuliginea* sur concombre.
- L'amendement de **silice soluble** à la solution nutritive de concombre semble réduire les infections dues à *S. fuliginea* chez cette plante. Un effet de la variété de concombre cultivée et de la saison de culture sur l'efficacité du traitement a été mis en évidence. D'après certains auteurs, l'utilisation de la silice est fréquente en serre de concombre (culture hors sol) puisqu'elle représenterait près de 60% des serristes en Europe (Pays Bas). La pulvérisation de silicate de potassium sur le feuillage du concombre réduit également les attaques d'oïdium. Le mode d'action de ce produit n'est pas totalement élucidé. Les deux hypothèses retenues actuellement sont une induction des mécanismes de défense de la plante et/ou la création d'une barrière mécanique par un renforcement des parois des cellules végétales.
- L'application de **sels de phosphate et de potassium** par pulvérisation sur des plants de concombre entraîne un contrôle de *S. fuliginea* dans certaines conditions mais d'après certains auteurs, cet effet n'est pas reproduit systématiquement. Le bicarbonate de sodium semble également avoir un effet sur *S. fuliginea* sur concombre.
- Enfin, certains auteurs font état de l'effet de divers produits sur le développement de l'oïdium sur les plantes. On peut citer le **lait**, des **détergents** (Tween80), des **huiles** et des **argiles**.
- **Lutte biologique par l'utilisation d'agents microbiens :**
Aucun agent microbien n'est actuellement homologué pour contrôler l'oïdium sur plantes maraîchères en France. Cependant de nombreuses études menées dans différents laboratoires de recherche ont permis d'identifier des micro-organismes présentant une activité contre les oïdiums (voir tableau 3). Certains d'entre eux sont commercialisés ou en voie d'homologation dans certains pays (Etats Unis d'Amérique, Canada, Israël, principalement).

- ❖ *Ampelomyces quisqualis* est un champignon hyperparasite de l'oïdium qui colonise les hyphes et conidiophores de plusieurs espèces d'oïdium. Ce champignon est actif à forte humidité et certains auteurs ont proposé de l'utiliser en combinaison avec une pulvérisation d'eau. Récemment, une société a développé une formulation sous forme de granules et en utilisant une nouvelle souche du champignon moins sensible à l'humidité (AQ-10, Ecogen, Inc, USA).
- ❖ *Sporothrix (Pseudozyma) flocculosa* est un agent de lutte biologique récemment identifié et il est actuellement en cours de commercialisation au Canada et aux Etats-Unis (Sporodex, Plant Products Co. Ltd., Canada). Ce champignon agit en produisant un antibiotique qui va induire une rapide plasmolyse des cellules d'oïdium. Cet agent de lutte biologique a été développé pour contrôler l'oïdium sur rosier (*Sphaerotheca pannosa*) mais il présente également une activité contre *S. fuliginea* sur concombre.
- ❖ *Verticillium lecanii* est un champignon polyphage capable de coloniser des insectes (arthropodes), rouilles et oïdiums. Ce microorganisme affaiblit ou tue l'oïdium en produisant un antibiotique puis colonise ensuite les hyphes et conidies de son hôte. Il est actif contre *S. fuliginea* sur concombre. Des produits commerciaux sont actuellement sur le marché dans certains pays pour le contrôle d'insectes ravageurs mais aucune formulation n'existe contre l'oïdium.
- ❖ *Bacillus subtilis* QST713 (Serenade, AgraQuest Inc., USA) est une bactérie ayant une activité déclarée contre plus de 40 agents pathogènes dont l'oïdium des cucurbitacées (*S. fuliginea* et *E. cichoracearum*) et de la tomate (*L. taurica*). Peu de données sont disponibles sur cette bactérie et différents modes d'action sont susceptibles d'être responsables de son activité contre ces différents agent pathogènes : compétition, parasitisme, antibiose, et induction d'une résistance systémique acquise chez la plante (SAR).
- ❖ *Bacillus brevis* présente également une activité contre *S. fuliginea* sur concombre. Cette bactérie produit un antibiotique qui inhibe la germination du champignon.
- ❖ **D'autres champignons** ont été décrits comme ayant une activité contre l'oïdium (e.g. *Acremonium alternatum*, *Aphanocladium album*, *Calcarisporium arbuscula*, *Cladosporium* sp., *Penicillium chrysogenum*, *Sporothrix rugulosa*, *Tilletiopsis* spp., *T. albescens*, *T. minor*, *T. pallescens*, *T. washingtonensis*) mais ils n'ont fait l'objet que d'un faible nombre d'études jusqu'à présent, et à notre connaissance, ils ne sont pas en phase de développement commercial.

Les agents microbiens antagonistes de l'oïdium sont principalement des hyperparasites de l'agent pathogène ou des agents producteurs d'un composé antibiotique. Dans le premier cas, leur efficacité sera fortement liée à leur capacité de survie et de développement sur le feuillage de la plante dans les conditions de développement de l'oïdium (humidité faible par exemple). L'optimisation de leur efficacité passe donc par l'amélioration de leur formulation afin de les rendre moins sensibles aux conditions environnementales. Dans le second cas, la production d'une molécule antibiotique implique de se poser la question de la durabilité d'un tel moyen de contrôle face à la variabilité connue des oïdiums. Des études devront donc être entreprises pour évaluer la capacité de l'agent pathogène à surmonter l'action de ce type d'agent de lutte biologique.

Tableau 3 : Produits non chimiques ou agents biologiques ayant une activité anti-oïdium sur culture maraîchères (D'après Verhaar, 1998 et Bélanger et Labbé, 2001)

| Produits | | Mode d'action principal supposé | Oïdium des cultures maraîchères testé |
|--------------------------------|--------------|---|--|
| Produits non organiques | Synthétiques | Bicarbonate de potassium Bicarbonate de sodium | <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> |
| | Naturels | Silice soluble Argiles Huile de paraffine Détergents | Résistance induite Résistance induite physique Protecteur Protecteur / Fongicide |
| Produits organiques | Naturels | Lait Huiles Extraits de plantes ➤ <i>Reynoutria sachalinensis</i> (MILSANA) ➤ Neem Kernels (<i>Azadirachta indica</i>) ➤ extraits d'ail Extraits de compost | <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> Protecteur Résistance induite Résistance induite ? Résistance induite/Fongicide |
| | | | <i>S. fuliginea</i> , <i>E. cichoracearum</i> , <i>O. neolycopersici</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> |
| Organismes vivants Biologiques | Bactéries | <i>Bacillus subtilis</i> (SERENADE) <i>Bacillus brevis</i> | Parasitisme/ Antibiose/ Résistance induite Antibiose |
| | Champignons | <i>Acremonium alternatum</i> <i>Aphanocladium album</i> <i>Ampelomyces quisqualis</i> (AQ 10) <i>Calcarisporium arbuscula</i> <i>Cladosporium</i> spp <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Sporothrix (Pseudozyma) rugulosa</i> <i>S. (Pseudozyma) flocculosa</i> (SPORODEX) <i>Tilletiopsis</i> spp. <i>Verticillium lecanii</i> | Parasitisme Parasitisme Parasitisme Antibiose Antibiose Antibiose Parasitisme / Antibiose |
| | | | <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> <i>S. fuliginea</i> |

CONCLUSION

La lutte contre l'oïdium représente souvent une priorité pour les agriculteurs, que leur production soit placée dans le contexte de l'agriculture biologique ou non. Cependant, un certain nombre d'interventions respectueuses de l'environnement permettent de diminuer l'impact de l'agent pathogène.

La **lutte génétique** représente toujours un moyen efficace de contrôler cette maladie mais la variabilité importante de ces champignons et en particulier le développement possible de souches capables de surmonter les gènes de résistance reste un problème pour l'avenir. Face à l'évolution des races, en particulier chez *S. fuliginea* sur melon, des programmes sont mis en place pour la mise au point d'une lutte génétique d'efficacité plus durable. Ces travaux bénéficient de l'harmonisation des objectifs des pathologistes (caractérisation de la diversité de l'agent pathogène et étude de l'évolution des populations de pathogènes vis à vis des gènes de résistance) et des sélectionneurs (caractérisation de la diversité génétique des plantes hôtes, recherche de nouvelles sources de résistance, marquage des facteurs de résistance).

La **lutte biologique** représente une alternative intéressante et de nombreux travaux ont été réalisés ces dernières années pour déceler un produit anti-oïdien autre que chimique (Tableau 3). Cependant, l'application de ces produits reste très limitée dans le monde. D'après Bélanger et Labbé (2001), outre des aspects économiques, une des principales raisons à cet état de fait est que leur activité est souvent inférieure à celle obtenue par l'utilisation de fongicides organiques.

Par ailleurs, des mesures culturales telles que la complémentation en éléments minéraux de la solution nutritive (silices, différents sels) pourrait compléter les interventions phytosanitaires ; elles ne toutefois sont pas toujours compatibles avec le cahier des charges de l'agriculture biologique. Mais, alors que chacune de ces mesures phytosanitaires, prise séparément, risque de ne pas suffire à apporter un niveau de contrôle satisfaisant de la maladie, leur combinaison offre des perspectives intéressantes et des études doivent être poursuivies pour évaluer leur complémentarité.

Principales Références Bibliographiques

- BELANGER R.R. et LABBE C. 2001. Control of powdery mildews without chemicals: prophylactic and biological alternatives for horticultural crops. *The Powdery Mildews: a comprehensive treatise* (Bélanger R.R., Dik A.J. and Bushnell W.R. eds) APS press (sous presse)
- KISS L., COOK R.T.A., SAENZ G.S., CUNNINGTON J.H., TAKAMATSU S., PASCOE I., BARDIN M., NICOT P.C., SATO Y., ROSSMAN A.Y. 2001. Identification of two powdery mildew fungi, *Oidium neolycopersici* sp nov. and *Oidium lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. *Mycological Research* **105**:684-697
- TROTTIN-CAUDAL Y., FOURNIER C., LEYRE J.M., NICOT P., DECOGNET V., BARDIN M. et ROMITI C. 2001. Lutte biologique contre *Botrytic cinerea* et *Oidium neolycopersici*. *PHM revue Horticole*, supplément Le Maraîcher, **428**:13-15.
- VERHAAR M.A. 1998. Studies on biological control of powdery mildew in cucumber (*Sphaerotheca fuliginea*) and rose (*S. pannosa*) by means of mycoparasites. *PhD thesis*, University of Wageningen, The Netherlands.

LE SOUFRE CONTRE L'OÏDIUM EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE

Catherine MAZOLLIER

GRAB

Agroparc, BP 1222, Bât B – 84911 AVIGNON Cedex 9

Tél. : 04 90 84 01 70 – Fax : 04 90 84 00 37

Maraichage.grab@freesbee.fr

www.wanadoo.perso.fr/grab

Le soufre est utilisé depuis l'Antiquité pour la « désinfection » des cultures , mais c'est à partir de 1850, avec l'introduction en Europe de l'Oïdium de la vigne, qu'il montra tout son intérêt contre cette maladie. Il fut ensuite utilisé en cultures légumières, notamment sur melon, courgette, scaroles...

Le soufre fait partie des substances de traitement autorisées en agriculture biologique, dont la liste est définie par le règlement CEE 2092/91 dont l'annexe II B établit la liste. Il est homologué en France pour un grand nombre d'usages en cultures légumières.

CARACTERISTIQUES DU SOUFRE

⇒ Nature : Elément minéral

- provenant de l'extraction minière,
- ou sous-produit industriel, extrait de l'hydrogène sulfuré issu de la purification des gaz naturels de Lacq.

⇒ Propriétés :

- *Fongicide* : actif sur de nombreux champignons : oïdium, tavelure, septoriose, rouille...
- *Acaricide* : actif sur plusieurs espèces d'acariens ;
- *Répulsif* contre les fourmis.

