



FRAB LR



JOURNEES TECHNIQUES NATIONALES FRUITS ET LEGUMES BIOLOGIQUES

ARBORICULTURE : « Choix variétaux »
MARAICHAGE : « Fertilisation et semences »
THEMES COMMUNS : « La qualité et protection des cultures »



Avec le soutien
de :



A Perpignan
Les 9 et 10 décembre
2003

SOMMAIRE

Présentation des journées techniques fruits et légumes biologiques _____ 2

PROGRAMME _____ 3

LES PARTENAIRES _____ 5

ARBORICULTURE

AMELIORATION GENETIQUE DES ESPECES FRUITIERES A NOYAU EXEMPLES PRIS SUR LE PECHER, par R. MONET (INRA U.R.E.F.V) _____ 12

LA CREATION DE NOUVELLES VARIETES DE POMMES A L'INRA D'ANGERS - Les principes de l'amélioration génétique - Les critères de sélection actuels, par F. LAURENS (INRA Angers) _____ 18

LA CREATION DE VARIETES FRUITIERES RESISTANTES AUX PEPINIERES DELBARD Fruits à pépins, par G. Devillard (Pépinière Delbard) _____ 25

EFFET DE L'INOCULUM HIVERNAL ET DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES ATTAQUES DES MONILIOSES EN VERGER DE PECHER, par V. MERCIER, H. GUELDRY, D. CHAUFFOUR (INRA UERI Gotheron) _____ 30

STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES MOUCHES DES FRUITS : rétrospective & perspectives, par F. WARLOP (GRAB)... _____ 38

CONTRÔLE DE LA MOUCHE MÉDITERRANÉENNE DES FRUITS (DIPTERA : TEPHITIDAE) À TRAVERS DES STRATÉGIES DE PÉRIMÈTRE, par A. VALL-LLEBRERA, V. PERDRIX (OpenNatur) _____ 45

Le Problème de *Metcalfa pruinosa* (Say) par F. FAIVRE d'ARCIER, L. BELZUNCES (INRA Avignon), J-C. MALAUSA, L. GIUGE, (INRA Antibes) _____ 50

LE SOIN DES ARBRES PAR PHYTOTHERAPIE, par E. PETIOT (Consultant) _____ 54

Maraîchage en systèmes de culture biologique Quelques bases pour proposer une gestion raisonnable du phosphore, par J.C FARDEAU (Expert indépendant) _____ 65

MARAICHAGE

GESTION DES APPORTS ORGANIQUES EN SYSTEMES DE CULTURE MARAICHERS SOUS ABRI, par F. BRESSOUD, L. PARES (INRA-SAD Alénya) _____ 70

IMPORTANCE ET ROLES DES ENGRAIS VERTS, par C. MAZZOLIER, H. VEDIE (GRAB) _____ 79

ENGRAIS VERTS EN MARAICHAGE : DES REFERENCES RECENTES POUR CHOISIR LES ESPECES, par C. GUILLAUME (SICA Centrex), H. VEDIE (GRAB) _____ 84

LES ACARIENS PHYTOPHAGES ET AUXILIAIRES EN CULTURES LEGUMIERES, par M.S. GARCIN (Agro Montpellier / INRA) _____ 95

ACARIENS RAVAGEURS EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE : QUELLES METHODES de lutte BIOLOGIQUE ?, par C. MAZOLLIER (GRAB) _____ 104

BEMISIA ET VIRUS, UN DANGER POUR LES CULTURES BIO?, par L. SCHOEN (SICA CENTREX) _____ 124

Prévention contre les pathogènes du sol en culture sous abris : rotations, engrais verts, solarisation, par A. ARRUFAT (CIVAM BIO 66), M. DUBOIS (Centrex) _____ 127

THEMES COMMUNS

EVALUATION NUTRITIONNELLE ET SANITAIRE DES ALIMENTS ISSUS DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE, conclusions du rapport AFSSA _____ 135

Approche de la qualité par les méthodes globales d'analyses, par B. TAUPIER-LETAGE (ITAB) _____ 146

Présentation des "Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques"

Les Journées Techniques des Fruits et Légumes Biologiques sont devenues, au fil des ans, **le rendez-vous incontournable de la filière Fruits et Légumes Biologiques**. Elles sont organisées par l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) et le GRAB (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique), en partenariat avec les structures régionales et départementales de l'agriculture biologique.

Cette année, les rencontres ont lieu les 9 et 10 décembre 2003 en Languedoc-Roussillon (Pyrénées Orientales) en partenariat avec la FRAB LR et le CivamBio66.

L'objectif de ces journées est :

- de dresser le bilan des connaissances techniques acquises sur les thèmes définis,
- d'identifier les problèmes rencontrés par les producteurs,
- de connaître les besoins en expérimentation,
- de diffuser les dernières avancées techniques, de débattre sur l'actualité,
- de développer les relations entre agriculture conventionnelle et biologique.

Ce forum est prévu sur deux jours, afin de favoriser les échanges entre participants.

Les journées techniques s'adressent aux agriculteurs, aux techniciens et animateurs qui les accompagnent, mais aussi aux chercheurs, enseignants, décideurs et toute personne intéressée par l'agriculture biologique.

Cette année, les thèmes proposés sont :

- en arboriculture : « **choix variétaux** »
- en maraîchage: « **fertilisation et semences** »

Le thème de la qualité est repris dans une conférence transversale et constitue également le thème de la table ronde.

La deuxième journée est orientée sur « **les dernières avancées en matière de protection des cultures** ».

Programme

Mardi 9 décembre 2003

13h00 : Accueil des participants

14h00 : Ateliers thématiques

ARBORICULTURE « Choix variétaux »

Principes de l'amélioration génétique

- Fruits à pépins : F. Laurens (INRA Angers)
- Fruits à noyau : R. Monet (retraité INRA Bordeaux)

Les critères de sélection actuels

- Pêche : T. Pascal (INRA Avignon)
- Abricot : JM. Audergon (INRA Avignon)
- Fruits à pépins : F. Laurens (INRA Angers)
- Obtenteur de fruits à pépins : G. Devillard (Pépinière Delbard)
- Obtenteur de fruits à noyau : A. Maillard

Attente des producteurs : synthèse de la tribune du matin, discussion et débat.

MARAICHAGE « Fertilisation et semences »

Gestion du Phosphore en maraîchage biologique : JC. Fardeau (expert indépendant)

Minéralisation en système de culture salade/tomate sous abri : suivi avec différents amendements : F. Bressoud (INRA Alénya)

Engrais verts

- Importance et rôles des engrais verts : C. Aubert (Terre Vivante)
- Des références récentes pour choisir les espèces : H. Védie (GRAB) et C. Guillaume (SICA Centrex)

Utilisation des semences biologiques : réglementation, base de données : J. Wohrer (GNIS)

Difficultés techniques rencontrées par les producteurs de semences biologiques

16h30 – 17h : pause

17h00 : **Méthodes globales d'appréciation de la qualité** : B. Taupier-Létage (ITAB). **Point sur les mycotoxines et sur le rapport de l'AFSSA** : C. Aubert (Terre Vivante)

18h00 : **TABLE RONDE** : « **Qualité des Fruits et Légumes biologiques** », avec l'ensemble des représentants de la filière et les consommateurs – Table ronde animée par J. Harzig (L'Echo des MIN)

20h00 : Repas - soirée

Mercredi 10 décembre 2003

8h30 : Visites

ARBORICULTURE

Plate-forme d'expédition (Alter Bio)
Ferme en arboriculture : verger de M. Giovanelli (pêchers)

MARAICHAGE

Site d'expérimentation Biophyto
Ferme maraîchère : exploitation de M. Falip (maraîchage plein champ et sous abris)

12h00 : Déjeuner

13h30 : Posters et stands

14h00 : **Point sur l'homologation des produits aux niveaux français et européen :**
Y. Monnet (SDQPV/DGAL)

15h00 : Ateliers thématiques

ARBORICULTURE

Epidémiologie du *Monilia* : V. Mercier (INRA Gotheron)

Lutte contre les mouches des fruits

- Généralités : F. Warlop (GRAB)
- Piégeage massif contre la mouche méditerranéenne des fruits : bilan de 3 années d'expériences en Catalogne sud : V. Perdrix (Open Natur)

Maîtrise de *Metcalfa pruinosa* : F. Faivre d'Arcier (INRA Avignon)

Le soin des arbres par phytothérapie : E. Petiot (Consultant)

MARAICHAGE

Acariens ravageurs en maraîchage biologique

- Biologie des acariens ravageurs et prédateurs : M.S. Garcin Tixier (Agro Montpellier / INRA)
- Les stratégies de lutte biologique : C. Mazollier (GRAB)

Bemisia et virus, un danger pour les cultures bio ? : L. Schoen (SICA Centrex)

Prévention contre les pathogènes du sol en culture sous abris : rotations, engrais verts, solarisation : A. Arrufat (Civam Bio 66)

17h00 : Fin des journées

Les partenaires

L'ITAB

L'Institut Technique de l'Agriculture Biologique a pour objectif la coordination et l'appui aux actions techniques, au service du développement de l'agriculture biologique.

L'ITAB est une structure organisée en réseau. L'activité technique s'appuie sur un réseau de 20 Centres Techniques Régionaux (CTR) et 4 Centres Techniques Spécialisés (CTS).

- Les CTR sont des organisations professionnelles agricoles spécialisées en agriculture biologique. Ils ont une vocation généraliste de développement technique et économique en agriculture biologique dans une région administrative.
- Les CTS sont des organisations professionnelles ou non dont le but est la recherche développement dans un domaine technique ou scientifique spécifique à l'agriculture biologique.

L'action de l'ITAB s'organise autour de 2 activités principales :

- **l'animation de commissions techniques**, quatre commissions par filière de production : Elevage, Grandes cultures, Viticulture, Fruits et Légumes et deux commissions transversales : Agronomie – Systèmes et qualité des productions
- **l'édition et la diffusion.**

Les commissions

L'objectif de ces commissions est de rassembler l'expertise pour donner les moyens à l'ITAB de faire référence sur les aspects techniques et économiques :

- recenser et analyser les problèmes techniques ou technico-économiques,
- traduire les besoins en projets,
- initier des programmes de recherche,
- assurer l'appui méthodologique et la concertation auprès des structures souhaitant développer des programmes de recherche,
- expertise,
- rassembler et valider les résultats,
- assurer le transfert de connaissance par la réalisation de documents techniques ou par l'organisation de journées techniques, de colloques.

L'édition et la diffusion

Depuis 1992 l'ITAB est doté d'un organe de communication privilégié : la revue bimestrielle « **Alter Agri** ». C'est est la seule revue entièrement consacrée aux aspects techniques de l'agriculture biologique. Le comité de rédaction, constitué par les animateurs des commissions techniques travaillant en étroite collaboration avec la profession, garantit à la fois un bon niveau technique et une bonne approche du terrain.

L'ITAB édite également une série de **documents techniques** :

- Guides techniques
- Actes de colloques ou de journées
- Synthèses de travaux d'expérimentation ...
- Etudes : utilisation du cuivre en agriculture biologique, effets secondaires des produits phytosanitaires utilisés en agriculture biologique...
- Fiches techniques : viticulture, fruits et légumes, grandes cultures

Le GRAB

Missions

Améliorer les techniques de l'Agriculture Biologique en Arboriculture, Maraîchage et Viticulture :

- Initier les programmes de recherche fondamentale et appliquée
- Expérimenter : en laboratoire, en station et chez les producteurs
- Valoriser les résultats : publication, information, formation

Des compétences transversales

- Gestion durable de la production en Agriculture Biologique
- Qualité et sécurité des produits biologiques
- Fertilité et vie des sols
- Qualité de l'environnement

Travaux sur la préservation de l'environnement

- EAU : Réduction des nitrates, et des résidus de pesticides ...
- SOL : Activité biologique des sols, caractérisation des matières organiques
- PAYSAGE : Diversité des cultures (haies, conservatoires), préservation des écosystèmes

Carrefour de l'information scientifique et technique en Agriculture Biologique

- Rédaction Fiches techniques
- Formations
- Journées Techniques
- Publications dans les revues agricoles
- Bulletins techniques spécialisés : Arbo bio info, Maraîchage bio info

Un travail en réseau

- Avec l'ITAB, coordinateur national des actions techniques.
- Avec les groupements de producteurs : essais décentralisés, carrefour technique
- Avec les Chambres d'agriculture, stations régionales...
- Avec les chercheurs : Centres européens, INRA, CRITT, CTIFL, ITV, centres techniques...
- Avec les organismes de formation (réseau FORMABIO)
- Avec les responsables du développement local : Parcs Naturels Régionaux, CIVAM, GDA...

la FRAB-LR

Créée en septembre 2000, la Fédération Régionale de l'Agriculture Biologique du Languedoc-Roussillon a pour objet de représenter et défendre les intérêts de la profession agrobiologique, de définir un programme concerté de développement de l'agriculture biologique et de mobiliser les crédits nécessaires pour ce faire.

Organisation

Elle regroupe, au sein de deux collèges, les producteurs organisés par département et par filière.

Dix organismes sont adhérents, il n'y a pas d'adhérents directs.

Les structures départementales sont les quatre CIVAM BIO de l'Aude, du Gard, de l'Hérault et des Pyrénées Orientales ainsi qu'Agribiozère.

Les structures régionales ou interdépartementales ou OP bios sont l'AIVB-LR, l'AREB, les sections bios de Roussillon-Méditerranée et de la COVIAL, le syndicat régional agricole des producteurs de semences bios.

A ce jour, plus de 70 % des producteurs biologiques régionaux sont représentés à la FRAB LR.

La présidence est annuelle et tournante, M. Louis Delhon en est le président.

Fonctionnement

Le fonctionnement de la fédération est basé sur le réseau, des commissions de travail sont organisées avec des professionnels aussi bien sur les filières que sur les actions de conversion, de réglementation, leurs animateurs sont salariés des organismes adhérents. Son siège administratif est au Mas de Saporta, à Lattes.

LE CIVAM BIO 66

ASSOCIATION DEPARTEMENTALE DE DEVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

MISSIONS GENERALES 2003

Point Accueil Conversion Agriculture Biologique

Appui au montage de CAD en agriculture biologique
Diffusion des fiches techniques
Information réglementaires

Formation des Agriculteurs à l'AB

Conversion à l'agriculture biologique

Expérimentation maraîchage biologique sous abri : site Biophyto à Théza

Laitue
Concombre
Cultures de diversification

Suivi d'essais en arboriculture et légumes de plein champ à la Centrex

Verger de pêchers
Artichaut

Appui technique spécialisé en bio

Fruits et légumes
Viticulture : suivi collectif de la lutte contre la flavescence dorée

Organisation des filières AB

Fruits et Légumes
Viticulture

Promotion collective de la filière AB

Printemps des Vins Bio
Foire et marché
« Carnet d'adresse Bio en pays catalan »

Arboriculture

AMELIORATION GENETIQUE DES ESPECES FRUITIERES A NOYAU EXEMPLES PRIS SUR LE PECHER

Par MONET, INRA U.R.E.F.V

LA CREATION DE NOUVELLES VARIETES DE POMMES A L'INRA D'ANGERS - Les principes de l'amélioration génétique - Les critères de sélection actuels

Par F. LAURENS (INRA Angers)

LA CREATION DE VARIETES FRUITIERES RESISTANTES AUX PEPINIERES DELBARD Fruits à pépins

Par G. Devillard (Pépinière Delbard)

EFFET DE L'INOCULUM HIVERNAL ET DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES ATTAQUES DES MONILIOSES EN VERGER DE PECHER

Par V. MERCIER, H. GUELDRY, D. CHAUFFOUR (INRA UERI Gotheron)

STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES MOUCHES DES FRUITS : rétrospective & perspectives...

Par F. WARLOP (GRAB)

CONTRÔLE DE LA MOUCHE MÉDITERRANÉENNE DES FRUITS (DIPTERA : TEPHITIDAE) À TRAVERS DES STRATÉGIES DE PÉRIMÈTRE

Par A. VALL-LLEBRERA, V. PERDRIX (Open Natur)

Le Problème de *Metcalfa pruinosa* (Say)

Par F. FAIVRE d'ARCIER, L. BELZUNCES (INRA Avignon), J-C. MALAUSA, L. GIUGE, (INRA Antibes)

LE SOIN DES ARBRES PAR PHYTOTHERAPIE

Par E. PETIOT (Consultant)

AMELIORATION GENETIQUE DES ESPECES FRUITIERES A NOYAU

EXEMPLES PRIS SUR LE PECHER

R. MONET

I.N.R.A. Unité de Recherches sur les Espèces Fruitières et la Vigne (U.R.E.F.V.)

BP 81, 33 883 Villenave d'Ornon cedex .

Résumé

Chez les espèces fruitières à noyau (pêcher, abricotier, cerisier et prunier), les méthodes conventionnelles d'amélioration utilisent essentiellement la reproduction sexuée intra-spécifique qui permet une recombinaison des caractères. Il ne peut donc être utilisé que la variabilité interne à l'espèce pour créer de nouveaux cultivars.

Tout programme d'amélioration doit, au départ, se fixer des objectifs. Très longtemps les sélectionneurs se sont intéressés aux qualités commerciales du fruit. Celle-ci a fortement progressée. Des objectifs innovants, susceptibles de réduire les coûts de production ou de modifier l'aspect des fruits, sont plus récents et commencent à enrichir l'assortiment variétal.

L'espèce fruitière étant un clone issu d'un arbre initial ou tête de clone qui est multiplié végétativement par greffage ; l'objectif du sélectionneur sera d'obtenir cet arbre d'élite. L'importance du choix des géniteurs est fondamentale. Pour des caractères à hérédité quantitative, il peut faire un choix phénotypique (méthode la plus répandue) ou un choix génotypique. S'il s'agit d'un caractère à hérédité mendélienne les difficultés sont moindres car il retrouvera le caractère inchangé d'une génération à l'autre.

Pour cette dernière situation, un exemple est donné concernant l'amélioration pour la résistance au puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*).

En dernier lieu il est souligné la longueur d'un programme d'amélioration dès lors qu'il s'agit d'un caractère innovant et les difficultés inhérentes à la mise en marché d'un cultivar aux propriétés nouvelles.

Mots clés

Arbres fruitiers à noyaux, pêcher, abricotier, cerisier, prunier, amélioration par voie sexuée, recombinaison, caractère quantitatif, caractère mendélien, autofécondation, hybridation.

Introduction

Nous nous limiterons essentiellement à un exposé des méthodes conventionnelles celles qui ont recours à la reproduction sexuée intra-spécifique. La mutagenèse induite a eu peu de succès chez les espèces fruitières à noyau (pêcher, abricotier, cerisier et prunier) et les transformations par génie génétique y sont encore balbutiantes. Si des résultats existent déjà dans certains laboratoires, il se pose toujours le problème de l'acceptation des produits transformés par les consommateurs.

Il y a, chez la plupart des espèces fruitières à noyau, un fort renouvellement variétal mais les nouvelles variétés sont souvent peu innovantes car pour faire une variété innovante il faut beaucoup de temps avec les méthodes d'amélioration conventionnelles. Les sélectionneurs privés qui alimentent essentiellement le renouvellement variétal ne peuvent se risquer sur des programmes dont le résultat n'apparaîtra qu'après plusieurs générations. Finalement ce sont les chercheurs des laboratoires publics qui ont pu jusqu'ici se permettre de poursuivre de tels objectifs, il n'est pas sûr d'ailleurs qu'ils puissent continuer à le faire, ces méthodes conventionnelles étant peu à peu délaissées.

Une variété innovante a souvent des difficultés à s'imposer, soit parce que le producteur aura à modifier ses techniques culturales, soit parce que les habitudes commerciales ne facilitent pas l'introduction d'un nouveau produit, soit enfin, parce que le consommateur n'accepte pas facilement la nouveauté.

Des objectifs innovants existent pourtant dans de nombreux laboratoires et les méthodes d'amélioration se sont aussi affinées. Nous allons illustrer tout cela en nous appuyant beaucoup sur ce qui s'est fait ou se fait encore chez le pêcher que l'on peut considérer, de ces points de vue, comme une espèce modèle.

Les objectifs novateurs

Avant de mettre en route un programme d'amélioration il est nécessaire de définir des objectifs. On peut reprocher aux premières générations de sélectionneurs de s'être trop attaché à l'amélioration des caractéristiques commerciales des fruits : couleur, fermeté, attractivité, et d'avoir délaissé quelque peu ce qui peut satisfaire le consommateur ou le producteur. L'amélioration des caractéristiques commerciales était toutefois nécessaire, les vieilles variétés étaient peu attractives, inaptées aux manipulations, elles ne satisfaisaient pas le circuit commercial. Ces défauts ont été peu à peu corrigés et les améliorations innovantes qui se préparent, intéresseront davantage le producteur et le consommateur.

a) Objectifs susceptibles de réduire les coûts de production.

Une variété a un coût de production faible lorsqu'elle est bien adaptée au milieu dans lequel on la cultive ; sinon, l'arboriculteur doit compenser cette inadaptation par des interventions artificielles (par exemple les interventions de lutte contre le gel ou contre un parasite) toujours coûteuses.

Il existe, notamment chez le pêcher, quelques projets d'adaptation aux facteurs du climat, nous citerons pour mémoire la création de variétés résistantes au froid ou à floraison tardive (Canada), la création de variétés à faibles besoins de froid (Floride). Ces projets ont l'inconvénient d'élargir la zone de culture des espèces et donc d'accentuer la surproduction lorsqu'elle existe.

La création de variétés résistantes aux parasites est une autre forme d'adaptation au milieu. Ce sont ces projets qui se sont le plus développés ces dernières années. Chez le pêcher, par exemple, de nombreux programmes visant à introduire des résistances sont en cours ou ont donné leurs premiers résultats. Ils concernent les parasites suivants :

taches bactériennes sur feuilles (USA),

Chancre à Cytospora (Italie, USA),
Cloque (USA, Italie, France),
Oïdium (France, Italie)
Puceron vert (France)

Une autre manière de réduire les coûts de production consiste à adapter génétiquement l'arbre au mode de conduite le plus économique. Ainsi, pour le pêcher plusieurs modèles ont été développés :

Pêchers nains (USA)
Pêchers compacts (Italie)
Pêchers en fuseau (USA)
Pêchers pleureurs (France).

b) Objectifs susceptibles de modifier l'aspect du fruit ou ses qualités organoleptiques.

Les sélectionneurs utilisent la diversité génétique de l'espèce pour modifier l'assortiment proposé au consommateur. Chez le pêcher par exemple, quelques projets sont en cours ou ont déjà abouti :

Pêches et nectarines plates (France, USA)
Pêches sanguines (France, USA)
Fruits dépourvus d'anthocyanes (Italie)
Nectarines pavies (Italie)
Fruits sub-acides

Les méthodes conventionnelles d'amélioration (Monet 1995).

Une variété fruitière est un clone, c'est à dire un ensemble de copies obtenues par multiplication végétative (greffage le plus souvent) d'un arbre initial. Pour le sélectionneur il s'agit donc d'obtenir, le plus rapidement possible, cet arbre initial répondant aux objectifs qu'il s'était fixé.

Les méthodes conventionnelles sont basées sur la reproduction sexuée qui permet la recombinaison des caractères. Le sélectionneur va essayer, dans un schéma raisonné où peuvent intervenir autofécondations et hybridations, d'obtenir des familles en disjonction dans lesquelles pourra apparaître l'arbre d'élite qui accumule les caractères désirés.

a) Choix phénotypique des géniteurs.

Il consiste à choisir les parents d'un croisement sur leur aspect extérieur (phénotype). On choisit deux parents ayant des caractères complémentaires (exemple un parent à gros fruits peu colorés sera croisé à un parent à petits fruits très colorés) en espérant que dans les hybrides on trouvera des individus rassemblant les caractères intéressants de chaque parent (gros fruits, très colorés).

Cette méthode s'est révélée très efficace sur le moyen et le long terme pour les caractères quantitatifs à forte héritabilité (caractères commerciaux du fruit notamment).

Elle est utilisée par tous les sélectionneurs privés qui choisissent les parents des croisements parmi les meilleures variétés existantes sur le marché.

Elle a plusieurs inconvénients :

Elle est inefficace sur le court terme, un bon phénotype n'est pas nécessairement transmis à la descendance, il faut essayer plusieurs géniteurs pour

connaître les bons. C'est donc une méthode empirique où chaque sélectionneur a sa propre expérience.

Il y a aussi appauvrissement de la variabilité, les nouvelles variétés se ressemblent de plus en plus puisque l'on puise presque toujours dans la même source génétique.

b) Choix génotypique des géniteurs

Dans ce cas, les géniteurs ne sont utilisés qu'après observation de leur descendance par autofécondation. Ceci n'est possible que si l'espèce est auto-fertile (pêcher, abricotier).

Nous avons adopté cette méthode pour le choix des géniteurs primaires qui étaient soumis à autofécondation l'observation de leur descendance permettait de se faire une idée de leurs aptitudes. Les meilleurs géniteurs, ainsi repérés, pouvaient entrer alors dans des croisements avec des géniteurs à aptitudes complémentaires.

Nous avons, chez le pêcher, reproduit successivement plusieurs de ces cycles d'autofécondations pour créer des lignées pures qui accumuleraient, grâce à la sélection, des caractères agronomiques intéressants. Ces lignées auraient pu être croisées ensuite entre elles pour évaluer la vigueur hybride. Ce schéma n'a malheureusement pas pu être mené jusqu'au bout.

c) Cas où l'on veut créer une variété possédant un caractère mendélien particulier.

Au contraire des caractères polygéniques à hérédité quantitative, les caractères mendéliens ne se diluent pas d'une génération à l'autre. Ils réapparaissent en auto-fécondation s'ils sont récessifs ; ils persistent à chaque génération s'ils sont dominants.

Le problème qui se pose est le suivant : le géniteur apportant le caractère mendélien intéressant, présente d'autres défauts, souvent à hérédité polygénique, qu'il faut corriger par rétro-croisements avec un ou plusieurs géniteurs améliorants.

Chez le pêcher, plusieurs des objectifs innovants que nous avons cités ont une hérédité mendélienne. Nous illustrerons ce cas par le schéma que nous avons adopté pour la création de variétés résistantes aux pucerons verts.