⇒ Mode d'action :

- Le soufre a la faculté de se sublimer, c'est à dire de passer de l'état solide à l'état gazeux à température ambiante : il agit donc par **vapeur** (soufre poudrage surtout) ;
- Il bloque la respiration cellulaire, inhibe la synthèse de l'acide nucléique et la formation des protéines ;
- Son action est :
 - *préventive*, par inhibition de la germination des conidies,
 - *partiellement curative* , par destruction du mycélium,
 - *éradiquante*, par destruction des conidiophores.

Ce mode d'action « multi-sites » rend très difficile , voire impossible, la sélection de souches résistantes.

⇒ Toxicologie :

- Les spécialités commerciales sont classées neutres ou Xi (irritant) ;
- le soufre poudrage est irritant pour la peau, les muqueuses et les yeux (nombreux cas d'irritations répertoriés);
- Le soufre poudrage, extrêmement volatile, peut pénétrer par les voies respiratoires, comme tout autre traitement par poudrage. D'ailleurs, aux USA, un délai de 24 heures est imposé après un traitement par poudrage sur le feuillage, avant retour du personnel dans la culture traitée.
- LMR sur fruits et légumes : 50 mg/kg.

DIFFERENTES FORMULATIONS

A partir du soufre brut, on aboutit à 2 types de produits : les soufres pour poudrage et les soufres mouillables.

⇒ Soufres pour poudrage : poudre pour poudrage = DP :

- **Soufre trituré** : obtenu par simple broyage : particules > 100µ.
- **Soufre trituré ventilé** : soufre broyé puis tamisé par ventilation ; particules de 50 à 80 µ.
- **Soufre sublimé ou « fleur de soufre »** : obtenu par distillation ; très pur, ne contient que 20 à 30 % de soufre amorphe, particules de 5 à 15 µ.

⇒ Soufres mouillables :

- **Soufre micronisé ordinaire : poudre mouillable = WP** : produit obtenu par broyage pneumatique (passage dans un « microniseur ») puis mélangé avec des adjuvants (dispersants, mouillants) pour permettre la mise en solution ; 80 % de soufre pur.
- **Soufre micronisé atomisé : granulés à disperser = WG** : produit obtenu par broyage en phase liquide, puis formulé en petits granulés par passage dans un atomiseur ; granulométrie très fine et régulière (1 à 6 µ) ; 80 % de soufre pur. Les granulés sont d'un usage plus commode et moins toxique lors de la préparation de la bouillie (pas de poussière).
- **Soufre liquide : suspension concentrée = SC** : suspension concentrée de particules solides de soufre.

CONDITIONS D'UTILISATION

⇒ Soufre pour poudrage :

- L'évaporation du soufre poudrage impose une température minimale de 8°C ; l'efficacité est optimale à 25 °C ; la phytotoxicité est possible à partir de 30-35 °C.
- sa durée d'action est très courte : 3 jours au maximum, mais son efficacité est très forte et curative.
- le soufre poudrage disposé en tas sur le **sol** a un effet limité : la distance d'action serait limitée à 15 cm !
- Le soufre poudre est également utilisé pour une application particulière en horticulture et en culture de fraise : il s'agit d'une combustion en « lampes à soufre », réalisée la nuit : l'efficacité est intéressante mais cet usage s'avère corrosif pour les plastiques de serres.

⇒ Soufre mouillable :

- Le soufre mouillable n'a pas un effet vapeur équivalent à celui du soufre poudrage : son efficacité est moindre, mais elle moins dépendante de la température ambiante que pour la forme poudre;
- Il a une persistance d'action de 10 jours environ, sauf en cas de pluie supérieure à 30 mm.

EFFETS SECONDAIRES SUR LA FAUNE

- ⇒ **sur les auxiliaires** : le soufre est réputé plus toxique en poudrage que sous forme mouillable. Il présenterait une toxicité sur les acariens prédateurs (*Amblyseius*, *Phytoseiulus*, *Typhlodromes*), sur punaises Anthocorides, sur parasitoïdes (*Encarsia formosa*) et sur Chrysopes. **Par précaution, l'usage du soufre poudrage est donc déconseillé de façon régulière, notamment en cas d'introduction d'auxiliaires dans la culture.**
- ⇒ **sur abeilles** : par précaution, les applications de soufre poudrage sont généralement interdites en période de pollinisation active.
- ⇒ **sur le sol** : pas d'impact connu.
- ⇒ **en milieu aquatique** : peu toxique.

AUTRES EFFETS SECONDAIRES

⇒ phytotoxicité

- De façon générale, les risques de phytotoxicité augmentent lorsque les traitements sont réalisés à des températures élevées (supérieures à 28-30 °C) et avec des fortes luminosités;
- Certaines espèces se révèlent plus fragiles (concombre) ;
- Des plantes étiolées, non endurcies, seront plus vulnérables ;
- Sur cultures légumières sous abris, les utilisations seront donc moins fréquentes qu'en cultures de plein air, en raison d'une fragilité plus grande des tissus végétaux et des risques de phytotoxicité liés aux températures plus élevées.
- Les formes mouillables sont réputées plus agressives pour les plantes que les soufres pour poudrage ;
- Les poudrages doivent être réalisés sur feuillage sec pour limiter les risques de brûlures : Ils ne doivent pas être utilisés sur végétal humide ou risquant d'être humide dans les 24 heures qui suivent le traitement : risques de phytotoxicité.

⇒ dégradation des plastiques de couvertures d'abris

De nombreux pesticides jouent un rôle prépondérant dans le processus de vieillissement des films. C'est notamment le cas du soufre : en effet, les applications répétées de ce produit sur les parois plastiques des serres provoquent une sensibilisation accrue des plastiques à la photo-dégradation, notamment pour les films classiques incolores. A fortiori, l'utilisation des « lampes à soufre » (ou évaporateurs) accroît encore davantage les risques de dégradation prématurée des plastiques de couverture : leur usage est à réserver uniquement aux cultures sous serres verre.

PRODUITS UTILISABLES EN CULTURES LEGUMIERES

Le soufre est un produit à part parmi les produits phytosanitaires : il peut à la fois être considéré comme un produit industriel simple, non soumis à homologation (soufre trituré ou sublimé), et comme un produit phytosanitaire soumis à homologation (toutes les formes de soufre).

⇒ **Produit industriel simple : (norme NFU 43002)**

Le soufre pour poudrage (formes *triturée et sublimée* = « fleur de soufre ») existe sous forme de produit industriel répondant aux exigences d'une réglementation spécifique (norme) : sous cette forme, il n'est pas soumis à homologation. L'utilisateur prend alors ses responsabilités sur les risques de phytotoxicité.

⇒ **Produits homologués :**

- **Les soufres pour poudrage** sont des poudres non miscibles à l'eau, destinées uniquement à une utilisation par poudrage. Les produits commerciaux contiennent 80 à 99.5 % de soufre. Ils ont une action secondaire contre acariens. Ils sont homologués à la dose de **20 Kg /ha** de produit commercial en cultures légumières.
- **Les soufres mouillables sont uniquement destinés à des applications par pulvérisation.** Les produits commerciaux contiennent 60 à 80 % de soufre. Ils n'ont pas d'action secondaire contre acariens. Ils sont homologués à la dose de **7.5 Kg /ha** de produit commercial en cultures légumières.

| |
|---|
| <p style="text-align: center;">Le délai de traitement avant récolte n'étant pas défini (nd), il ne peut pas être inférieur à 3 jours</p> |
|---|

Tableau 1 : Produits à base de soufre

| forme | poudrage (DP) | mouillable |
|----------------------------|--|---|
| dose /ha | 20 Kg/ ha | 7.5 Kg/ ha |
| coût moyen | 125 F/ha soit 19 €/ha | 70 F/ha soit 11 €/ha |
| Principaux produits | trituré : Coq 95 (Elf Atochem) Oïdiol poudrage (Agriphyt) Ventifluid/ Ventiflor (Calliope) | micronisé = poudre mouillable (WP) : Microlux 81 (AgrEvo France) Blackstop (Bourgeois) Microthiol (Elf Atochem agri) Soufrugec (Sipcam-phyteurop) |
| | sublimé (fleur de soufre) : Fluidosoufre (Elf Atochem agri) | micronisé atomisé = granulés à disperser (WG) Composoufre (BASF) Microthiol spécial (Elf Atochem agri) Phytosoufre super (Bayer) Plantisoufre SP (AgrEvo France) Rhodiasoufre express (Philagro) Thiovit microbilles (Amethys) |
| commerciaux | | suspension concentrée = SC Heliosoufre S (Samabiol) Microthiol liquide (Elf Atochem agri) |

**Remarque : la lessive sulfo-calcique , dite « Bouillie nantaise »
n'est pas homologuée en cultures légumières.**

Tableau 2 : usages homologués du Soufre en cultures légumières

De nombreuses préparations à base de soufre poudrage ou mouillable bénéficient d'une homologation, en particulier en cultures légumières, comme l'indique le tableau ci dessous.

| espèces | soufre poudrage | soufre mouillable |
|----------------|------------------------|--------------------------|
| aubergine | X | |
| carotte | X | X |
| chicorée | | X |
| concombre | X | X |
| cornichon | X | X |
| courgette | X | X |
| mâche | | X |
| melon | X | X |
| persil | | X |
| pois | | X |
| tomate | X | X |

source ministère de l'agriculture et de la Pêche /e-phy : comité 06/01

BIBLIOGRAPHIE

ACTA, Index phytosanitaire 2000, 644 pages.

ITAB, Caractéristiques des produits de traitement en viticulture biologique, 2001, 4 pages.

LAGIER J., 2001 - Incidence des pesticides sur la durabilité des matériaux plastiques de couverture d'abris. Commission technique nationale fraise CIREF/Ctifl.

MONNET Y., 2001 - Utilisation du soufre en culture de fraisier : point réglementaire. Commission technique nationale fraise CIREF/Ctifl.

ROMET L. , 2001 - liste et caractéristiques des produits de traitement en arboriculture biologique. Document interne GRAB.

ROUSSEAU J., 1996 - Pratiquer l'agriculture biologique : guide des produits phytosanitaires- édition CIVAM BIO Languedoc Roussillon.

VERGNET P., 1993 - Le soufre et son importance dans la protection des vergers en lutte biologique - GRAB : Journées techniques en arboriculture fruitière biologique.

| |
|--|
| ESSAI 2000 LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE OIDIUM SUR CONCOMBRE |
|--|

Catherine MAZOLLIER

avec la collaboration de Jean François LIZOT - Jean Marie JORANDON - Stéphane JORY

GRAB

Agroparc, BP 1222, Bât B – 84911 AVIGNON Cedex 9

Tél. : 04 90 84 01 70 – Fax : 04 90 84 00 37

Maraichage.grab@freesbee.fr

www.wanadoo.perso.fr/grab

OBJECTIF ET CONTEXTE DE L'ESSAI

En culture maraîchère, l'Oïdium constitue une maladie fréquente et souvent grave, notamment sur Solanacées et Cucurbitacées. Il est dû à différents champignons : *Oidium lycopersicum*, *Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea*...

Le recours aux variétés tolérantes est souvent insuffisant et la lutte directe, préventive ou curative est donc essentielle.

En maraîchage biologique, seul le Soufre est à la fois autorisé au cahier des charges européen et homologué en France sur de nombreuses cultures : tomate, courgette, concombre, melon.

L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité sur Oïdium des Cucurbitacées du produit Milsana en comparaison du Soufre mouillable : le Milsana est un stimulant de défense des plantes, élaboré à partir de la plante *Reynoutria sachalinensis* et commercialisé par la société Schaeffe.

CULTURE & DISPOSITIF

⇒ **Culture** sous tunnel froid, densité : 1.27/m², **variété** : **Giola non tolérante à l'Oïdium**

⇒ **Calendrier** : Semis : 1/4/2000 - Plantation : 19/4/2000 - Récolte du 2/6/00 au 4/7/00

⇒ **Protection de la culture** :

- contre pucerons : bonne efficacité des plantes relais (1 plante pour 100 m²) apportées en 2 étapes après plantation, les 20/4 et 5/5.
- contre acariens : échec de la lutte conduite avec *Phytoséilus persimilis* et *Amblyseius californicus*.
- contre thrips : essai de protection biologique.