Création de variétés résistantes au puceron vert (Monet, Massonié 1994).

Avant de mettre en route un tel programme, il a fallu s'assurer qu'il existait des géniteurs de résistance à ce puceron. Ce travail a été réalisé par un zoologiste M. Massonié qui a testé la plupart des clones de pêcheurs et d'espèces voisines qui existaient dans nos collections. Il a découvert plusieurs sources de résistance :

- dans l'espèce pêcher : le pêcher pleureur S2678 et le porte-greffes Rubira
- dans les espèces voisines : *P. cerasifera* clone P2993, *P. davidiana* var. Potanini.

Nous avons choisi le géniteur à port pleureur S2678 pour développer ce programme car il présentait deux avantages. Il appartenait à l'espèce pêcher, ce qui ne pouvait que faciliter le travail de sélection, le port de l'arbre était intéressant et justifiait en lui-même un programme de création de variétés à port pleureur pour la culture à haute densité.

Il avait un grave inconvénient, ses fruits étaient non commercialisables et très astringents.

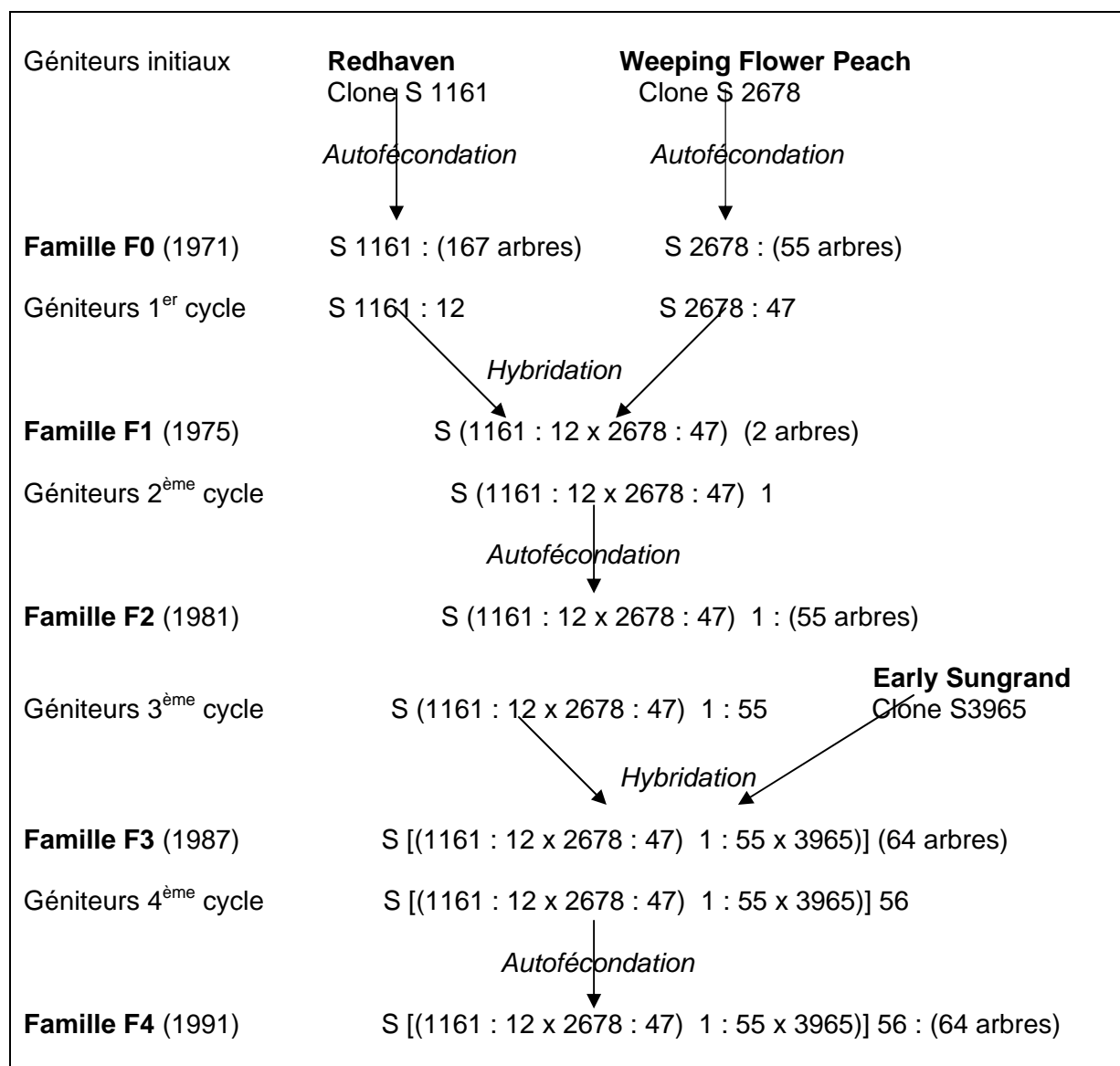
Le comportement du puceron sur ce géniteur de résistance est assez caractéristique. Le puceron, lorsqu'il est déposé sur un rameau en croissance, fait des piqûres d'essai et ne parvient pas à se fixer. Il finit par quitter l'arbre. A l'emplacement des piqûres se développe une nécrose tissulaire caractéristique de la résistance.

Dans une première étape on s'est assuré que le caractère était bien transmis à la descendance : le clone S2678 a été soumis à autofécondation et la famille obtenue a été testée pour sa résistance. Le comportement de cette descendance était homogène, chaque arbre présentait le même type de résistance que le parent.

L'étape suivante a consisté à rechercher le mode d'hérédité du caractère. L'un des descendants par autofécondation du clone S2678 a été croisé avec un géniteur sensible issu de Redhaven. Les hybrides ainsi obtenus étaient tous résistants ; le caractère était donc dominant. L'autofécondation de l'un de ces hybrides a donné une famille F₂ dans laquelle on trouvait trois quarts d'individus résistants et un quart d'individus sensibles. La résistance était mono-génique dominante, cette situation était particulièrement favorable à la poursuite du programme d'amélioration.

Le meilleur des individus résistants a été croisé avec un clone améliorant : la nectarine Early Sungrand. Ce géniteur devait permettre une amélioration des caractéristiques commerciales du fruit. Le meilleur hybride de cette génération F₃ a été soumis à autofécondation pour obtenir une génération F₄ dans laquelle il a pu être sélectionné, pour la première fois, deux arbres résistants au puceron vert, et dont les fruits avaient atteint le niveau commercial. Les différentes étapes de ce programmes sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1 Schéma d'amélioration pour la résistance au puceron vert



Premières sélections commerciales : 1994

Conclusions

Un caractère innovant peut nécessiter plus de 20 ans, par les méthodes conventionnelles, pour être introduit dans un nouveau cultivar. Il faudra ensuite, une expérimentation préalable à sa mise en culture qui peut durer quatre à cinq années supplémentaires.

Enfin, les cultivars qui possèdent ce caractère innovant devront être acceptés par les pépiniéristes, les producteurs et le négoce ; les obstacles sont nombreux et la réussite n'est pas assurée.

Références bibliographiques

MONET R., MASSONIE G., 1994 Déterminisme génétique de la résistance au puceron vert (*Myzus persicae*) chez le pêcher. Résultats complémentaires. *Agronomie* 2, p.177-182

MONET R., 1995 Il miglioramento genetico del pesco *Atti Simposio Internazionale ERSO* Faenza Italie p 13-27.

LA CREATION DE NOUVELLES VARIETES DE POMMES A L'INRA D'ANGERS

- *Les principes de l'amélioration génétique*
- *Les critères de sélection actuels*

F. LAURENS

Unité d'Amélioration des Espèces Fruitières et Ornementales.

INRA Centre d'Angers. BP57. 49070 Beaucouzé. France

Résumé

L'INRA d'Angers a une longue expérience dans le domaine de l'amélioration génétique du pommier. L'objectif du programme est de créer de nouvelles variétés de pommier de bel attrait, de très bonne qualité gustative, résistantes à la tavelure et à bon comportement vis à vis des autres principaux bioagresseurs du pommier et de production régulière et forte.

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.

Pour atteindre ces objectifs, des collaborations à différents niveaux, local, régional, national, européen sont en cours avec les équipes de recherche les plus performantes dans leur domaine. Le but de ces travaux d'amont est, d'une part, la recherche de critères de sélection fiables, et d'autre part, la recherche de nouveaux géniteurs pour les programmes d'amélioration.

Mots clés : pommier, création variétale, résistance aux bioagresseurs, qualité organoleptique des fruits, architecture de l'arbre

Introduction

Malgré une très grande diversité génétique, le choix des variétés de pomme proposé aux consommateurs reste, aujourd'hui, très limité : une dizaine 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, etc... 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 donnés 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*).

Pour atteindre ces objectifs, des collaborations à différents niveaux, local, régional, national, européen sont en cours avec les équipes de recherche les plus performantes dans leur domaine. Le but de ces travaux d'amont est, d'une part, la recherche de critères de sélection fiables, et d'autre part, la recherche de nouveaux géniteurs pour les programmes d'amélioration.

Nous présenterons, dans un premier temps, les principaux travaux de recherche développés sur la résistance à la tavelure, la qualité des fruits et l'architecture des arbres. Nous décrirons ensuite les différentes étapes du cycle de sélection qui conduisent à l'élaboration d'une nouvelle variété.

1- Les principaux travaux de recherche

Les études en cours sur la résistance durable vis à vis de la tavelure – stratégies d'amélioration

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 qualitatives d'une variété commerciale (Figure 1 : exemple de la généalogie de la variété '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.

Dans les 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 encore assez peu répandue aujourd'hui en Europe.

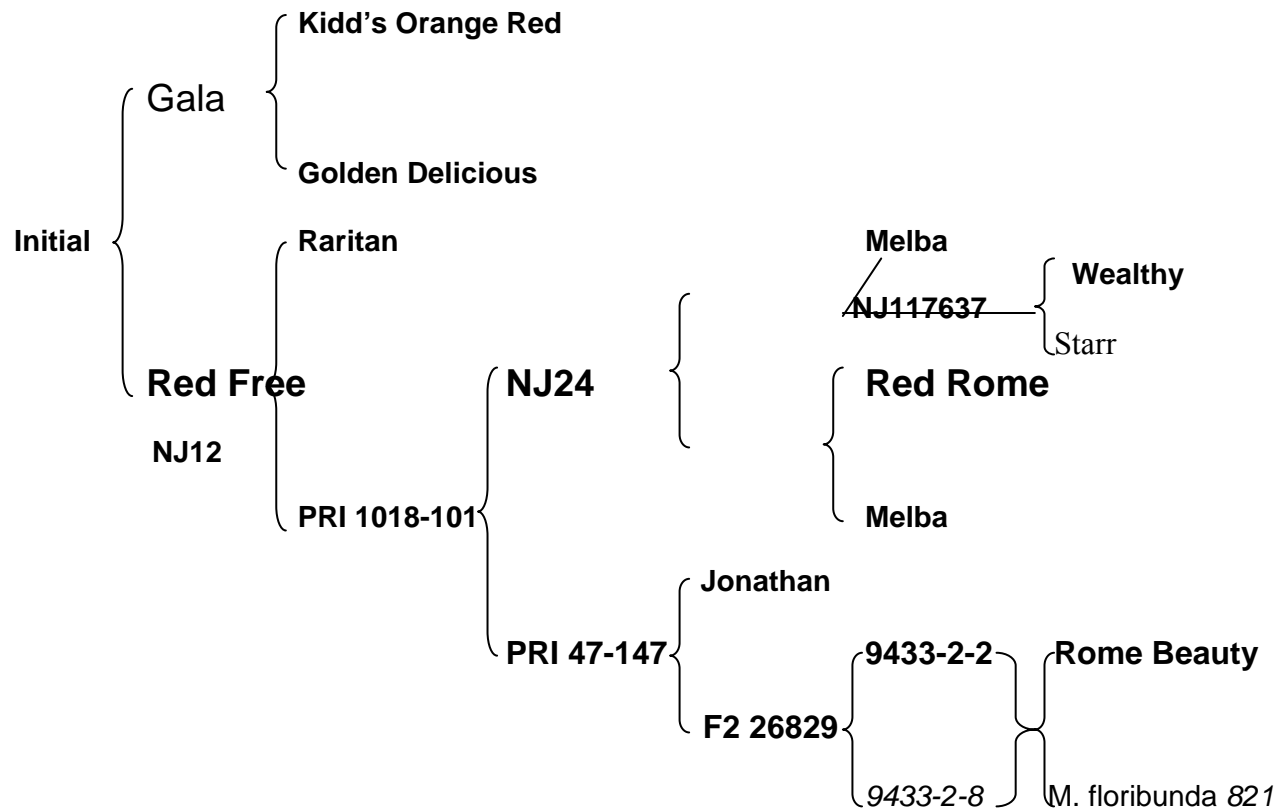


Figure 1. Généalogie d'Initial

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 répandue dans les vergers du Nord de l'Europe (Hollande, Allemagne, Suisse, France) ; des souches de race 7 ont également été décelées en 1995 en Normandie (Parisi et al, 2000) et dans le nord de la France (Stievenard, Parisi, communications personnelles).

L'INRA d'Angers a coordonné un programme de recherche européen, D.A.R.E. (Durable Apple Resistance in Europe, 1998-2002), qui visait 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. De nombreux résultats ont été obtenus dans le cadre de ce projet, 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 considérées comme des sources de résistance utiles dans les croisements.

D'autres retombées concrètes de ce projet affecteront 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.

Les travaux de recherche menés sur la qualité organoleptique des fruits

Les travaux réalisés depuis 2000 dans le cadre d'un projet régional financé en partie par la Région Pays de Loire permettront de donner des bases de travail pour l'améliorateur en ce qui concerne, d'une part, la recherche des critères de caractérisation les plus pertinents de la qualité, mais également, en caractérisant un grand nombre de variétés pour repérer de potentiels géniteurs pour les futurs croisements. Ce projet a débuté il y a quatre ans ; il implique cinq partenaires qui partagent des compétences et des savoir-faire complémentaires : INRA Angers (mesures instrumentales, histo-cytologie, diversité génétique, génétique, génomique), Enitaa-INRA Nantes (Spectroscopie visible et proche infrarouge-V-PIR, chimiométrie), ESA Angers (analyse sensorielle, mesures instrumentales), INH Angers (histologie, Spectroscopie visible et proche infrarouge, modélisation des facteurs de variabilité); INRA Rennes (analyses biochimiques des parois cellulaires).

Les études ont principalement été orientées sur la texture. Elles sont basées sur quatre approches: i) mesures instrumentales destructives (pénétrométrie, compression) et non destructives (Spectroscopie visible et proche infrarouge-V-PIR, sonométrie), ii) analyse sensorielle, iii) analyses histologiques et iv) biochimiques au niveau des parois cellulaires. Les études histologiques ont permis de mesurer de nombreux paramètres cellulaires et intercellulaires. Les analyses biochimiques ont permis d'évaluer la teneur et l'extractibilité des pectines des parois cellulaires, mais également, de mesurer l'évolution des composés phénoliques au cours du développement et de la maturation des fruits. Les expérimentations ont été réalisées à la fois sur des variétés commerciales, mais également, sur des variétés locales françaises exprimant une large gamme de diversité.

Des résultats préliminaires mettent en évidence de très bons niveaux de corrélation entre quelques paramètres sensoriels (finesse de la chair, croquant, fondant) et certains paramètres extraits des courbes de pénétrométrie et de compression. Certaines mesures instrumentales non destructives (sonométrie, Spectroscopie Proche Infra Rouge) semblent également pouvoir prédire quelques critères sensoriels de qualité (croquant, justosité, ...).

Les résultats de ces travaux sont dorénavant et déjà mis à profit dans le cadre d'un nouveau projet européen, HiDRAS (High-Quality Disease Resistant Apples for a Sustainable agriculture) qui a débuté en janvier 2003 et qui vise à une meilleure compréhension des mécanismes génétiques impliqués dans l'élaboration des différents paramètres de la qualité.

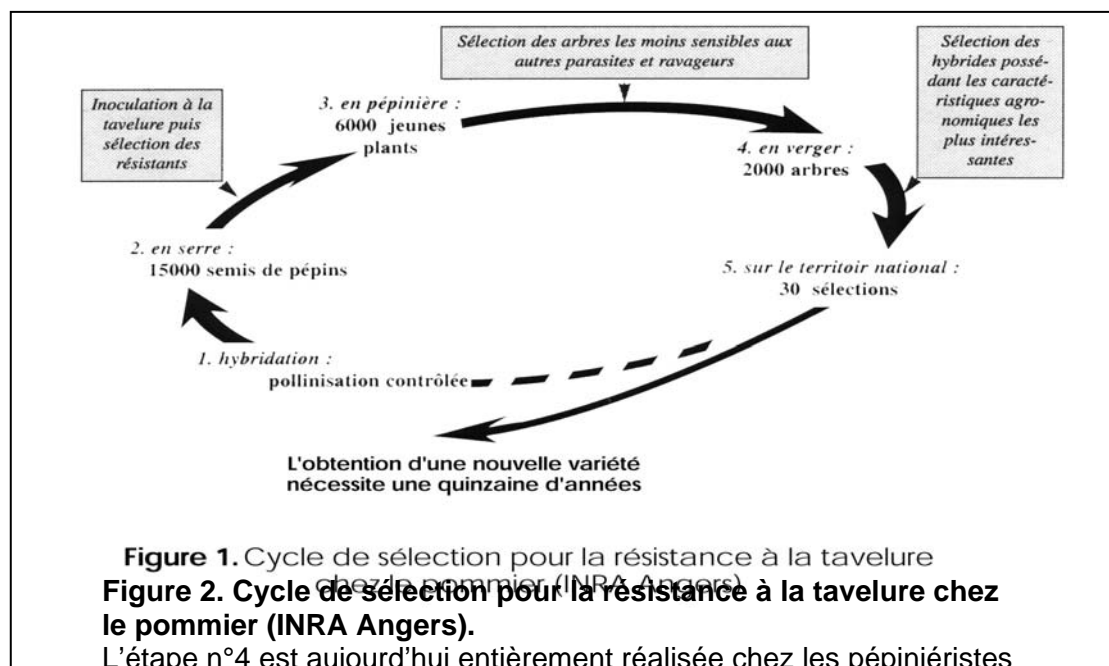
Les recherches sur l'architecture de la branche fruitière et de l'arbre

Une collaboration étroite est développée avec l'unité INRA Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières de l'UMR BEPC 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). Les études architecturales et morphométriques menées par cette équipe sur les principales variétés commerciales mettent en évidence l'importance de critères importants pour rendre compte de la régularité de production : le phénomène d'extinction, le volume de la bourse fruitière, le caractère « un fruit/inflorescence ». L'approche de modélisation est également développée pour expliquer les processus de formation des arbres. Les travaux s'orientent aujourd'hui, sur le plan génétique, par l'étude des ségrégations de ces divers caractères dans des descendances de croisement. L'objectif appliqué de ce travail est la recherche de critères pour sélectionner de façon fiable des variétés productives et régulières en rendement.

2- Le schéma de sélection (Laurens et Pitiot, 2003)

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.



La Figure 2 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 récoltés 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.

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. Les deux premières variétés de cette gamme sont 'Ariane' et 'Doriane' issues des programmes de création variétale de l'INRA.

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.

CONCLUSIONS-PERSPECTIVES

Les nouveaux efforts de recherche développés au niveau européen sur la qualité des fruits combinés aux avancées déjà obtenues dans le domaine des résistances devraient permettre de donner des outils plus performants à l'améliorateur pour atteindre son objectif final qui est la création de nouvelles variétés de pommes résistant durablement aux bioagresseurs et de très bonne qualité gustative.

L'ensemble des caractéristiques travaillées à l'INRA d'Angers –qualité, résistance, régularité de production- font des hybrides issus des programmes d'amélioration génétique, des variétés potentiellement bien adaptées aux besoins de l'agriculture biologique.

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

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., 2003. French Apple Breeding Program : A New Partnership between INRA and the Nurserymen of Novadi. *Acta Hort.*, ISHS 2003. 575-581.

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

LA CREATION DE VARIETES FRUITIERES RESISTANTES AUX PEPINIERES DELBARD

Fruits à pépins

G. DEVILLARD
Pépinières Delbard

Historique du programme résistance à la tavelure :

Le programme de création variétale fruitière, **initié par Georges Delbard en 1950**, a conduit à la mise sur le marché de variétés de pommier à partir de 1973, parmi lesquelles :

Delbarestivale® delcorf

Primgold® deljeni

Delbard Jubilé® delgollune

Régali® delkistar

Festival® delorgue

Tentation® delblush

La sensibilité des variétés à la tavelure a suscité la mise en œuvre **dès le début des années 80** au verger expérimental Delbard d'un programme spécifiquement destiné à la création de variétés résistantes.

Un gène majeur de résistance (Vf) a été mis en évidence en 1944 chez une lignée de *Malus floribunda* clone 821. L'introggression de ce gène dans des variétés a débouché sur une première génération de variétés résistantes (Prima®, Priam®). L'INRA a été particulièrement actif dès cette première étape en mettant sur le marché, dès la fin des années 70, Quérina® florina. Ces variétés ont été introduites très rapidement au verger expérimental Delbard et utilisées en tant que géniteurs.

Baujade®, pomme verte résistante créée par l'INRA, a représenté également une source de résistance majeure.

Harmonie® delorina (Blushing golden® grifer X Quérina® florina) a été la première variété résistante créée par Delbard, inscrite en 1992.

De nombreuses autres variétés résistantes ont suivi parmi lesquelles :

Deljona (Florina X Stark Jongrimes), pomme d'été colorée

Delflopion (Champion X Florina), bicolore époque Royal Gala

Delfloga (Tenroy X Florina), rouge clair époque Golden

Deltana ((Golden Delicious X Grive rouge) X Florina), type Braeburn

Delfloki ((Golden Delicious X Grive rouge) X Florina), rouge lumineuse très tardive.

Parmi les autres géniteurs résistants utilisés dans le programme de création, on peut citer également Freedom®, Liberty®, Goldrush®, Initial®, Topaz®, Rewena®, Remo®, Retina®.

Programme actuel :

Chaque année **une vingtaine de croisements différents** sont réalisés, représentant environ 200 corymbes de 5 fleurs pour chacun. En moyenne **10 000 pépins** sont récoltés et semés.

Une sélection précoce pour la résistance à la tavelure est appliquée en serre au stade 3-4 feuilles. Une inoculation artificielle est réalisée en conditions partiellement contrôlées. L'inoculum est préparé à partir de feuilles récoltées sur arbres sensibles et représente un mélange de races. La concentration est en moyenne de 350 000 conidies par ml.

En fonction de l'étalement de la levée des semis, une deuxième inoculation peut être réalisée de façon à ce que tous les plants soient traités au même stade.

Les plants sélectionnés (survivants), près de **4 à 5 000** par an, sont plantés en pépinière pour grossissement et y restent 2 ans. Une sélection est faite sur le comportement végétatif ainsi qu'une observation complémentaire de la sensibilité à l'oïdium qui permet l'élimination de 5 à 20% supplémentaires.

Finalement, environ **1800-2500** plantes résistantes sont greffées individuellement pour trois observations en moyenne de la fructification (**5 années de végétation**). C'est à ce stade qu'intervient la sélection la plus sévère, prenant en compte la qualité gustative, seuls une vingtaine d'hybrides en moyenne sont retenus.

Ces **20 hybrides** sélectionnés pour leur qualité sont alors greffés en parcelle par trois arbres pour une sélection finale, ils seront observés encore pendant 5 ans et les meilleurs seront envoyés en expérimentation extérieure.

Tout cela aboutit au lancement commercial **d'une variété tous les 3 à 5 ans**.

Il faut au total **15 à 20 ans entre l'hybridation et le lancement commercial** d'une variété.

En matière de **conduite phytosanitaire**, nous cherchons à laisser s'exprimer les maladies afin de pouvoir juger de la sensibilité des hybrides, et nous intervenons chimiquement pour maintenir la plante dans un état suffisamment correct pour pouvoir juger la végétation et obtenir des fruits observables. Nous sommes donc en permanence sur le fil du rasoir, d'autant plus que nous avons une multitude de génotypes différents ce qui génère une forte pression (également due aux conditions de l'Allier).

Pour la tavelure, nous réalisons 2 à 3 traitements.

Nous avons une forte pression oïdium (1 traitement au printemps, puis en Mai-Juin).

Pucerons : Traitement d'hiver puis 1 traitement en végétation.

Araignées rouges et acariens : globalement forte pression.

Si pour la tavelure, nous avons une méthode assez fiable de sélection par inoculation, il n'en est pas de même pour l'oïdium. Sa biologie est mal connue et l'on ne sait pas le cultiver de façon fiable. La sélection ne peut se faire que par observations pluriannuelles au champs. Des études des services de recherche sur ce pathogène seraient fort utiles.

Perspectives pour le programme :

Résistance à la tavelure :

La résistance conférée par le **gène Vf** a montré rapidement un contournement par des isolats de *Venturia inaequalis*. Ce problème d'instabilité de la résistance, mis en évidence dès 1983, touche non seulement les premières variétés créées mais aussi certaines plus récentes. Cependant les variétés montrent des sensibilités différentes aux races isolées.

D'autres gènes majeurs de résistance ont été trouvés dans d'autres espèces sauvages :

Le **gène Vr** est ainsi issu de *Malus x pumila* R 12 740 7a.

La résistance est sous le contrôle de 2-3 gènes majeurs et de quelques gènes mineurs. Elle se retrouve dans quelques variétés résistantes créées à la station de Pillnitz : variétés de la série des Re-...

Le **gène VA** est issu de *Antonovka kamienna* et a été introgressé dans une variété (Reglindis®) créée à Pillnitz.

La combinaison de ces différentes sources de résistance offrira dans le futur une plus grande chance de stabilité de la résistance.

Dans le cas de la tavelure, une autre source de résistance a également été mise en évidence, chez un certain nombre de variétés : la **résistance de type polygénique**, c'est-à-dire contrôlée par un nombre important de gènes indéfinis dont chacun n'a qu'un poids faible dans la résistance finale. Elle représente à terme une source durable de **tolérance** sinon de résistance. En conditions expérimentales d'inoculation par des races pures, c'est un type de résistance à spectre large. Plusieurs variétés présentent déjà ce type de tolérance et constituent donc des candidats géniteurs intéressants (Firiki®, Discovery®, Alkmene, Ruben, Durallo di Forli, TN108). Dans certains cas, cette résistance polygénique masque également une résistance majeure (Durallo di Forli, Discovery®).