PROTOCOLE

⇒ **Essai bloc** à 4 répétitions, parcelles élémentaires de 10 plantes

⇒ **Modalités testées** :

- **Témoin « eau »**;
- **Soufre mouillable** : dose 750 g /hl;
- **Milsana** : 0.2% soit 2 cc/litre : **produit VP99**

⇒ **Pas d'inoculation** : car choix volontaire d'une variété de concombre non tolérante à l'Oïdium.

⇒ **Traitements** :

- Fréquence = tous les 7 jours
- Objectif initial = traitements en préventif :
mais attaque précoce d'Oïdium (*Erysiphe cichoracearum*) le 15/5 ⇒traitements curatifs.
- Matériel : pulvérisateur à jet projeté à pression préalable
- Mouillage : de 1100l/ha à 2140 l/ha selon la végétation

planning et modalités de traitements

| Semaine | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------|-------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| DATE | 19/5 | 25/5 | 30/5 | 6/6 | 13/6 | 20/6 |
| Stade | 15 feuilles | 22 feuilles | Fin grossissement 1ers fruits | Début récolte des fruits de tiges | récolte des fruits de tiges | Fin récolte des fruits de tiges |
| Mouillage/ha | 1100 l/ha | 1710 l/ha | 2540 l/ha | 1825 l/ha | 1825 l/ha | 2140 l/ha |

➤ Observations :

▪ **Fréquence** : tous les 7 jours, juste avant la réalisation des traitements.

▪ **Sur la face supérieure de 2 feuilles choisies au hasard :**

bas : (h = 30 à 50 cm) & haut (h = 1.40 à 1.70 m), sur les 8 plantes centrales de chaque parcelle élémentaire

▪ **Evaluation : du pourcentage de présence et du niveau d'infestation par l'oïdium.**

0 = aucune tache,

1 = moins de 6 taches

2 = entre 6 et 20 taches

3 = de 20 taches à 25 % de surface attaquée

4 = entre 25 et 50 % de surface attaquée

5 = plus de 50 % de surface attaquée

6 = feuille nécrosée

CONCLUSION (voir graphiques pages suivantes)

L'attaque précoce d'Oïdium a permis de tester les produits dans des conditions sélectives. Le témoin et les bordures, fortement attaqués, ont assuré une pression forte en inoculum tout au long de la culture.

▪ **Témoin** : l'attaque a été rapide et précoce : l'oïdium a progressé en gravité et a rapidement atteint le sommet des plantes.

▪ **Soufre** : cet essai confirme l'efficacité du soufre à la cadence de 7 jours. Il a en effet permis de bien maîtriser l'Oïdium, même en débutant les traitements après l'apparition des 1ères taches. Cette protection satisfaisante ainsi que l'absence de phytotoxicité sur une plante réputée fragile comme le concombre confirment son intérêt en pulvérisation. Cependant :

↳ le Soufre mouillable occasionne quelques taches sur fruits

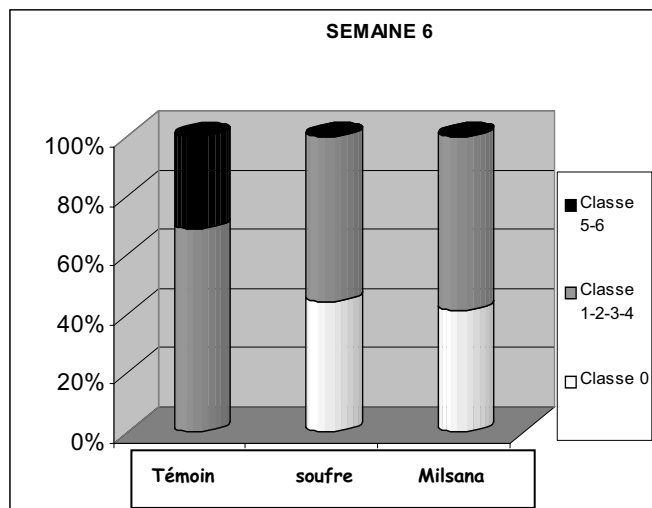
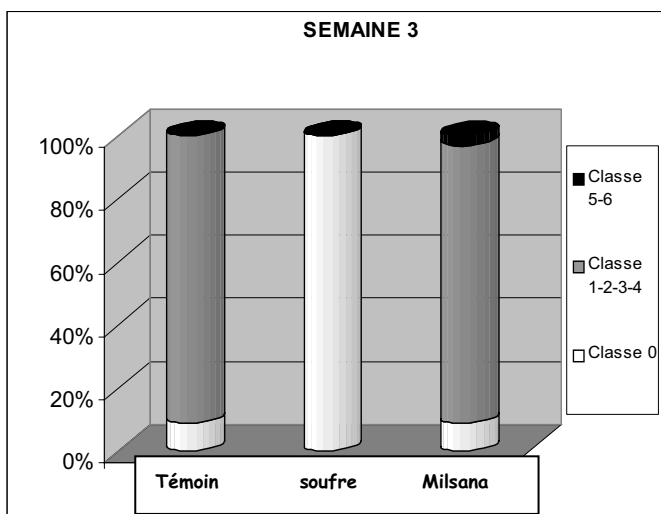
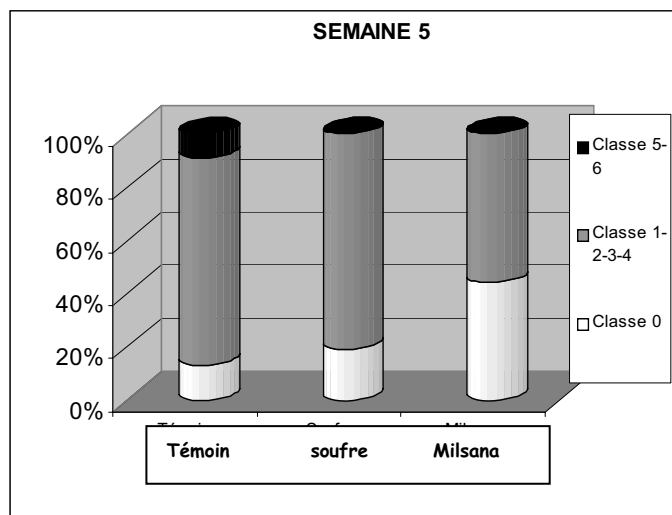
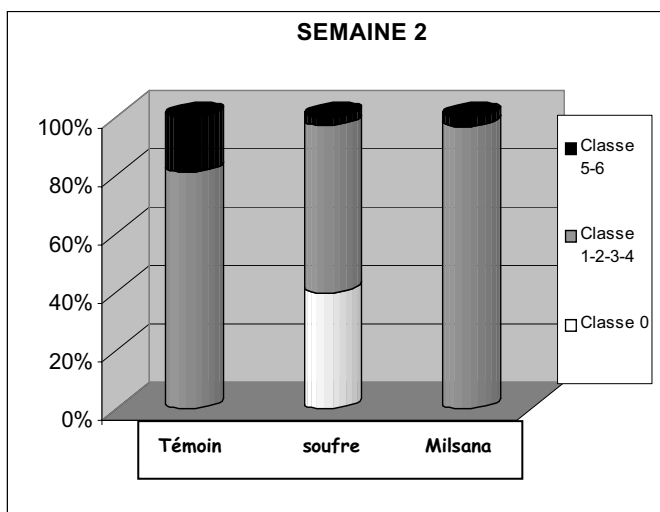
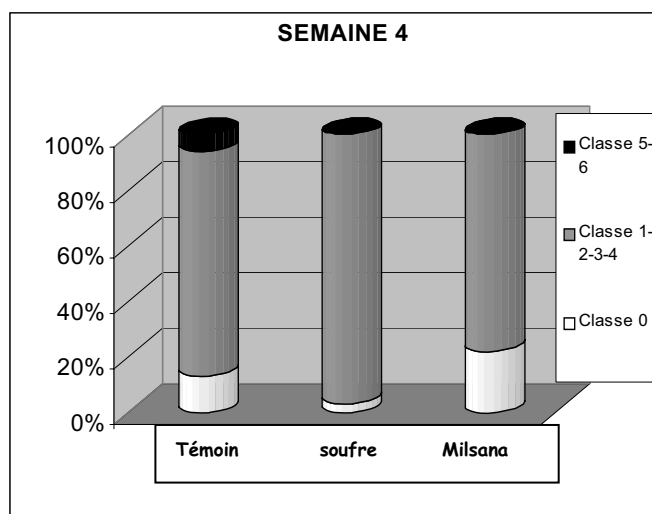
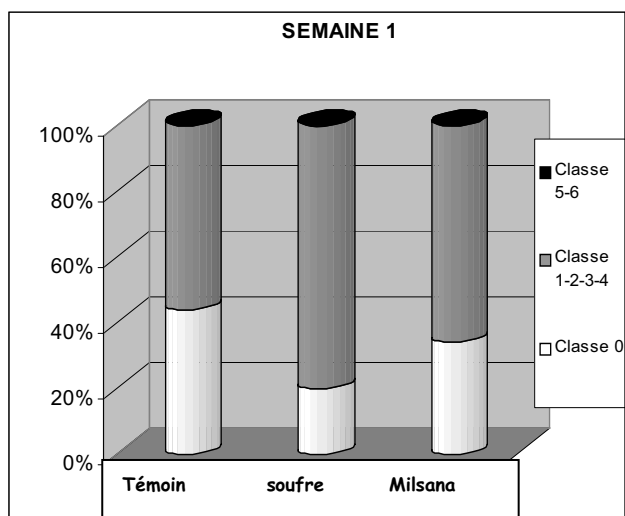
↳ Il pourrait avoir une action répulsive pour les auxiliaires et les insectes pollinisateurs (abeilles, bourdons), même si l'application en pulvérisation est réputée moins agressive que le poudrage. Ce risque ne s'est pas confirmé ici.

↳ Des applications à 7 jours sont astreignantes et imposent de réaliser des traitements proches des récoltes : la combinaison de variétés tolérantes avec le Soufre pourrait-elle éventuellement permettre de réduire les cadences ?

▪ **Milsana** : Ce produit confirme ici sa bonne efficacité contre Oïdium, révélée notamment en France par les travaux de l'INRA (Marc Bardin) et du Ctifl (Yannie Trotin Caudal). Il tache peu les fruits et assure une protection satisfaisante, quoique inférieure au Soufre. A priori sans impact sur la faune auxiliaire, il pourrait constituer une alternative au Soufre. Il n'est cependant pas autorisé au cahier des charges européen en tant que fongicide ; de plus, il ne fait l'objet d'aucune homologation en France.