Plusieurs variétés Delbard présentent un bon niveau de tolérance à la tavelure :

Delbard Jubilé® delgollune (Golden delicious® X Lundbytrop®) bicolore peu sensible également à l'oïdium,

Deljuga (Royal Gala® X Delbard Jubilé®), maturant entre Royal Gala® et Delbard Jubilé® ,

Delcoros (Delbard Jubilé® X Cox's Orange) gros fruit bicolore de pleine saison.

Cette tolérance est certainement la piste la plus intéressante pour l'avenir. La difficulté est qu'actuellement nous n'avons pas de moyens fiables et rapides de la déceler et de la mesurer. Cela se fait au champs et souvent après plusieurs années d'observation.

C'est bien après son lancement commercial que Delbard Jubilé®delgollune a révélé son bon niveau de tolérance.

Nous n'avons aucun outil pour mesurer cette tolérance au stade plantule et actuellement avec les techniques d'inoculation que nous utilisons, il est fort possible que nous éliminions de nombreux sujets tolérants.

Nous sommes demandeurs auprès de l'INRA de la mise au point d'une technique d'inoculation adaptée.

La combinaison de variétés présentant des résistances majeures avec des variétés tolérantes polygéniques représente également une perspective intéressante.

Bien sûr, le mode de conduite et la structure du verger sont des pistes de travail pour réduire la pression de pathogène et peuvent permettre à des variétés de différents niveaux de résistance de trouver leur place au verger. Delbard participe à un essai dans ce sens avec le GRAB et l'INRA d'Avignon.

Résistance combinée à plusieurs pathogènes:

La combinaison de résistances ou de tolérances différentes est à terme un autre objectif. Plusieurs variétés présentent déjà de multiples résistances majeures et/ou polygéniques. C'est le cas pour plusieurs variétés de la série Re- de Pillnitz :

Remo®, Rewena®, Rebella® et Reanda® présentent à la fois une résistance à la tavelure, à l'oïdium et au feu bactérien. Ces variétés ont été intégrées en tant que géniteurs dans notre programme pour l'obtention de résistance multiple.

Importance d'une collection variétale:

La recherche de résistance de type polygénique offre de bonnes perspectives et nécessite une évaluation de variétés connues pour cela et parfois anciennes. Un tel programme ne peut donc aller de pair qu'avec l'introduction régulière de variétés et le maintien d'une collection large. C'est le cas au verger expérimental des pépinières Delbard.

Autres aspects :

Certaines qualités, non directement liées à la sensibilité aux maladies peuvent se montrer intéressantes pour réduire l'usage de produits phytosanitaires. C'est le cas par exemple de la faculté de certaines variétés à s'éclaircir naturellement et à ne conserver qu'un fruit par corymbe.

Cybèle@delrouval, variété Delbard, présente cet avantage et nous l'utilisons régulièrement dans nos croisements.

Critères de sélection :

Les Pépinières Delbard sont reconnues pour la **qualité gustative** des variétés qu'elles ont sélectionnées. Ce critère a toujours primé sur tous les autres, et restera notre premier critère d'évaluation. C'est un parti pris que nous a inculqué Georges Delbard. Un pommier n'a d'intérêt que si les pommes qu'il produit sont bonnes et que le consommateur se régale.

La qualité gustative est une donnée génétique intrinsèque à la variété. Toutes les techniques de conduite de l'arbre et de conservation du fruit ne servent qu'à maintenir cette qualité gustative mais en aucun cas ne peuvent l'améliorer.

Il s'agit de mises aux points techniques qui peuvent trouver une solution selon les conditions pédoclimatiques et avec une meilleure connaissance de la variété.

Nous n'avons pas de conduite bio, ni la possibilité de le faire sur des carrés d'hybrides.

L'évaluation des variétés dans des conditions bio pouvant se faire par la suite en stations expérimentales. Il y a peut être un certain déficit dans ce secteur au niveau des stations expérimentales.

Les hybrides qui nous paraissent intéressants à Malicorne sont ensuite envoyés en expérimentation dans le réseau d'évaluation des variétés **CTIFL (Niveau 1 et Niveau 2)**, mais aussi dans les stations étrangères européennes et outre-mer, ainsi que chez nos licenciés étrangers.

C'est seulement après plusieurs années d'évaluation que nous pouvons avoir un jugement pertinent sur la variété.

Les Pépinières Delbard sont partie prenante du programme **Novadi**, qui regroupe l'INRA et la plupart des pépiniéristes français. Il s'agit de cofinancer un programme de variétés de pommiers résistants à la tavelure et d'évaluer dans un schéma commun de sélection toutes les variétés résistantes créées ou introduites en France par les membres de Novadi.

Les meilleures variétés bénéficiant d'une promotion commune sous la marque « Les Naturianes ».

Quel avenir pour ces variétés :

Les premières variétés mises sur le marché il y a plus de 10 ans, n'ont connu qu'un succès d'estime. Leurs qualités agronomiques et gustatives n'étaient pas encore suffisantes.

Depuis plusieurs années, plus de 80% de nos hybrides sont résistants, la qualité des variétés s'est nettement améliorée et devient comparable à celle des variétés de grande diffusion.

Les politiques de protection de l'environnement peuvent redonner de l'intérêt à des variétés qui étaient passées inaperçues jusque là :

Le gouvernement hollandais a donné pour objectif à ses services de recherche de mettre au point les techniques permettant de réduire l'usage des pesticides de 90% en 10 ans. Ce nouvel objectif a conduit la station de Wageningen à réévaluer sa collection variétale selon de nouveaux critères. Une de nos variétés en essai depuis plusieurs années s'est alors montrée très intéressante : bon niveau de tolérance à spectre large. Il s'agit de Delcoros, hybride entre Cox et Delbard Jubilé®. Un important programme d'essai est en place avec 8 vergers de 500 arbres et des implantations en culture biologique.

Si les résultats se confirment un lancement commercial pourrait avoir lieu prochainement, et la variété pourrait être introduite d'abord sur le marché des fruits bios.

Compte-tenu des coûts importants de création d'une variété, probablement entre 0,7 et 1 Million d'€, il faut un développement commercial d'envergure si l'on veut amortir ces coûts.

Le développement commercial nécessite également des moyens financiers pour positionner la variété et la faire connaître. D'où **la politique des Clubs variétaux** dont Delbard a été l'un des pionniers. Le but d'un Club est d'organiser le développement de la production en harmonie avec le développement commercial et de permettre et d'organiser une promotion de la variété. Mais la démarche de Club n'exclut pas, de notre point de vue, la segmentation et la diversité des circuits de distribution

On doit exploiter toutes les possibilités de marché pour valoriser au mieux le potentiel d'une variété.

La démarche classique est d'introduire une variété en agriculture traditionnelle et elle se développe ensuite éventuellement dans le secteur bio. Mais le raisonnement doit se faire variété par variété, en fonction de ces caractéristiques, et surtout de l'intérêt que chacun va lui porter.

La création variétale est une affaire de passion et de ténacité, il en est de même pour le développement des variétés : il faut avant tout des **partenaires motivés** et ayant un réel projet.

EFFET DE L'INOCULUM HIVERNAL ET DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES ATTAQUES DES MONILIOSES EN VERGER DE PECHER

V. MERCIER, H. GUELDRY, D. CHAUFFOUR
INRA UERI Domaine de Gotheron 26320 Saint-Marcel-lès-Valence

Résumé

Les monilioses représentent une des maladies du pêcher la plus difficile à maîtriser dans le cadre de l'Agriculture biologique. La production peut être entièrement détruite si des précipitations se produisent à l'approche de la récolte.

Les travaux de l'INRA du Domaine de Gotheron se situent au niveau d'une meilleure connaissance de la biologie des champignons responsables et sur l'étude des méthodes alternatives à la lutte chimique. Ces thèmes recoupent pour une grande part la problématique de l'Agriculture biologique.

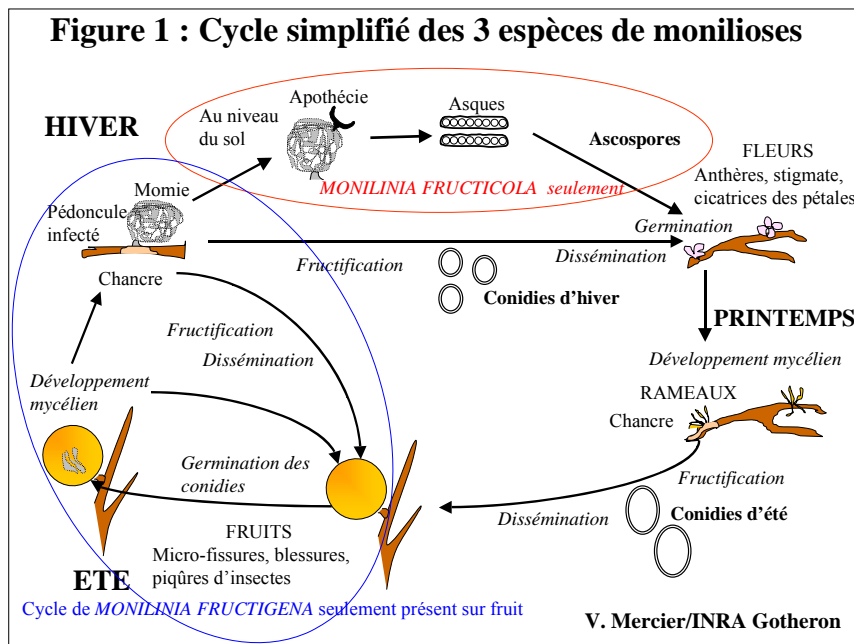
Après avoir précisé les périodes de sensibilités des pêches aux monilioses (Mercier et al, 2003), il a été décidé de quantifier l'effet de l'inoculum hivernal et des techniques culturales sur les attaques des monilioses au verger. Les résultats de 2003 montrent une réduction de 57 % des attaques sur les arbres où les momies et les chancres ont été supprimés par rapport aux arbres avec inoculum. De plus, la proximité des parcelles élémentaires des 2 modalités indique que la majorité des conidies des monilioses ne se déplace pas sur de longues distances (moins de 10 m). L'arrachage manuel a permis de diminuer très fortement les attaques de monilioses (77 %) par rapport à la taille classique. Par contre aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre l'irrigation par bilan hydrique plus tensiométrie et l'irrigation par Pépista.

Mots clés

Monilioses, pêcher, inoculum hivernal, techniques culturales

Introduction

En France, les monilioses sont causées par deux espèces de champignon, *Monilinia laxa* et *Monilinia fructigena*. En 2001, une troisième espèce *Monilinia fructicola*, organisme de quarantaine à la communauté européenne, a été identifiée dans le Gard, le Vaucluse et la Drôme. La grande majorité des dégâts sur fruits ou en conservation est due aux espèces *M. laxa* et *fructicola*. Les symptômes de ces 2 espèces sont caractérisés par des coussinets conidifères gris à marron alors que ceux de l'espèce *M. fructigena* sont caractérisés par des coussinets conidifères blanchâtres à jaunes et qui se développent souvent en cercle concentrique autour du point d'infection. En France, ces champignons se développent exclusivement sous forme asexué : l'organe de dissémination étant la conidie (Figure 1).



Pour la nouvelle espèce, *M. fructicola*, la forme sexuée (sous forme d'ascospore) est présente dans certains pays (Californie, Australie) mais elle n'a pas encore été mise en évidence en France.

Les monilioses constituent le principal verrou technique qui permet d'expliquer les faibles surfaces de pêcher conduit en Agriculture biologique recensées en 2002 (203 hectares en France, source Agence Bio, 2003). Très dépendant des conditions climatiques, le producteur biologique ne dispose pas de produits performants et peut perdre sa production si des précipitations se produisent avant la récolte.

Il est assez frappant de constater le peu de travaux que l'on retrouve dans la littérature sur l'impact de la suppression de l'inoculum sur les attaques de l'année. Seul Biggs et Northover (1985) décrivent le rôle des momies et des chancres en tant que source d'inoculum primaire de l'espèce *M. fructicola* dans un verger au Canada. Ainsi, il nous a semblé extrêmement important d'étudier cet impact dans un verger où les trois espèces de monilioses sont présentes. Dans le même sens, à notre connaissance, il n'existe pas de travaux sur l'effet des techniques culturales sur les épidémies de monilioses. Pourtant ces méthodes alternatives à la lutte chimique semblent jouer un rôle important sur les dégâts de monilioses, soit de manière directe pour diminuer l'inoculum du verger (taille des organes attaqués), soit de manière indirecte pour réduire les portes d'entrée aux champignons (raisonnement de l'irrigation) ou pour améliorer le microclimat de l'arbre (arrachage manuel qui permet d'augmenter la porosité de la couronne). Ce sont ces différents thèmes de recherche que nous étudions actuellement à l'INRA Domaine de Gotheron dans le but dans un premier temps, de donner des réponses précises aux professionnels, et dans un deuxième temps, d'alimenter un modèle décrivant les épidémies de monilioses (outil d'aide à la décision).

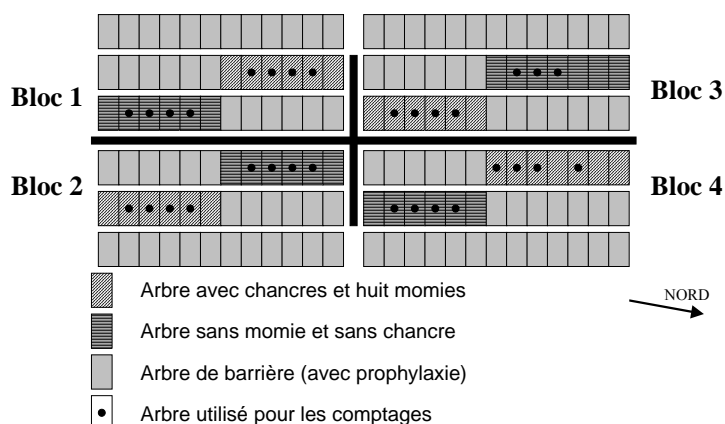
Matériel et méthodes

I. Impact de la suppression de l'inoculum sur les attaques de monilioses au verger

La nectarine plate à chair jaune, mésembrine a été utilisée pour cette étude.

Figure 2 : Impact de la suppression de l'inoculum sur les attaques de monilioses à la récolte

Dispositif expérimental :



Variété Mésembrine, distance de plantation 5 m X 3 m 90

Le dispositif expérimental est présenté sur la Figure 2.

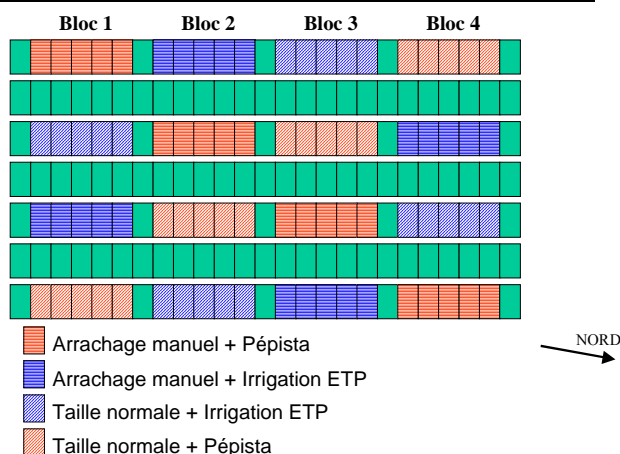
Le facteur inoculum (chancre et momies) avec 2 modalités : supprimé ou non supprimé a été étudié. Pour la modalité sans inoculum, les momies ont été supprimées, et les chancres recouverts par du ruban adhésif afin d'éviter la dissémination des conidies. Pour l'autre modalité, les chancres ont été maintenus à l'air libre, et huit momies ont été laissées sur les arbres pour que la répartition de l'inoculum soit homogène. Les arbres de barrière ont également subi une suppression de l'inoculum. Le verger est conduit en conventionnel et n'a pas reçu de traitement fongicide contre les monilioses sur fruits.

II. Effet des techniques culturales sur les épidémies de monilioses au verger

La nectarine à chair jaune, nectaross a été le support de l'expérimentation. Le dispositif expérimental a permis de tester 2 facteurs (Figure 3) :

Figure 3 : Effet des techniques culturales sur les épidémies de monilioses

Dispositif expérimental : Essai en Bloc à deux facteurs, taille et irrigation



Variété Nectaross, distance de plantation 5 m X 3 m 90, micro-aspersion

- système de conduite avec 2 modalités : taille classique et arrachage manuel,
- irrigation avec 2 modalités : raisonnée (bilan hydrique + tensiométrie) et pilotée par Pépista.

Il convient de préciser que la technique d'arrachage manuel dérive de la conduite centrifuge sur pommier, et qu'elle est testée actuellement dans un objectif de qualité du fruit, par des agriculteurs pionniers du sud de la France avec l'encadrement du développement agricole et de l'INRA (Navarro et Plénet, 2002). Elle consiste, en avril, à supprimer toutes les pousses végétatives de la base jusqu'au 1/3 des charpentières ainsi que les pousses les plus vigoureuses sur le haut des charpentières. La méthode Pépista, mise au point par l'INRA permet de déterminer précisément les besoins en eau de la plante grâce à des capteurs micromorphométrique placés directement sur les charpentières (Huguet et al, 1992).

Le verger est irrigué par micro-jet, il est conduit en conventionnel et n'a pas reçu de traitement fongicide contre les monilioses sur fruits.

III Période de sensibilité des pêches aux monilioses

L'essai a été implanté sur une parcelle de pêcheurs de la variété Zéphir®, variété de nectarine blanche qui se révèle sensible aux monilioses au verger dans les conditions du Domaine de Gotheron à cause de la fragilité de son épiderme. Ce verger planté en février 1995 est irrigué par micro jet. Il n'a pas été traité contre les monilioses sur fruit lors de l'expérimentation et la présence des 3 espèces de monilioses a été vérifiée par la technique d'isolement au laboratoire en hiver 2001 et en été 2002.

Le principe de cette expérimentation est de permettre la contamination des fruits étudiés seulement pendant une période de temps donnée et de comparer ces périodes les unes par rapport aux autres en quantifiant les attaques de monilioses à la récolte. Pour cela, des sachets sulfurisés sont déposés sur les rameaux pour protéger les fruits des contaminations. Ces sacs sont perméables à l'eau mais ne laissent pas passer les conidies de monilioses. Chaque sachet contient 2 fruits qui ne sont pas en contact afin d'éviter au maximum les contaminations croisées.

En 2002, les sacs ont été posés au stade « petit fruit vert » puis ouverts et refermés pendant une période de temps représentant une séquence, régulièrement au cours de la saison. C'est pendant cette séquence de temps, variable de 4 semaines à 10 jours, que les contaminations peuvent avoir lieu. Enfin tous les sachets de toutes les séquences ont été réouverts après la date de récolte théorique pour quantifier les attaques.

IV. Analyse des données

Un comptage, avant la récolte, du nombre de fruits moniliés et du nombre de fruits total sur les 3 ou 4 arbres centraux de chaque parcelle élémentaire a permis de calculer l'incidence des attaques de monilioses pour chaque modalité.

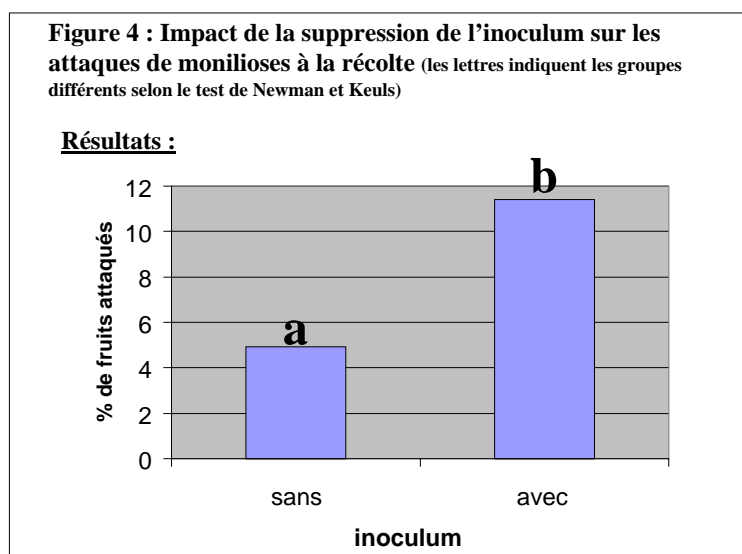
Le logiciel Manugistics Statgraphics a été utilisé pour réaliser les analyses de variance (ANOVA). Une transformation de la variable a été réalisée lorsque la normalité des résidus de l'analyse n'était pas respectée. Le seuil de 5 % de risque d'erreur a été choisi, soit un intervalle de confiance de 95 %, pour définir les différences significatives entre les modalités.

Pour l'expérimentation sur l'effet des techniques culturales, un suivi complémentaire, pendant la saison, a porté sur les fruits de 5 rameaux marqués par arbre sur 4 arbres par parcelle élémentaire. De la même manière, l'incidence a été calculée pour chaque date de contrôle. Les données de ce suivi ne peuvent pas donner lieu à une étude statistique car elles ont été relevées sur un seul bloc du dispositif expérimental. Elles sont visualisées à l'aide de courbes.

Résultats

I. Impact de la suppression de l'inoculum sur les attaques de monilioses au verger

La suppression de l'inoculum diminue les attaques sur fruits de 57 % par rapport aux arbres

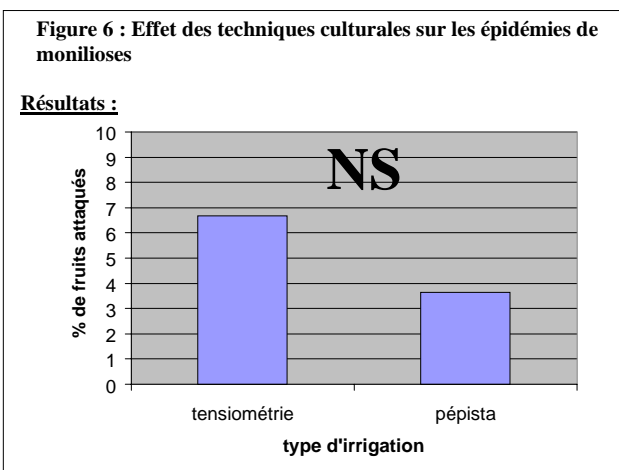
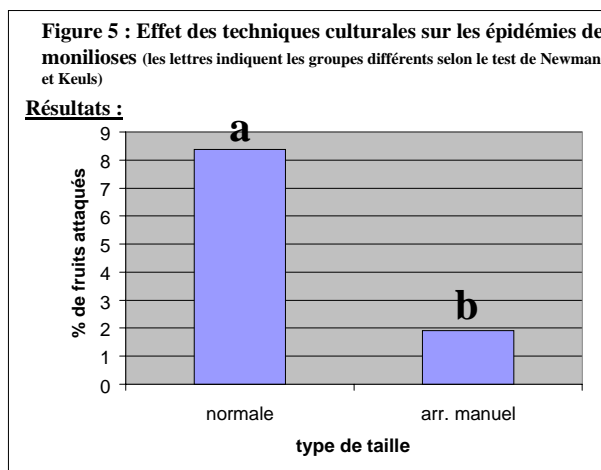


avec chancres et momies et cet effet est significativement différent, $p=0,049$ (Figure 4).

II. Effet des techniques culturales sur les épidémies de monilioses au verger

La conduite des arbres permet de réduire de 77 % les attaques de monilioses par rapport à la taille classique (Figure 5). Le pourcentage de fruits attequés par les monilioses est significativement différent entre les 2 modalités ($p= 0,0012$).

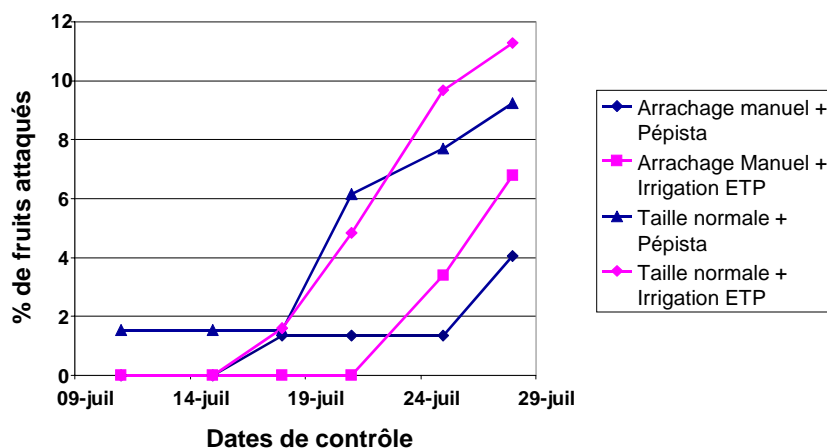
Par contre, les attaques de monilioses obtenue pour les 2 types d'irrigation testées ne sont pas significativement différentes (Figure 6).



Le suivi réalisé au cours de la saison sur un seul bloc donne des résultats similaires (Figure 7).