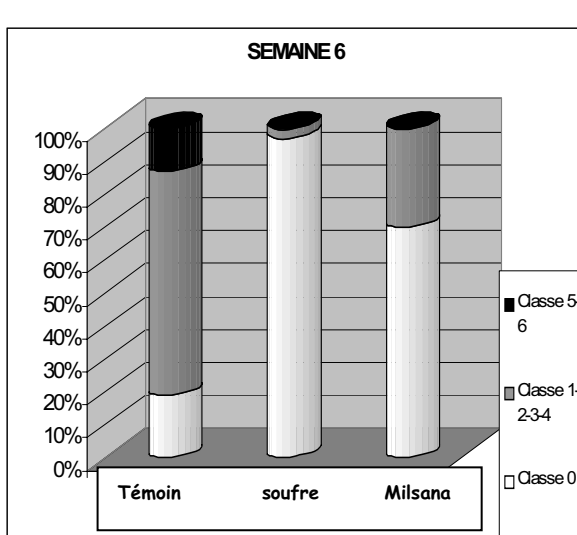
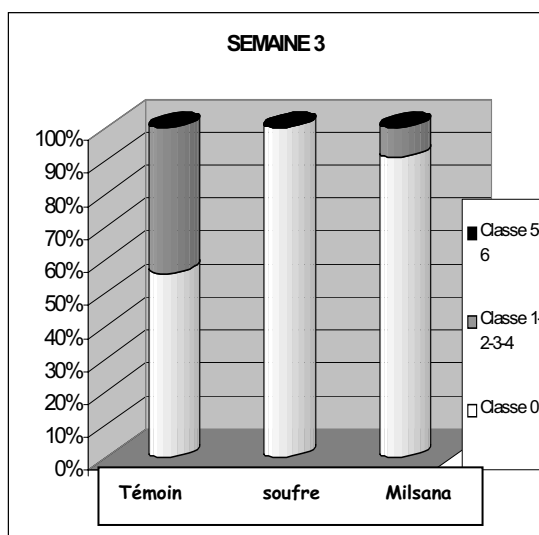
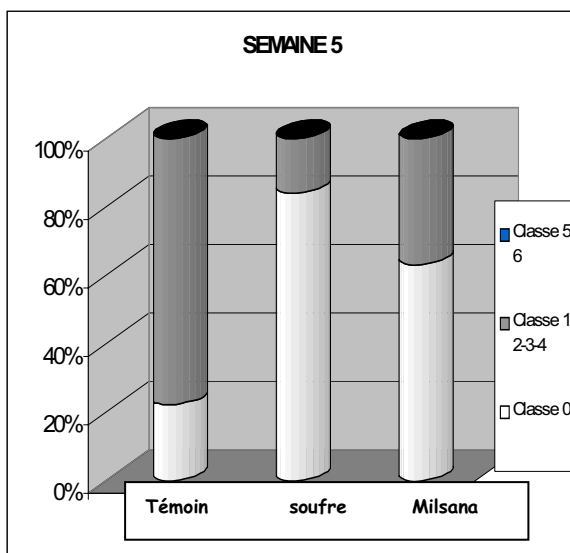
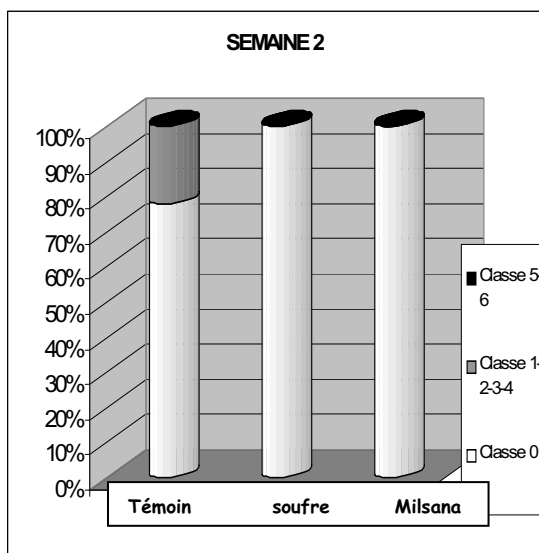
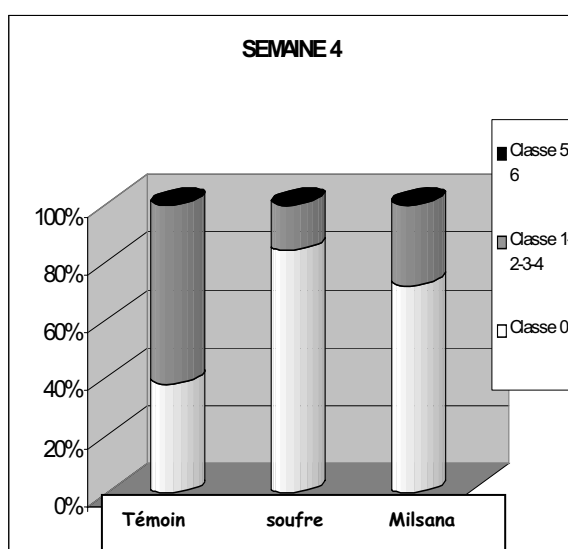
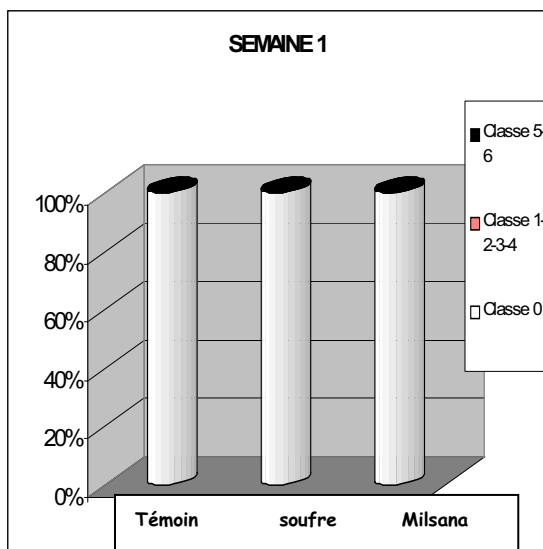
Résultats : répartition simplifiée du niveau d'attaque - FEUILLES DU BAS

- Classe 0 = feuilles indemnes
- Classe 1 à 4 : de 1 tache à 50 % de surface attaquée = attaque faible à moyenne
- Classe 5 & 6 : > 50 % de surface = attaque forte



Résultats : répartition simplifiée du niveau d'attaque - FEUILLES DU HAUT

- Classe 0 = feuilles indemnes
- Classe 1 à 4 : de 1 tache à 50 % de surface attaquée = attaque faible à moyenne
- Classe 5 & 6 : > 50 % de surface = attaque forte



| |
|--------------------------------------|
| ESSAI 2001 |
| LUTTE CONTRE OIDIUM SUR MELON |

Jérôme LAMBION (GRAB), Catherine MAZOLLIER (GRAB),
Christophe GIRARDET (FREDEC-PACA)

GRAB - Agroparc, BP 1222, Bât B – 84911 AVIGNON Cedex 9
Tél. : 04 90 84 01 70 – Fax : 04 90 84 00 37
Maraichage.grab@freesbee.fr
www.wanadoo.perso.fr/grab

OBJECTIF ET CONTEXTE DE L'ESSAI

En maraîchage biologique, la lutte contre l'oïdium est limitée à l'usage du soufre, seul produit autorisé au cahier des charges européen de l'agriculture biologique et homologué en France sur de nombreuses cultures maraîchères : tomate, courgette, concombre, melon.

En 2000, un essai sur concombre sous abris avait montré une bonne efficacité contre l'oïdium de Milsana, produit élaboré à partir de la plante *Reynoutria sacchalinensis* (société Schaette).

L'étude conduite en 2001 en collaboration avec la FREDEC PACA a pour objectif de valider ces résultats et d'étudier également 2 autres produits proposés par les sociétés : Biotiphyll, produit commercial élaboré à base de trichodermine (extrait du champignon *Trichoderma*) et Solucuire, à base de tallate de Cuivre.

CULTURE & DISPOSITIF

- ⇒ **Lieu** : tunnel d'essai SRPV (lycée agricole Pétrarque, Avignon)
- ⇒ **Culture** : melon sous tunnel, variété Galoubet (sensible oïdium)
- ⇒ **Calendrier** : plantation : 23/4/2001 - observations du 17/5 au 25/6/2001

PROTOCOLE

⇒ Dispositif et conditions d'essai :

- Essai bloc à 4 répétitions, parcelles élémentaires de 17 plantes, soit 10.5 m² (7mx1,5m)
- Pas d'inoculation : contamination naturelle : choix d'une variété sensible
- Oïdium identifié (SRPV) : *Sphaerotheca fuliginea*
- Traitement dès apparition des premières taches
 - fréquence : 10 jours
 - 1ères taches le 15/5/01 : 1^{er} traitement le 17/5/01.
 - 3 applications : du 17/5 au 5/6 (voir planning prévisionnel de traitements)

⇒ Modalités et conditions de traitements :

- Modalités comparées au témoin « sec » :

| Spécialité | SOCIETE | Matière(s) Actives(s) | Dose / hl | Dose / Ha |
|---------------------------------|------------------|--|------------|-----------|
| SOUFRE MICROTHIOL DG | Elf Atochem Agri | Soufre | | 7.5 Kg |
| MILSANA VP 2000 | Schaette | Extrait de plante <i>Reynoutria sacchalinensis</i> | 1.5 L / hl | |
| BIOPTIPHYLL | Bioptima | Trichodermine, MgO, Mn, Zn | | 2 L |
| SOLUCUIVRE | Proval | tallate de cuivre | | 2 L |

- Matériel de traitement : appareil à jet projeté équipé d'une rampe céréalière ;
- Volume de bouillie : 600 l/ha.

Planning des applications:

| Traitement | Date | Stade | Volume / Ha |
|--------------|----------|-----------------------|-------------|
| T1 | 17-05-01 | 7-8 feuilles | 600 litres |
| T2= T1 + 8 | 25-05-01 | Fruit diamètre 2-3 cm | 600 litres |
| T3 = T2 + 11 | 05-06-01 | Fruit diamètre 10 cm | 600 litres |

Observations et mesures réalisées : (protocole SRPV)

⇒ **Notations :**

Notation sur 50 feuilles prises au hasard par parcelle élémentaire (sur une zone de 5mx1m) :

- avant chaque traitement T2 et T3
- puis à T3 + 9 jours, T3 + 13 jours et T3 + 20 jours : ces observations permettent d'apprécier la rémanence des produits utilisés.

⇒ **Estimation :**

- Estimation du % de surface oïdiée (précision de 5 à 10 %) = **intensité d'attaque en %**
- Estimation du % de feuilles oïdiées = **fréquence d'attaque en %**
- Observations secondaires : Eventuelle phytotoxicité des fongicides

RESULTATS

⇒ Tableaux de résultats :

Fréquence d'attaque en pourcentage de nombre de feuilles attaquées :