Figure 7 : Effet des techniques culturales sur les épidémies de monilioses

Résultats :



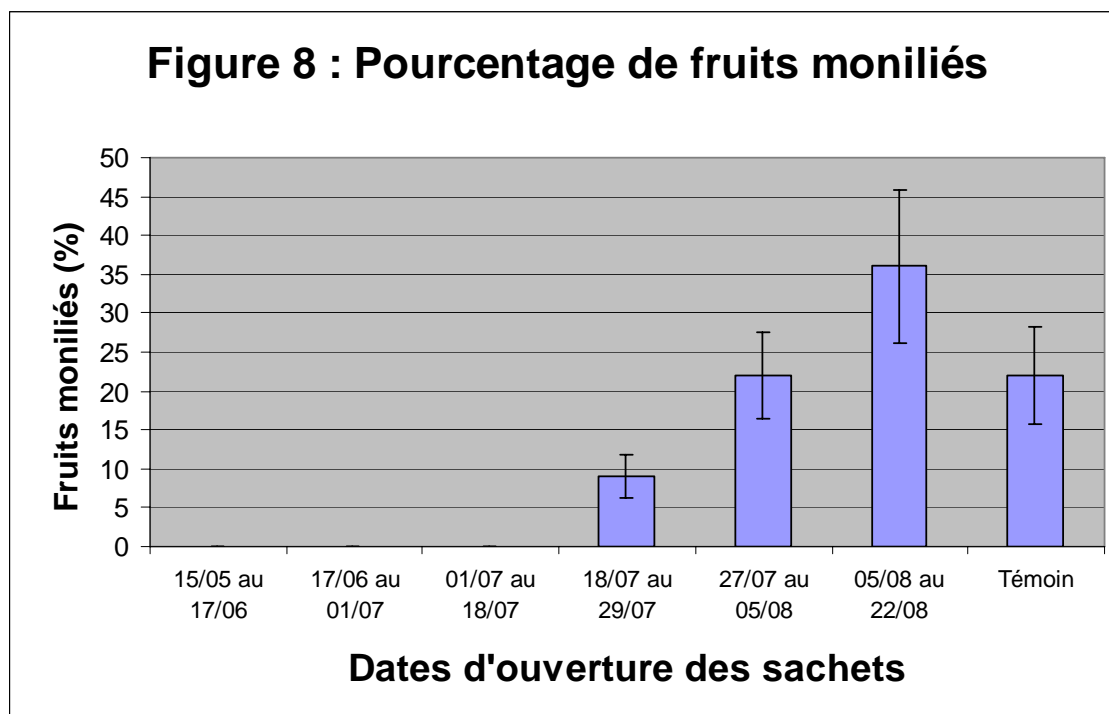
III Période de sensibilité des pêches aux monilioses

Tous les sachets ont été ouverts le 22 août, soit 10 jours après la première cueille (12 août). Sur les 616 fruits étudiés, 112 sont tombés au cours de l'expérimentation. Les multiples manipulations des rameaux ont occasionné des pertes importantes.

Les résultats obtenus sont les suivants (Figure 8) :

- Avant 24 jours de la récolte pas de contamination.
- De 24 jours à 14 jours avant la récolte : 9% de contamination.
- De 14 jours à 7 jours avant la récolte : 22% de contamination.
- De 7 jours avant à 10 jours après la récolte : 36% de contamination.

Figure 8 : Pourcentage de fruits moniliés



Il est à noter que les fruits des rameaux témoins (ouverts tout le temps) présentent un taux de contamination moins important que les fruits de la séquence 6 (ouverts du 5 au 22 août). Ceci peut être dû à 2 causes :

- les fruits présents dans les sachets ont souvent été manipulés ce qui a pu endommager davantage leur épiderme.
- sur les rameaux de la modalité témoin, la charge en fruits était beaucoup plus importante que sur les rameaux de la séquence 6. Ainsi, les fruits des sachets ont plus grossi ce qui a pu provoquer des déchirures plus importantes de l'épiderme et donc des fruits plus sensibles aux attaques par les monilioses.

Malgré cela, l'analyse statistique montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les 2 modalités (Figure 8).

Discussion

I. Impact de la suppression de l'inoculum sur les attaques de monilioses et effet des techniques culturales sur les épidémies de monilioses au verger.

Supprimer l'inoculum pendant l'hiver permet de réduire de 57 % les attaques à la récolte dans un verger sans traitement. Ce résultat montre l'effet de l'inoculum hivernal sur le développement de l'épidémie. En effet pendant la saison, il se produit plusieurs cycles biologiques des monilioses. L'enchaînement de ces cycles aurait pu masquer la différence de niveau d'inoculum du début de saison. Il n'en est rien, cela démontre très nettement l'importance de la suppression de l'inoculum d'hiver pour une gestion des contaminations des monilioses.

Dans la partie suppression de l'inoculum, l'incidence des monilioses est tout de même de 4,9 %. Deux hypothèses complémentaires peuvent être émises pour expliquer ces attaques :

- suppression de l'inoculum pas maîtrisée à 100%,
- inoculum venant des parcelles de l'autre modalité.

Le comptage réalisé avant la récolte ne permet pas de déterminer le poids relatif de chacune de ces hypothèses. L'expérimentation sera reconduite en 2004 et un suivi régulier (bi-hebdomadaire) au cours du mois avant la récolte pourra apporter des éléments de réponse.

Ces résultats montrent, tout de même, que la grande majorité des conidies des monilioses ne se déplacent pas sur de grandes distances. En effet, les parcelles élémentaires des 2 modalités sont situées à 10 m les unes des autres et malgré cette proximité, les attaques de monilioses sont bien plus faibles dans la partie sans inoculum.

L'expérimentation sur l'influence des techniques culturales montre l'effet important de la conduite de l'arbre sur les épidémies de monilioses et en particulier la conduite par arrachage manuel semble permettre une diminution importante des contaminations. Ce résultat doit être modulé, car en 2003, nous avons subi une attaque importante de tordeuse orientale dans le verger, et les attaques de monilioses relevées se sont développées en grande majorité à partir de dégâts de cet insecte. Ainsi, la question à se poser est la suivante, la conduite par arrachage manuel permet de diminuer les attaques de monilioses ou les attaques de tordeuse orientale ou encore ces 2 ennemis à la fois ?

Par contre, l'analyse des résultats ne permet pas de mettre en évidence une différence entre les types d'irrigation testés. Cela peut être expliqué, par des conditions climatiques exceptionnellement sèches et un arrosage par micro-jet pas forcément adapté à ces conditions. L'attaque de tordeuse orientale, déjà mentionnée, a pu rajouter un « bruit de fond » supplémentaire.

Cette expérimentation sera reconduite en 2004, avec un suivi de fruit en conservation, suivi qui n'a pas pu être exploité en 2003 à cause d'un orage de grêle juste avant la récolte (27 juillet).

Le suivi des contaminations pendant le mois avant la récolte permet de confirmer l'effet freinant de l'arrachage manuel sur les attaques de monilioses dans nos conditions d'expérimentations. Dans les parcelles conduites avec la taille normale, les dégâts de monilioses apparaissent plus tôt en saison et atteignent des niveaux considérables à la récolte (de 9 à 11 %).

De même que précédemment, les différences d'incidence des monilioses entre les modalités d'irrigation sont faibles et ne permettent pas de conclure sur l'effet d'un rationnement de l'irrigation.

Ce suivi permet de confirmer les périodes de sensibilité des fruits aux monilioses établies en 2002 (Mercier et al, 2003), décrites dans ce qui suit.

II. Période de sensibilité des pêches aux monilioses

Cette étude montre qu'il n'y a pas d'infection latente pour les espèces de monilioses. Les infections latentes peuvent être définies comme des contaminations qui se produiraient à la fin de la floraison ou sur le petit fruit vert et qui ne s'exprimeraient qu'à la maturité du fruit. Or nous n'avons eu aucune attaque de monilioses dans les sachets posés pendant le stade « petit fruit vert ».

La période de sensibilité des fruits apparaît réduite à 24 jours avant récolte. Les résultats de l'expérimentation indiquent que les contaminations sont beaucoup plus importantes à partir de moins 15 jours de la récolte par rapport à la période allant de moins 24 à moins 15 jours et cette différence est significativement différente. Cela montre une sensibilité plus forte des fruits à l'approche de la récolte.

Dans le cadre de l'Agriculture biologique, on peut définir 2 catégories de produits utilisés pour lutter contre les monilioses au verger en fonction de leur mode d'action différent : les fongicides et les complexes d'oligo-éléments. Au vu des résultats de l'expérimentation, les fongicides devraient être positionnés dans les 25 jours avant la récolte en essayant de bien cibler les 15 derniers jours. Par contre, les applications de complexes d'oligo-éléments devraient être réalisées avant cette période de sensibilité.

Remerciements :

Les auteurs remercient Stéphanie Rivière, Stéphanie Ambrosino et Thierry Deygas pour leur aide lors des comptages dans les vergers.

Références Bibliographiques :

- BIGGS A.R., NORTHOVER J., 1985 - Inoculum sources for *Monilinia fructicola* in Ontario peach orchards. Canadian Journal of Plant Pathology 7:302-307.
- HUGUET J. G. , LI S. H., PELLOUX G., LORENDEAU J. Y., 1992 - Specific reaction of fruit trees to water stress and irrigation scheduling automation. Journal of Horticultural Science 67 : 631-640.
- MERCIER V., FRACHON S., DEMOULIN G., 2003 - Monilioses : période de sensibilité des pêches au verger. Phytoma 558 : 38-40.
- NAVARRO E., PLENET D., 2002 - Taille en vert du pêcher : L'arrachage manuel précoce des pousses végétatives est-il une technique alternatives ? Réussir Fruits et Légumes 209 : 38 – 41.

STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES MOUCHES DES FRUITS : rétrospective & perspectives...

F. WARLOP – GRAB

Les mouches de l'olive (*Bactrocera oleae*) et de la cerise (*Rhagoletis cerasi*), ainsi que la cératite (*Ceratitis capitata*), font partie des ravageurs d'importance économique majeure ; si notre situation française n'est en rien comparable avec la situation de certaines régions tropicales (Réunion, Asie...) envahies par des dizaines d'espèces différentes, s'attaquant à tous les fruits connus, elle semble largement suffire aux arboriculteurs concernés par le problème...

Les pistes de contrôle des populations explorées jusque là et depuis près de 50 ans n'ont pas permis d'apporter les solutions adaptées au parcellaire français, caractérisé par des petites parcelles, sur des bassins de production relativement concentrés, ceci aussi bien en Agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle.

Cette déficience peut être expliquée en partie par

- une grande mobilité des adultes (comme les cicadelles), en rapport aux pucerons, par exemple,
- une fécondité importante : 200 à 300 pontes possibles par femelle,
- une larve en permanence dans le fruit, qui la rend peu exposée aux attaques extérieures ou aux insecticides.

Voici un tableau récapitulant les principales pistes travaillées au niveau international, et les conclusions globales pour chacune d'elles.

Stratégie	Espèce*	Conclusions
Lutte biologique	1-3	parasitisme aléatoire, espèces africaines non adaptées au climat
Piégeage massif	1-2-3	technique adaptée à de grandes surfaces (> 1ha), coûteuse en temps et moyens (achat, pose, retrait)
Stérilisation des mâles	1-3	Technique très lourde, exigeant des moyens nationaux
Travail du sol	1-2	Pas d'impact sur la réduction de l'émergence, effet trop marginal sur les populations
Insecticides	1-2-3	Pas de produit systémique (actif sur larves) ; adultes très mobiles, donc traitements souvent peu actifs Spinosad en cours de tests et homologation à venir
Confusion sexuelle	1-3	Non développée sur diptères, car inefficace

* 1 : mouche de l'olive / 2 : mouche de la cerise / 3 : cératite

Depuis 1997, un certain nombre de stratégies ont été testées au GRAB dans les conditions des vergers commerciaux.

Année	Espèce	Essai
1997	Cerise	Piégeage massif
1998		
1999	Olive	Travail du sol
2000		Inventaire de faune du sol
	Cerise	Spinosad en verger
2001		Olive
	Piégeage massif	
2002	Olive	Insecticides en laboratoire
		Inventaire de faune du sol
	Cerise	Travail du sol

Voici en substance nos conclusions quant à l'intérêt et aux limites (techniques ou économiques) de ces stratégies, pour des populations moyennes à fortes de ravageurs.

1. PIEGEAGE MASSIF

Technique largement développée sur olivier dans les principaux pays producteurs, elle a été maintes fois testée, à travers plusieurs types de matériels d'origines différentes (Espagne, Israël, Grèce...).

Globalement, la technique permet de réduire les populations, et de capturer un nombre impressionnant d'adultes. La capture intervient en outre parfois après la ponte, ce qui ne résout qu'une partie du problème !

Le piégeage peut donc apporter une réponse satisfaisante dans un certain nombre de cas :

- pression suffisamment faible pour que les captures entraînent une réduction significative des pontes et dégâts
- parcelle suffisamment grande pour limiter les « effets de bordure » qui génèrent une attraction forte des populations voisines, et une réinfestation dommageable
- parcelle de surface quelconque mais bien isolée de toute autre source d'inoculum
- coût de la pose inférieur au coût des pertes : ce coût est lié à plusieurs éléments : coût du matériel, temps de pose, nombre de pièges/ha, nombre de poses annuelles (1 ou 2), temps de retrait des pièges avant récolte...

Comparaison des coûts approximatifs pour différents matériels de piégeage (en euros), pour l'olivier

	Fructect	Rebell	Mouch'Clac	Adolive	Ecotrap
Origine	Israël	Suisse	France (84)	Grèce	Grèce
Attractifs*	1-2-3	1	1	2	2-3
Coût à la pièce (euros)	3	2	0.5	3	1
Nombre de poses recommandées sur olivier	1	1	1	2	2
Nombre de pièges / ha (200 arbres / ha)	200	400	400	80	200
Temps de pose & retrait / hectare	15 heures	10 heures	5 heures	3 heures	8 heures
Coût / hectare	750	900	250	400	500
Commentaires	Matériel réutilisable donc amortissable sur plusieurs années	Matériel réutilisable avec difficultés	Simple plaques souples peu adaptées au verger	Pièges réutilisables avec de la glu	Pièges utilisant une pyrèthrine de synthèse autorisée, non réutilisable

* 1 : chromatique / 2 : alimentaire / 3 : sexuel

NB : Ce tableau est incomplet, et ne tient pas compte de variations liées aux conditions locales de vol, d'exposition, de taille des arbres... Il doit donc être pris à titre indicatif uniquement.