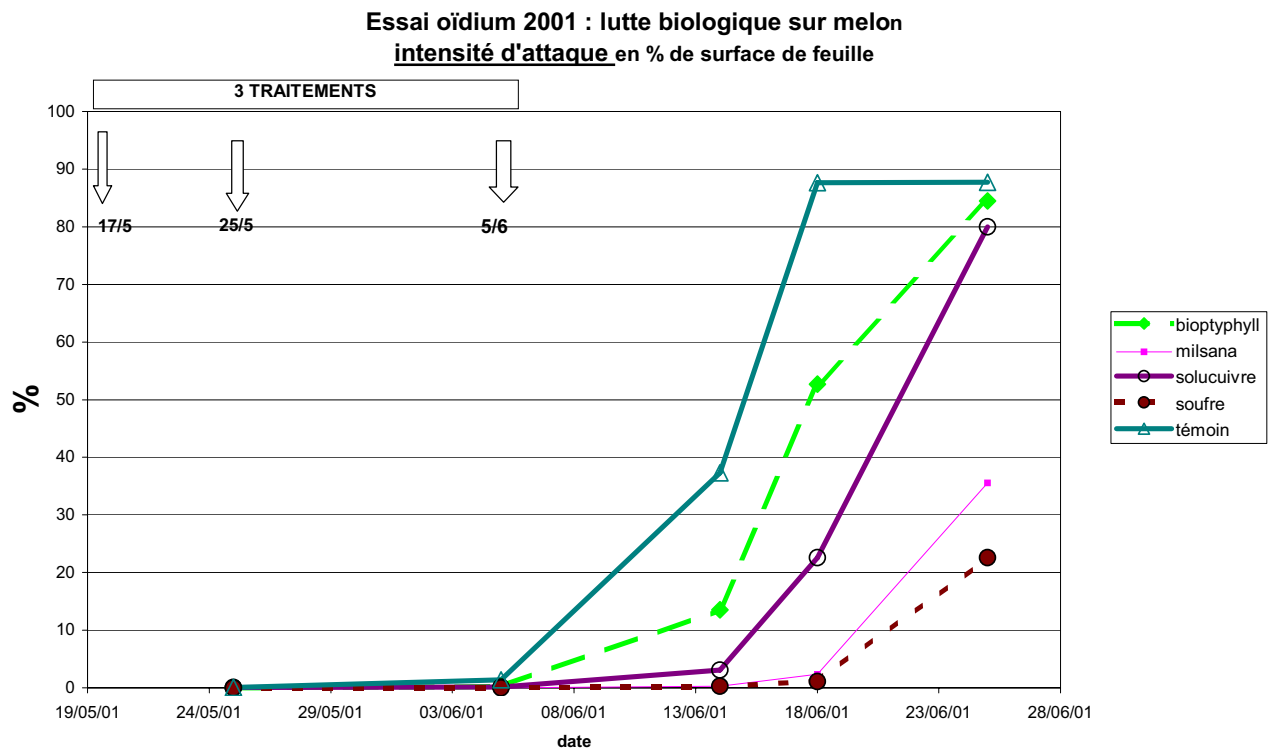
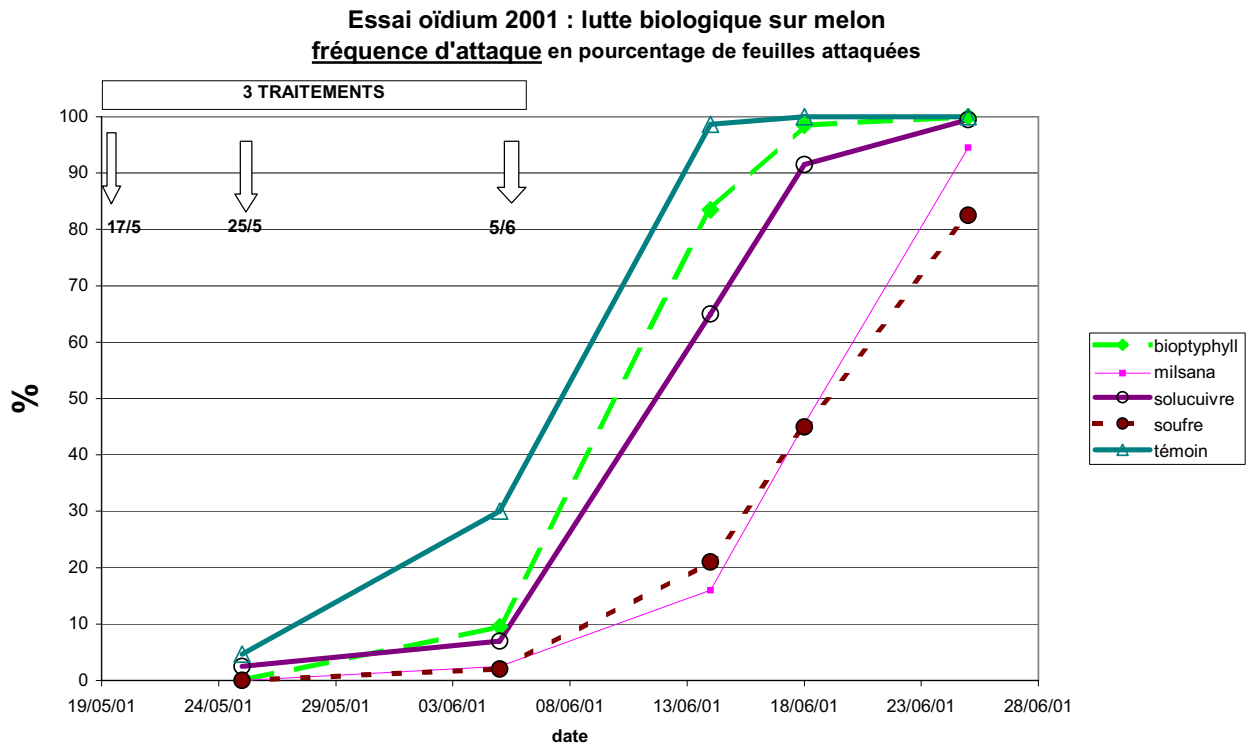
| Modalité | Date et délai après traitement | | | | |
|-------------|--------------------------------|----------------|----------|-----------|-----------|
| | 25/5 | 5/6 | 14/6 | 18/6 | 25/6 |
| | = T2 = T1 + 8 | = T3 = T2 + 11 | = T3 + 9 | = T3 + 13 | = T3 + 21 |
| Témoin | 5 | 30 | 99 | 100 | 100 |
| Biophtyphyl | 0 | 10 | 84 | 98 | 100 |
| Solucuire | 2.5 | 7 | 65 | 91 | 99 |
| Milsana | 0 | 2.5 | 16 | 45 | 94 |
| Soufre | 0 | 2 | 21 | 45 | 82 |

Intensité d'attaque en pourcentage de surface de feuilles attaquées :

| Modalité | Date et délai après traitement | | | | |
|-------------|--------------------------------|----------------|----------|-----------|-----------|
| | 25/5 | 5/6 | 14/6 | 18/6 | 25/6 |
| | = T2 = T1 + 8 | = T3 = T2 + 11 | = T3 + 9 | = T3 + 13 | = T3 + 21 |
| Témoin | 0 | 1 | 37 | 88 | 88 |
| Biophtyphyl | 0 | 0 | 13 | 53 | 84 |
| Solucuire | 0 | 1 | 3 | 23 | 80 |
| Milsana | 0 | 0 | 1 | 3 | 36 |
| Soufre | 0 | 0 | 1 | 1 | 23 |



Graphiques des résultats :



RESULTATS

Il est utile de s'intéresser aux 2 types d'observations réalisées pour mieux comparer les produits :

⇒ fréquence d'attaque : (en % de feuilles attaquées)

- **Le 25/5** (traitement T2), le taux de feuilles atteintes est encore très faible : de 0% à 5% selon les modalités ;
- **Le 5/6** (traitement T3), il progresse rapidement pour le témoin (30%) qui assure ainsi une forte pression « Oïdium » à proximité des parcelles traitées ; le taux de feuilles atteintes progresse également, mais de façon moindre pour Bioptiphyll (10%) et Solucivire (7%) ; le Milsana et le soufre assurent une bonne protection avec respectivement 2.5 et 2%.
- **Le 14/6** (traitement T3 +9), l'Oïdium est présent sur la totalité des feuilles sur le témoin (99%), et occupe un taux élevé de feuilles sur les modalités Bioptiphyll (84%) et Solucivire (65%) ; en revanche, le taux de feuilles atteintes reste modéré avec le Milsana (16%) et le soufre (21%).
- **Le 18/6** (traitement T3 +13), l'Oïdium occupe la totalité des feuilles pour le témoin et Bioptiphyll ; il est très présent sur Solucivire (91%) ; il atteint presque la moitié des feuilles (45%) pour le Milsana et le soufre : ces produits commencent à « décrocher » à cette date.
- **Le 25/6** (traitement T3 +20), l'Oïdium occupe 94 à 100% des feuilles dans toutes les modalités à l'exception du soufre qui semble protéger davantage le feuillage (82% de feuilles atteintes).

⇒ Intensité d'attaque : en % de surface de feuille

- **Les 25/5** (traitement T2) et **5/6** (traitement T3), le pourcentage est proche de 0% pour les 5 modalités.
- **Le 14/6** (traitement T3 +9), l'Oïdium progresse nettement sur le témoin (37%) et sur Bioptiphyll (13%) et de façon moindre sur Solucivire (3%). Pour ces modalités, on note que les feuilles sont presque toutes atteintes (voir ci dessus), mais que l'attaque reste limitée à une surface restreinte. La surface de feuilles atteintes reste très faible pour le Milsana (1%) et le soufre (1%).
- **Le 18/6** (traitement T3 +13), l'Oïdium occupe la quasie totalité de la surface foliaire (88%) pour le témoin. La surface oïdiée progresse nettement pour Bioptiphyll (53 %) et de façon moindre pour Solucivire (23%). La surface de feuilles atteintes reste très faible pour le Milsana (2%) et le soufre (1%), malgré un taux élevé de feuilles atteintes.
- **Le 25/6** (traitement T3 +20), l'Oïdium occupe 80 à 88% de la surface foliaire pour le témoin, le Bioptiphyll et le Solucivire ; pour le Milsana et le Soufre, même si la majorité des feuilles sont atteintes (ci dessus), le pourcentage de feuilles atteintes reste convenable : 23% pour le soufre et 36% pour le Milsana .

CONCLUSION

Cet essai réalisé sur une variété de melon sensible à l'Oïdium et avec une contamination naturelle précoce a permis de bien observer l'action respective des différents produits testés à des cadences de 8 à 10 jours. A cette fréquence, le soufre et le Milsana VP 2000 confirment un bon niveau de protection ; en revanche, le Solucivire et surtout le Bioptiphyll ne confèrent pas une protection suffisante.

ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE L' OÏDIUM SUR FRAISIERS (*SPHAEROTHECA MACULARIS*) – 2000

Jean Jacques POMMIER, Christian GAUTHIER, Benoît ARLETAZ

CIREF – DOUVILLE CIREF Antenne de Douville
« Maison Jeannette » 24140 DOUVILLE – Tel : 05.53.82.90.31
pommier@ciref.asso.fr

BUT DE L'ESSAI

Essai d'efficacité et de sélectivité d'un stimulant des défenses naturelles des plants (NDS), en application préventive contre l'oïdium sur fraisier : **Milsana VP 2000** (NDS, extrait de la plante *Reynoutria sachalinensis*).

MATERIEL ET METHODES

- ◆ La culture : Darselect, plants frigo plantés 1^{re} semaine de Juillet 2000.
- ◆ Irrigation par aspersion durant 1 mois après plantation, puis micro irrigation.
- ◆ Protocole :
 - ✓ **Comparaison de 3 modalités** : (3 répétitions de 60 plants / modalité)
 - M1 = lutte chimique préventive tous les 7 à 10 jours avec Bupirimate et Penconazole (témoin non biologique)
 - M2 = lutte biologique préventive, application tous les 7 jours : Milsana VP 2000 : concentration de 1 % (sur la base de 500 l de Bouillie / ha, application atomiseur à dos).
 - M3 = lutte biologique préventive, application tous les 7 jours :
 - Milsana VP 2000 : concentration de 1,5 % (sur la base de 500 l de Bouillie / ha, application atomiseur à dos).

REMARQUE IMPORTANTE : MILSANA n'est pas homologué sur fraisiers
Essai réalisé dans un cadre expérimental, application interdite en champs de production.

- ✓ **Observations** : Notation aléatoire hebdomadaire de 20 feuilles jeunes adultes / répétition, soit 60 feuilles / modalité. (Surface recouverte par oïdium fructifié suivant échelle SRPV Aquitaine)

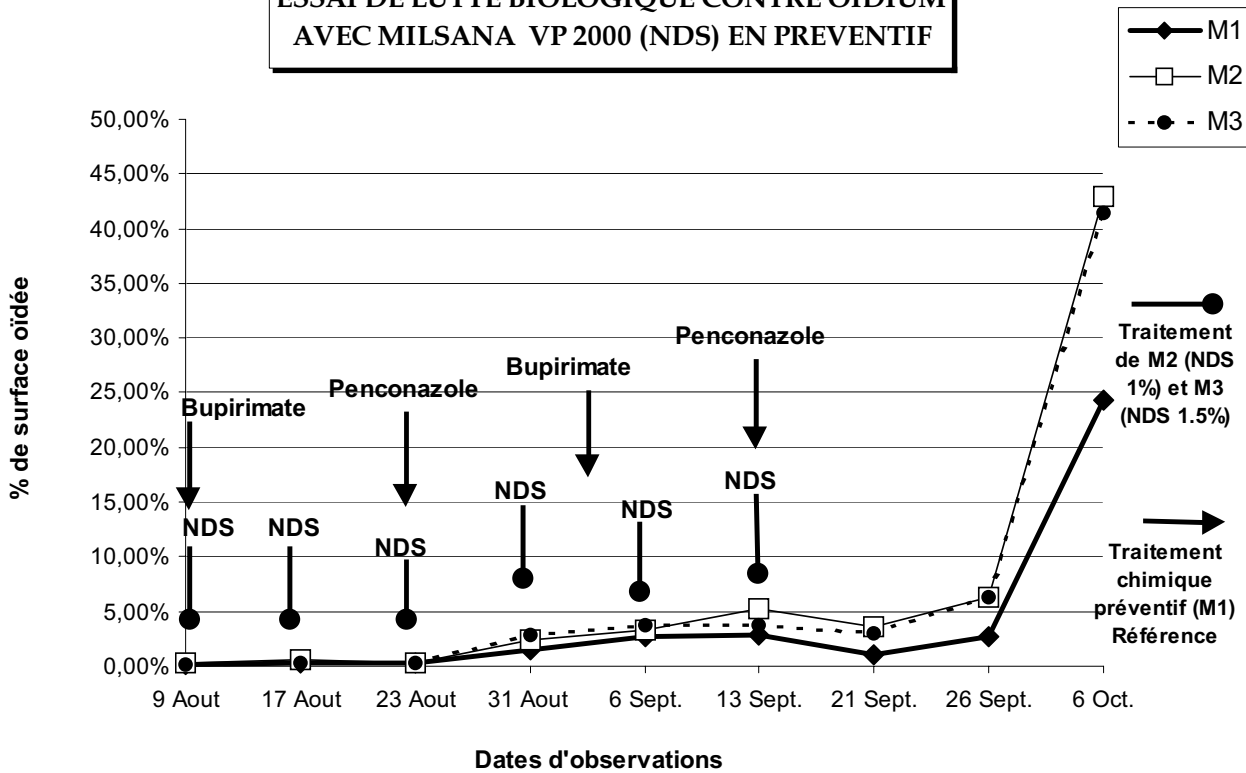
RESULTATS / DISCUSSION

↪ Bonne protection préventive des 3 modalités ; pas de différence d'efficacité entre les deux concentration de Milsana.

↪ Symptômes de phytotoxicité sur feuilles avec Milsana (**NDS**) : taches diffuses irrégulières marrons sur les deux faces. Pas de différence entre les 2 concentrations de produit.

↪ Après l'arrêt des applications préventives, on constate une persistance d'action similaire entre les programmes NDS et les applications chimiques (environ 15 jours). Au bout de 3 semaines après dernier traitement, les contaminations apparaissent cependant beaucoup plus importantes sur parcelles avec protection Milsana.

**ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE OIDIUM
AVEC MILSANA VP 2000 (NDS) EN PREVENTIF**



CONCLUSION

Une bonne efficacité préventive de Milsana, dans les conditions agroclimatiques de cet essai ; En complément des études nécessaires dans le cadre d'une protection chimique raisonnée contre l'oïdium (prévision et suivi des attaques, modélisation, ...), il paraît intéressant de vérifier ce résultat avec ce NDS afin de préciser : sa sélectivité (répercussion des symptômes foliaires sur la production), le coût d'un tel programme et son optimisation (espacement et doses d'application), son adaptation aux productions biologiques et intégrées (effet secondaire sur faune auxiliaire ...).

ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE L' OÏDIUM SUR FRAISIERS
(SPHAEROTHECA MACULARIS) – 2001

Jean Jacques POMMIER, Pascale CHAUCHET

CIREF – DOUVILLE CIREF Antenne de Douville
« Maison Jeannette » 24140 DOUVILLE – Tel : 05.53.82.90.31
pommier@ciref.asso.fr

BUT DE L'ESSAI

Le soufre est le principal moyen de lutte en culture biologique ; des possibilités d'alternance de familles chimiques en culture conventionnelle sont également limitées. L'essai a pour objectif de confirmer la bonne efficacité d'un extrait de plante en lutte préventive, et d'en préciser la stratégie d'utilisation (cf. résultats 2000)

MATERIEL ET METHODES

1 - L'extrait de Plante *Reynoutria Sacchalinensis* (Renouée de Sakhaline).

Spécialité commerciale = MILSANA VP 2000 (Société Schaette).

Ce produit n'a pas d'autorisation de mise en marché, son emploi est donc interdit en parcelle de production.

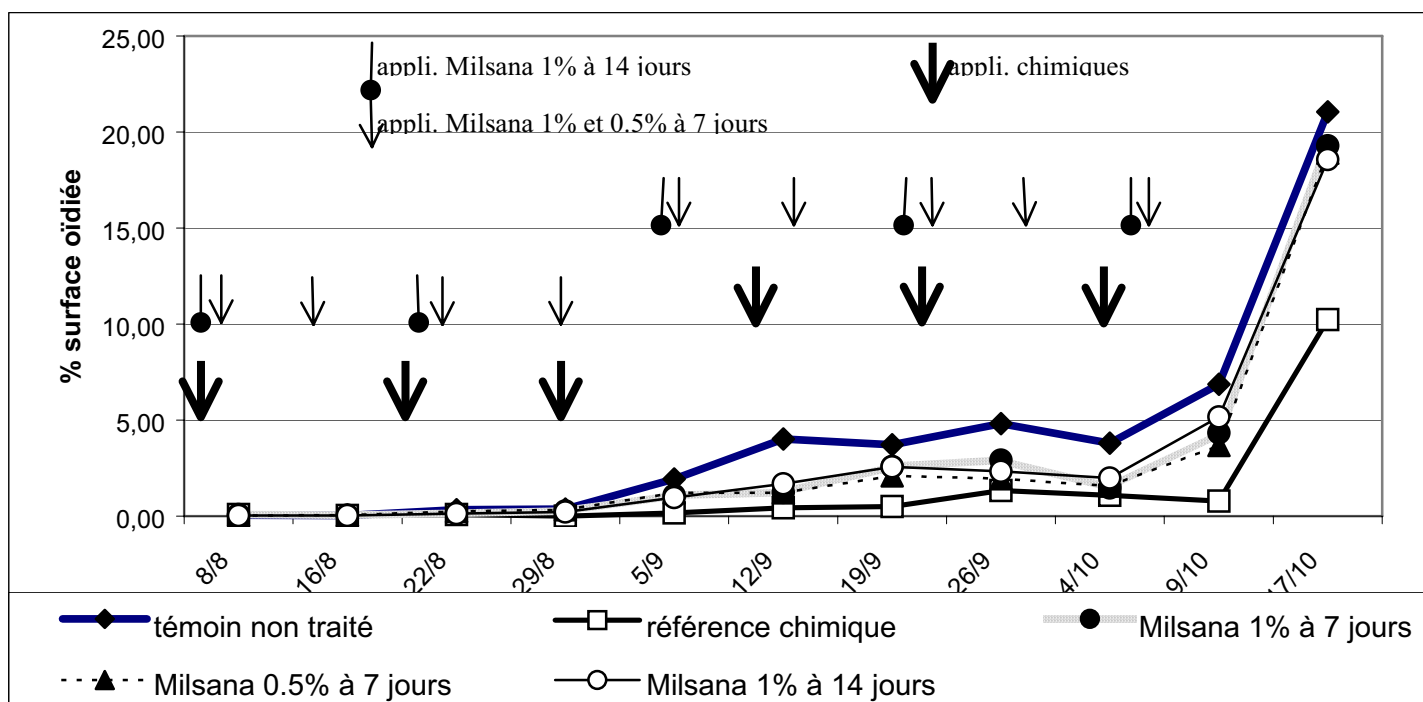
2 - La culture : Darselect, plants frigo plantés à 4,2 plants/m², 1^{ère} semaine de juillet 2001, en plein champ. Irrigation par aspersion durant 1 mois (phase de reprise des plants), puis micro-irrigation localisée ; la protection oïdium débute à ce moment-là (début août) et se poursuit jusqu'à fin septembre.

3 - Le suivi : notations hebdomadaires de 60 feuilles (15 feuilles/répétition), jeunes feuilles adultes bien dépliées avec estimation de la surface foliaire couverte par l'oïdium fructifié (suivant échelle SRPV Aquitaine).

4 - Le protocole : 5 traitements comparés avec dispositif statistique type blocs de Fischer à 4 répétitions

- a) Témoin non traité
- b) Témoin de référence chimique (alternance Bupirimate et Penconazole tous les 10 jours)
- c) MILSANA VP 2000 à 1 % concentration bouillie et 400 l/ha (1 application tous les 7 jours)
- d) MILSANA VP 2000 à 0,5 % pour 400 l bouillie/ha (1 application tous les 7 jours)
- e) MILSANA VP 2000 à 1 % pour 400 l bouillie/ha (1 application tous les 14 jours)

RESULTATS / DISCUSSION



* Effet significatif de l'extrait de plante par rapport au témoin non traité, mais inférieur au traitement de référence chimique.

* Pas d'effet concentration ou cadence d'application

* Persistance d'action, après les derniers traitements, très limitée quelle que soit la stratégie (persistance inférieure à une semaine, en raison d'une forte pression oïdium) ; rappel : persistance d'action de 15 jours en septembre 2000.

* Symptômes de phytotoxicité (tâches marrons diffuses face inférieure des feuilles) moins marqués à 0,5 % de concentration.

CONCLUSION

D'après les résultats 2000 et 2001, on peut conclure :

- Une concentration en extrait de plantes de 1 à 1,5 % (à adapter suivant la pression oïdium) avec une application préventive tous les 15 jours, au volume de 4 à 500 bouillie/ha (appareil à jet porté ou projeté porté), paraît être un bon compromis efficacité – sélectivité – coût.

- **La valorisation de ces résultats ne pourra se faire sans la volonté de la firme pour le développement et l'autorisation de mise en marché de cet extrait de plante.**

| |
|--|
| EXPERIMENTATIONS EN AGRICULTURE BIOLOGIQUES SELECTION VARIETALE |
|--|

Inter Bio Bretagne
Plate forme de Suscinio
33, av Winston Churchill
BP 1312 – 35016 rennes cedex
Tél. : 02 99 54 03 23 – Fax : 02 99 33 98 06

Depuis 2000, les professionnels de la filière fruits et légumes biologiques bretonne ont mis en place des expérimentations sur légumes biologiques, sur une plate forme de 6 hectares de terres conduites en agrobiologie, en partenariat avec le lycée agricole de Suscinio et le Gis GEPAB.

BILAN DES ACTIONS MENEES EN 2001

Les essais variétaux sur pomme de terre et artichauts entamés en 2000 ont suivi leur cours en 2001. Ils ont été complétés par des essais variétaux sur choux et échalotes. Par ailleurs, un bilan détaillé de la faune présente sur la parcelle d'artichauts a été fait, afin d'évaluer la mise en place d'une régulation naturelle ravageurs / auxiliaires. Enfin, un essai sur la recherche d'alternatives au cuivre pour lutter contre le mildiou en culture de pomme de terre biologique a été fait. Il s'agit d'un essai mené en partenariat avec le Groupement de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB) d'Avignon, mis en place dans le cadre d'un protocole européen.

Les résultats de ces différents essais sont en cours d'analyses, mais nous pouvons déjà donner de premières tendances.

VARIETES SEMENCES ET PLANTS

♦ Essai variétal sur Pomme de terre

§ Objectifs

Tester un ensemble de 100 variétés de pommes de terre présentes dans les collections INRA, en conduite agrobiologique, dans le but de:

- ↳ Mettre en évidence des idéotypes et des objectifs de sélection afin de proposer de nouvelles stratégies d'amélioration génétique et d'initier leur application.
- ↳ Donner des indications aux professionnels quant au comportement des variétés en conduite bio.
- ↳ Obtenir des notions variétales préliminaires à la production de plants de pomme de terre.

§ Durée

Cet essai entrepris en 2000, se terminera en 2002.

§ Partenaire : INRA de Ploudaniel (Daniel Ellissèche et Rolland Pellé).

§ Protocole 2001

✓ **Nombre de variétés :** 45 variétés ont été plantées en 3 répétitions. Des témoins de variétés traditionnellement cultivées en bio ont également été gardés.

✓ **Caractéristiques techniques :** Pour chaque variété sont plantés 2 rangs de 1,2 mètre comprenant 7 tubercules chacun.

La plantation a eu lieu le 21/05/2001 et la récolte le 18/09/2001. 4 traitements au cuivre ont été effectués en cours de culture.

✓ *Notations en cours de culture*

Sur les essais pomme de terre, les caractères observés ont été ;

- en terme de qualité :
 - la vigueur,
 - la précocité (mesure de la hauteur des plants)
 - le rendement,
 - le calibrage
 - la conservation, (à venir)
 - les qualités gustatives et la tenue à la cuisson (à venir)
- en termes de résistance aux bio-agresseurs :
 - le mildiou sur feuilles et sur tubercules,

§ Résultats

Les résultats sont actuellement en cours d'analyse et de mise en forme.

§ Premières conclusions

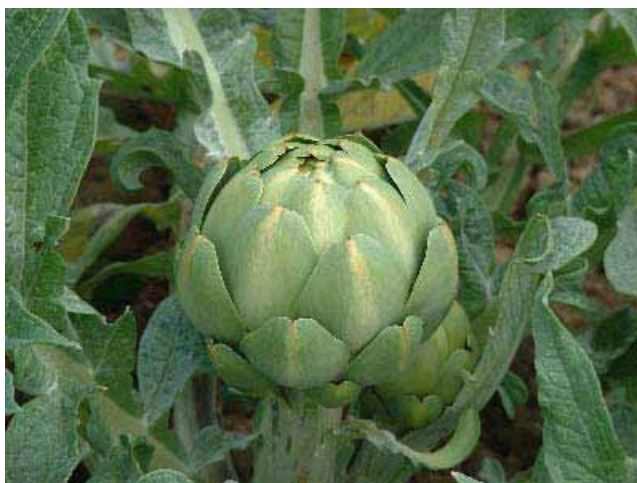
Douze variétés ont été jugées intéressantes pour leur résistance au mildiou. Les autres notations actuellement en cours, nous permettront d'effectuer un classement et de repérer les variétés les plus intéressantes pour l'agriculture biologique.

Par ailleurs, une quinzaine de variétés issues de l'essai 2000 ont été remise en deuxième année de conduite AB, à la demande des professionnels. Les observations faites permettent globalement de tirer les mêmes conclusions que celle qui avait été faite en 2000.

Essai variétal sur artichauts

§ Objectifs

Evaluer des clones numérotés issus de collection variétale INRA dans des conditions de culture biologique, pour des critères de qualité de produit et des critères de rusticité et de résistance aux maladies, afin de trouver des variétés mieux adaptées à la demande des producteurs, expéditeurs et consommateurs bio.



§ Durée de l'essai

Ce programme initié en 2000, se terminera en 2002.

§ Partenaire : INRA de Plougoulm (Jean Corre)

§ Protocole 2001

✓ *Nombre de variétés* : Vingt quatre variétés ont été mises en culture en 2001, dont 10 communes à celle de l'année 2000.

✓ *Caractéristiques techniques* : la plantation a eu lieu début mai, et la récolte mi octobre.

✓ *Notations effectuées*

- en termes de qualité :
 - la vigueur au redémarrage au printemps,
 - la forme du capitule,
 - le rendement, (en cours)
 - la conservation, (en cours)
 - les qualités gustatives (en cours)

- en termes de résistance aux bio-agresseurs :
le mildiou,
la graisse.

§ Résultats

Cette année n'a pas été bonne pour le rendement en artichauts, le climat n'ayant pas été favorable (beaucoup de pluie après la mise en terre). L'Artichaut a cependant été moins fragilisé par le mildiou et les capitules ont été notamment plus facilement observables.

L'ensemble des notations effectuées sur artichauts (faites en en cours) seront recensés dans un document qui sera disponible fin 2001.

Par ailleurs, les 27 variétés évaluées en 2000 ont été suivies en 2^{ème} année de production. Globalement les résultats des observations ne sont pas en contradiction avec ceux de l'année 2000. Un bilan plus détaillé sera fait dans le document présentant le bilan final de l'essai fin 2001.

§ Conclusion

Cette deuxième année d'évaluation a permis de confirmer des résultats qui avait été observés pour certaines variétés en 2000, d'une part et d'identifier d'autres variétés intéressantes, d'autres part. Il faudra ensuite multiplier ces variétés pour effectuer d'autres tests.

◆ Essai variétal sur échalotes

§ Objectifs

Evaluer en conduite AB le matériel végétal disponible à l'INRA de Ploudaniel.

§ Durée de l'essai

Cet essai a démarré en 2001 et sera prolongé.

§ Partenaire : INRA de Ploudaniel (Florence Esnault)

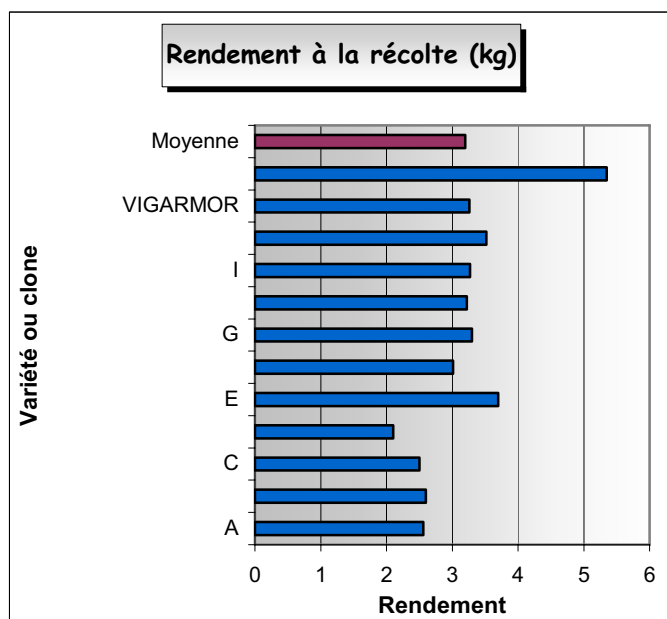
§ Protocole 2001

- ✓ **Nombre de variétés** : dix variétés d'échalotes longues, en cours de sélection à l'INRA.
- ✓ **Caractéristiques techniques** : plantation tardive (en avril) et récolte le 8 août 2001. Il y a eu 5 traitements au cuivre (soit 2 kg de matière active au total).
- ✓ **Notations effectuées**
 - Levée
 - Port du Plan
 - Vigueur du plant
 - Date de début de bulbification
 - Date de tombaison du feuillage
 - Date de début de séchage
 - Différences entre clones (résistances aux maladies)
 - Taux de division

§ Résultats

L'année 2001 a été la première année de mise en place « avec les moyens du bord ». Les conditions climatiques ont été très mauvaises et la plantation a été tardive. Les observations sont donc à prendre avec précaution.

Les rendements ont été faibles pour l'ensemble des variétés (cf. graphique suivant ; Remarque : la variété Mikor en production au lycée est une variété demi-longue). Il n'y a pas eu de développement de bactérioses, de botrytis ou de mildiou.



§ Conclusion

Afin de valider les observations de l'année 2001, il conviendra de refaire l'essai en 2002, avec tout ou partie de variétés testées en 2001, cette première année ayant permis d'affiner le protocole et le contexte.

◆ Essai variétal sur choux

a) Evaluation des variétés de choux fleurs du commerce

La mise en place en 2000 – 2001 des essais de variétés de choux-fleurs d'automne et d'hiver a été réalisée sur 3 parcelles en fonction des précocités. Une évaluation de 14 variétés a été faite sur 2,24 ha.

§ Objectifs

Avoir des descriptifs des variétés pour mieux appréhender leur comportement en conduite AB ainsi que leurs principales caractéristiques.

§ Protocole 2000

Ces variétés sont issues des différentes firmes semencières européennes, leur choix a été fait sur le système d'allogamies. Ces systèmes sont l'auto-incompatibilité et la stérilité mâle, mais cette dernière n'intègre pas la stérilité cytoplasmique (C.M.S.) suite aux débats portés dans la filière (I.B.B) et repris par le réseau mondial (IFOAM).

L'apport d'intrants a été raisonné en fonction des analyses de sols, les teneurs des sols sont assez faibles en potasse. Du fumier compost a été apporté à raison de 20 m³/ha

Il n'a été effectué aucun traitement phytosanitaire (cuivre, roténone, soufre, bacillus...)

§ Résultats

Des notations en termes vigueur, d'aspects, d'homogénéité, d'étalement de la récolte et de période de production ont été faites pour chacune d'entre elles.

✓ variétés d'automne

Les variétés testées (Spacestar, Cortes et Linex) ont été globalement intéressantes. Si les deux premières présentent des feuillages résistant aux maladies cryptogamiques, Linex a subi quelques dommages, en plus de l'absence sur environ 5% des plantes, d'apex (Linex reste cependant intéressante).

D'un point de vue pratique, Spacestar est un peu plus difficile à conditionner du fait de grosses côtes.

✓ variétés d'hiver

Les variétés de décembre testées sont de même type : Belot et Pierrot, sachant que Pierrot présente une récolte plus groupée, mais aussi plus hétérogène en qualité.

Belot a été testée en mini-mottes et en racines nues, ce qui met en évidence quelques différences au niveau du poids et de la sensibilité à la hernie des crucifères (supérieures tous deux en racines nues).

✓ précocité décembre-janvier-février

Elles ont été testées en plus grand nombre : Nedelec, Merwen, Alpen, Broden, Ciren, Médailon, Invicta et Vogue.

Seul Nedelec présente une pomme de couleur ivoire manquant de couverture ; la couleur blanche d'une pomme bien couverte concerne l'ensemble des autres variétés.

Concernant la fragilité du feuillage, Nedelec, Jef et Vogue présentent un feuillage sain, alors que les autres sont plus sensibles aux maladies cryptogamiques, mycosphaerella et bactéries, notamment la variété Alpen.

A noter tout de même que l'ensemble des variétés testées sur ce créneau de production a donné des pommes de bonne qualité pour des calibres moyen (petit calibre pour Merwen).

↳ Conclusion

Les variétés hybrides testées présentent globalement une bonne aptitude à la production en Agro-biologie ; les variétés d'automne semblent adaptées à la production en A.B. de même que les variétés d'hiver.

Les productions de printemps semblent plus complexes, l'hiver humide a probablement lessivé l'azote du sol. Les résultats sont cependant satisfaisants.

b) Programme d'évaluation – création variétale sur chou

§ Objectif de l'essai : « Evaluer des ressources génétiques en choux verts et choux fleurs et définir des objectifs de sélection pour l'agriculture biologique » en partant du constat que les variétés actuelles ne sont pas forcément adaptées à l'AB (CMS...).

§ Partenaires : INRA de Pougoulm (Véronique Chable)

§ Durée de la première partie de l'essai (évaluation) : 2 ans

En juin 2001, ont été semés :

- Chou fleur d'automne : 31 variétés population à 120 graines pour 100 plantes
- Chou pommé : 20 variétés populations à 100 graines pour 80 plantes
- Chou fleur d'hiver : 24 variétés populations à 200 graines pour 180 plantes

Ces variétés sont très anciennes, les types Malouin ou White Ball n'y sont donc pas représentés.

§ Protocole 2001

Un groupe de suivi (professionnels, techniciens et scientifiques) de l'essai se met en place afin d'évaluer les variétés. En parallèle, la réflexion porte sur **le type de choux fleurs souhaités**, afin que puissent être identifiés des objectifs de sélection pour la deuxième partie de l'essai qui concernera elle la **création de variétés adaptées à l'agriculture biologique**.

Le groupe de professionnels et techniciens constitué, travaille également à la définition de l'ensemble de ces critères.

§ Résultats

Les résultats des descriptions des variétés seront observables à l'automne et à l'hiver 2001 puis au printemps 2002.

MISE AU POINT D'ITINERAIRES TECHNIQUES D'ALTERNATIVES AU CUIVRE SUR POMME DE TERRE BIO (collaboration avec le GRAB d'Avignon)

§ Objectif

Recherche d'itinéraires techniques d'alternatives au cuivre pour la lutte contre le mildiou

§ Durée de l'essai : 4 ans

- 2 ans d'évaluations variétales des résistances (screening des variétés), sur 2001 et 2002
- 2 ans de recherche d'alternatives au cuivre (agronomique, gestion de l'irrigation...), sur 2002 et 2003
- 1 an de mise au point d'un itinéraire technique complet contre le mildiou à partir des résultats des années 1, 2 et 3.

Nous en sommes actuellement à la **première année d'évaluation variétale**.

§ Partenaires

Cette action est menée dans le cadre d'une action européenne à laquelle participent plusieurs pays (coordination en Angleterre, Suisse, Pays Bas, Allemagne, Norvège, Suède, et France). Le GRAB d'Avignon est l'interlocuteur français. L'action mise en place à Suscinio l'a été en partenariat avec le GRAB, dans le cadre d'un protocole commun aux différents pays Participants.

§ Protocole 2001

✓ **Nombre de variétés** : 7 variétés : Charlotte, Désirée, Naturelle, Eden, Nicola, Estima et Emeraude.

✓ **Caractéristiques techniques**

Essai comportant 4 répétitions

Parcelles de 4 rangs de 15 mètres de long

Parcelles séparées par 2 rangs de Bintje (témoins infestants)

Bloc séparé par un espace vierge de 1 mètre

Plantation le 14 mai et récolte le 30 août. L'essai n'a subi aucun traitement.

✓ **Notations effectuées**

Notation des stades phénologiques dès la levée

Evaluation de l'incidence du mildiou, dès son apparition (% de plants ayant subi au moins une lésion)

Détermination du % foliaire atteint par le mildiou

Prélèvement de lésions pour identification des souches.

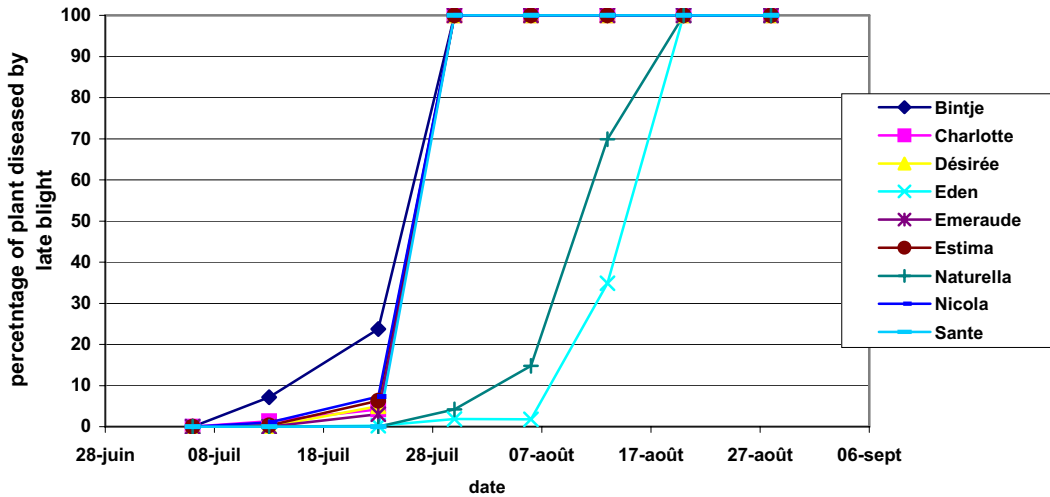
§ Résultats

✓ **Concernant la précocité** : Bintje a un développement plus précoce, Eden et Naturella ont un développement plus tardif. Les autres variétés ont un développement similaires.

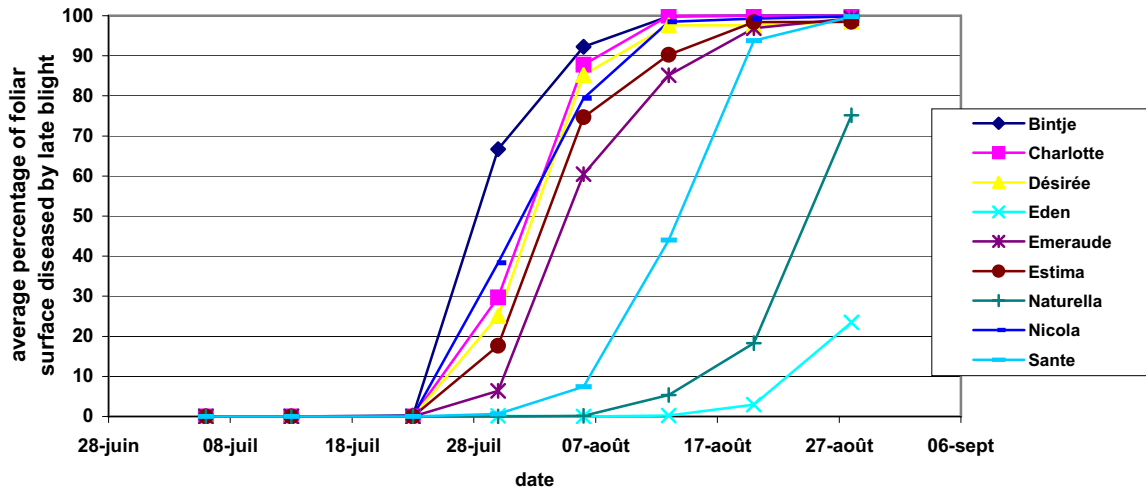
✓ **Incidence et sévérité** : il existe plusieurs groupes de variétés :

- variété très vite infestée : Bintje
- variétés rapidement contaminées : Charlotte, Désirée, Emeraude, Estima, Nicola
- variété à contamination tardive puis faible résistance : Santé
- variété à contamination tardive (bonne résistance) : Naturella
- variété à contamination très tardive (très bonne résistance) : Eden

Evolution of incidence (average per date)

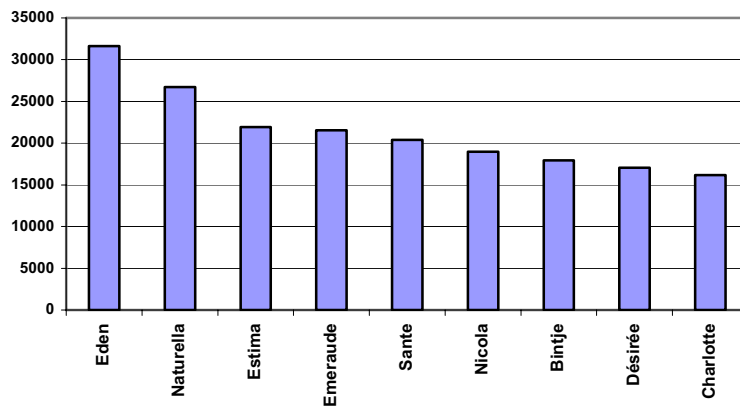


Evolution of severity (average per date)

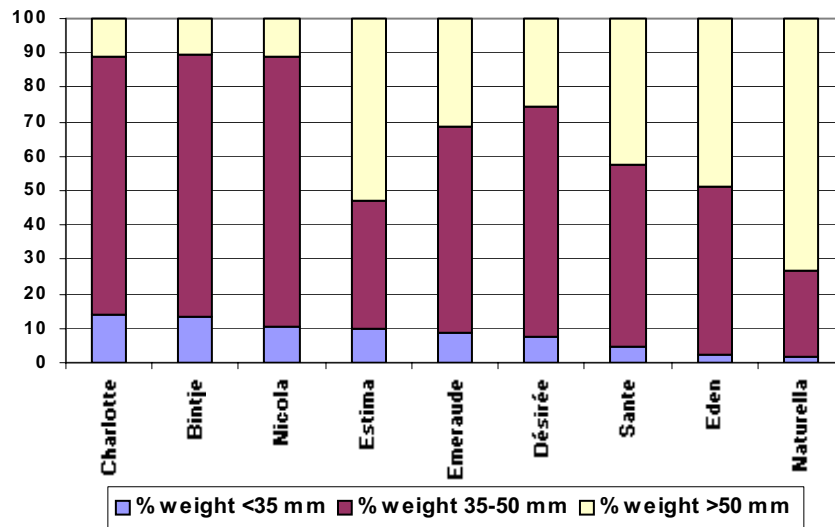


✓ *Détermination du rendement et du rendement par calibre*

Variety performance - gros yield (kg/ha)



**Variety performance -
percentage of weight within usable size classes**



✓ **Détermination de la masse et du pourcentage de tubercules touchés** (en cours)

A première vue il n'y a pas de différences entre les variétés, en ce qui concerne le pourcentage de tubercules touchés par le mildiou. Cela s'expliquerait par les conditions climatiques très sèches au tout au long de la culture.

§ **Conclusions**

On remarque que Eden et Naturella sont beaucoup plus tardives pour l'infestation par le mildiou, et que l'infestation demeure moins sévère que pour les autres variétés.

Ces essais ont également été menés au GRAB d'Avignon. Il y a eu très peu de mildiou, malgré irrigation, si bien que les résultats sont beaucoup moins caractéristiques.

SUIVI DE LA FAUNE PRESENTE SUR LES PARCELLES ET EVALUATION DE LA MISE EN PLACE D'UNE REGULATION NATURELLE RAVAGEURS / AUXILIAIRES

§ **Objectif**

Faire un état des lieux précis de la faune présente sur la parcelle et dans les talus et haies la bordant, afin d'évaluer la mise en place d'une régulation naturelle Ravageurs / Auxiliaires.

§ **Durée de l'essai**

Une première évaluation a été effectuée en 2000, puis complétée en 2001. La suite à donner à cet essai est à définir pendant l'hiver.

§ **Partenaires** : Etienne Brunel (INRA Zoologie, Le Rheu)

§ **Protocole 2001**

Piégeage hebdomadaire sur la parcelle, entre début juin et fin août

Prélèvement dans les arbres et talus bordant la parcelle

Prélèvements dans la parcelle (sur les plants)

→ 150 échantillons à trier et à analyser

§ Résultats

✓ *Relevé faunistique sur la parcelle d'artichauts de la PAIS :*

Pucerons (11 espèces): Aphis fabae, Tuberculatus annulatus, Hyadaphis foeniculi, Phyllaphis fagi, Acertosiphum sp, Amphorophora rubi, Hyperomyzus lactucae, Myzocalis castanicola, Aphis sp, Cryptomyzus sp, Capitophorus horni

Acariens : plusieurs espèces

Lépidoptères : chenilles défoliatrices, plusieurs espèces dont noctuelles et vanesse,

Mollusques : limaces

Thysanoptères : Thrips (plusieurs espèces)

Coléptères : chrysomèles, charançons

✓ *Auxiliaires présents sur et autour de la parcelle :*

Coléoptères : coccinellidae (au moins 4 espèces prédatrices de pucerons), staphylinidae (plusieurs espèces, parasitoïdes de diptères) , Divers carabidae (prédateurs polyphages).

Diptères : Syrphidae : prédateurs de pucerons

Acariens : prédateurs

Hétéroptères : punaises antochorides prédatrices très polyphages

Hyménoptères : plusieurs espèces parasitoïdes de pucerons notamment

Arachnides : argiopes, faucheux, opilions et autre araignées très polyphages et dont la qualité d'auxiliaires est peu connue

Neuroptères : chrysopes, prédatrice de pucerons

§ Conclusions

Il y a eu très peu de pucerons cette année, la régulation semble s'être faite, cependant, ces résultats ne permettent pas à eux seuls de conclure.

La proximité d'une parcelle de féverole qui a attiré les pucerons, et la présence de chénopodes, eux aussi attracteurs de pucerons, semblent avoir été des éléments favorables.