La technique nous semble aujourd'hui limitée à quelques situations « privilégiées », où à des arboriculteurs amateurs entretenant peu d'arbres.

2. TRAVAIL DU SOL

Quatre essais ont été réalisés par le GRAB : 1 sur mouche de l'olive, 3 sur cerise (avec la SICA La Tapy).

Les interventions ont été réalisées au printemps, période de réveil biologique des pupes ; des cages d'émergence ont été installées de façon à compter toutes les semaines le nombre de mouches sorties des zones « témoin » et travaillées. Les trois premières années n'ont pas permis de piéger assez de mouches pour comparer les modalités.

Voici les résultats obtenus en 2002 :

Modalité	N° cage	13/5	21/5	27/5	3/6	10/6	17/6	24/6	5/7	total
Surface non travaillée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	5	0	0	0	0	0	0	5
	3	2	1	0	0	0	0	0	0	3
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	5	3	0	0	0	0	0	0	0	3
	6	6	0	1	1	0	0	0	0	8
	Total	11	6	1	2	0	0	0	0	20
Surface travaillée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	3	0	0	0	0	0	0	0	3
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2	2	1	0	0	0	0	0	5
	5	9	2	0	0	0	0	0	0	11
	6	3	3	0	0	0	0	0	0	6
	Total	17	7	1	0	0	0	0	0	25

Si les effectifs restent faibles en rapport aux attaques enregistrées (30%), ils montrent que le travail du sol ne semble pas influencer directement sur l'émergence.

En outre, la littérature (travaux d'Ernst Boller, FAW) indique que les facteurs de mortalité biotiques (parasitisme, prédation) ou abiotiques (gel, froid) entraînent une réduction des pupes de plus de 90% : un travail du sol efficace aurait-il alors assez d'impact sur la saison suivante, en supprimant quelques pourcents de plus ?

Cette technique fait sûrement partie d'un ensemble de pratiques prophylactiques (sortie des fruits piqués, aménagement de l'environnement...) à observer pour parvenir à réduire les dégâts sur son verger.

3. INSECTICIDES

Le Spinosad nourrit beaucoup d'espoir, depuis 3 ou 4 ans ; des essais ont été mis en place en Europe, sur grandes cultures ou vignes, mais aussi sur olivier ou agrumes (premiers fruitiers concernés par l'homologation).

Les bons résultats obtenus sur cératite ou mouche de l'olive, sur de grandes surfaces, et avec une formulation adulticide (attractif mélangé à un insecticide) sont encourageants.

Des essais en laboratoire menés par Enigma, prestataire pour le GRAB, confirment la bonne efficacité de cette protéine insecticide issue de la fermentation de *Saccharomyces spinosa* : deux formulations différentes (NAF-85 et GF-120), proposées par la firme ont été testées sur adultes, en boîtes de Pétri.

Elles ont été comparées à une référence efficace, la roténone.

Tableau 1 : doses utilisées

Modalité(l/ha)	Roténone	NAF-85	GF-120
Dose 1	0,15	0,01	0,6
Dose 2	0,3	0,02	1,2
Dose 3	0,6	0,04	2,4
Dose 4	1,2	0,08	4,8
Dose 5	2,4	0,16	9,6

Tableau 2 : efficacités obtenues

Efficacité (%)	ROTENOBIOL	NAF-85	GF-120	TEMOIN
Dose 1	47,8	100	81,25	35%
Dose 2	100	100	95	
Dose 3	100	100	95,2	
Dose 4	100	100	100	
Dose 5	100	100	100	

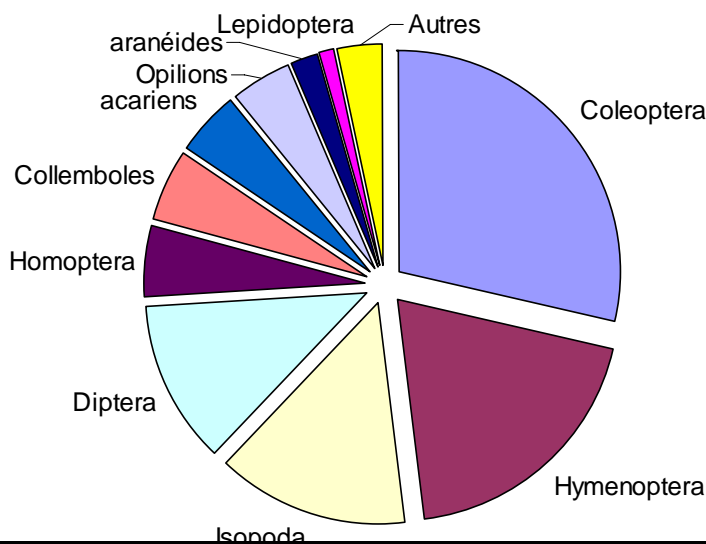
La question de l'acceptation du Spinosad au règlement 2092/91 de l'AB reste entière, et dépendra de la politique économique de la firme à s'intéresser à ce marché « de niche ».

4. INVENTAIRE DE LA FAUNE PRESENTE AU SOL

Cet axe constituait un premier pas dans la prise en compte de la biodiversité présente naturellement dans les vergers, pour l'exploiter et voir dans quelle mesure son action sur les pupes hivernantes pouvait être significative. Il complète notamment des petits essais de lutte biologique réalisés en partenariat avec la FREDON de Bretagne, avec deux espèces de staphylins (*Aleochara* sp.) très performants sur mouche de l'oignon et mouche du chou. Nous avons donc souhaité voir si ces mêmes espèces pouvaient « prédateur » (consommer) et parasiter les pupes de mouche de l'olive (les résultats furent plutôt décevants), et si ces espèces plutôt ubiquistes, étaient retrouvées dans les vergers méditerranéens.

20 pièges par verger ont été disposés, sur plusieurs vergers différents au niveau de leur enherbement (sol travaillé / non travaillé). L'identification des nombreux piluliers récupérés entre mai et novembre 2000, et à l'automne 2002 montre une relation directe entre l'enherbement, la diversité (nombre de taxons identifiés) et quantité (effectifs par taxon) : sur un sol nu, on retrouve essentiellement des fourmis, coléoptères ou opilions. Sur un sol enherbé, la répartition est plus large, et les effectifs fluctuent nettement moins.

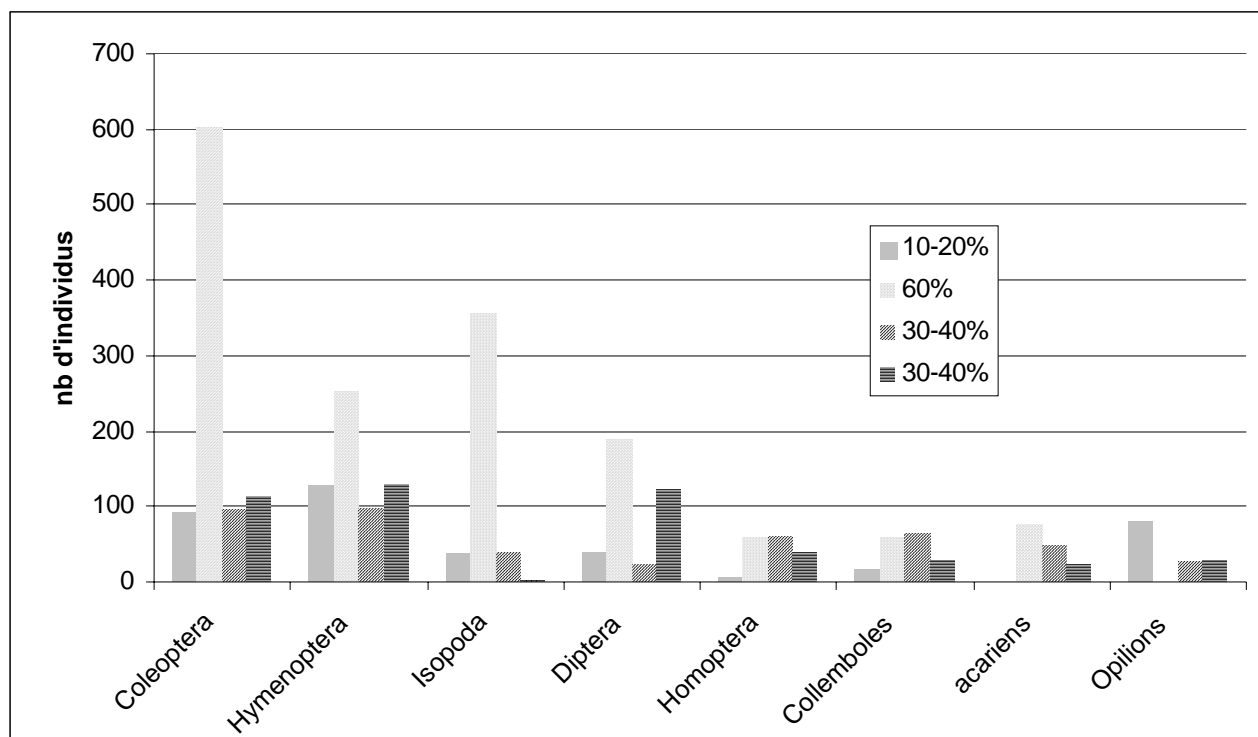
Répartition par ordre des invertébrés piégés, et par parcelle suivie



Les coléoptères capturés sont essentiellement des carabes et staphylins. Les hyménoptères sont surtout des fourmis, les genres d'hyménoptères parasitoïdes se trouvant rarement à même le sol.

Diversité collectée mise en relation avec l'enherbement constaté :

	Terres Blanches	Gourgonnier 1	Gourgonnier 2	Rousty
<i>% sol enherbé</i>	10-20%	30-40%	30-40%	60-80%
<i>nb d'individus récoltés</i>	432	497	590	1620
<i>Nb de taxons représentés</i>	88	85	104	107
<i>nb de familles</i>	52	55	63	61



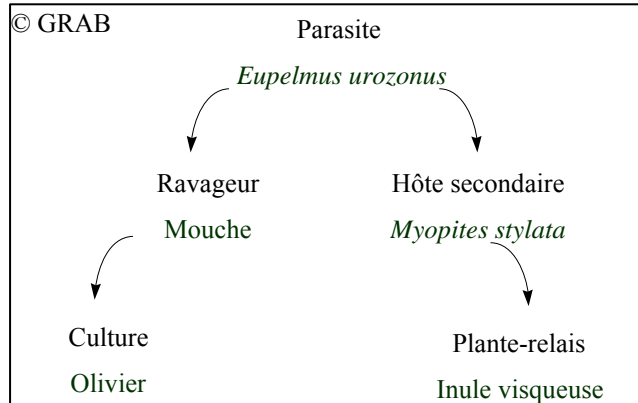
Le graphe ci-dessus présente les groupes les plus représentés sur les différents vergers, représentés par le taux d'enherbement en place au moment des piégeages.

Une fois ce travail effectué, il serait intéressant de mieux connaître les régimes alimentaires propres à chaque espèce ou famille capturée, afin de pouvoir mettre en œuvre des mesures favorisant les espèces les plus aptes à s'attaquer aux pupes de mouche : plantes-hôtes, gîtes...

Ce travail, très lourd à mettre en œuvre, relève encore une fois plutôt de la recherche institutionnelle, étant donnés les moyens exigés...

5. BIODIVERSITE AU VERGER

Les pistes présentées ci-avant constituent des pistes de court terme, indispensables pour les producteurs. Il convient toutefois de ne pas perdre de vue que le verger est un milieu arboré largement déséquilibré (cf. encadré), et que les solutions ayant recours à des intrants ne peuvent rétablir un déséquilibre.



L'intensification de l'oléiculture constatée dans les grands bassins de production n'est pas dénuée d'impacts environnementaux, paradoxalement aux clichés qu'on veut bien mettre en avant. Un rapport conjoint du WWF et de la Birdlife International¹, daté de 2001, alerte les décideurs des dégâts encourus par l'oléiculture moderne : érosion irrémédiable des sols (80 millions de tonnes de sol perdus chaque année pour la seule Andalousie), appauvrissement et désertification, lessivages et pollution des nappes, disparition de la flore et de la faune indigènes...

La concentration d'une telle production sur des milliers d'hectares favorise également la concentration des bioagresseurs de l'olivier. Dans un tel contexte de monoculture (en général pas plus de 2 variétés par verger), avec un environnement réduit au strict minimum (sol nu, arbres), la lutte phytosanitaire doit forcément être très performante, systématisée, en dépit d'évolutions récentes en terme de raisonnement. Elle s'accompagne alors également de lourdes conséquences sur la maigre faune, neutre ou auxiliaire, éventuellement présente dans les vergers (invertébrés et vertébrés).

L'impact de la biodiversité végétale et animale sur la conduite du verger est une thématique de recherche beaucoup plus lourde et de longue haleine.

Elle est aussi intéressante qu'exigeante en compétences transversales : botanique, entomologie, écologie, ...

La littérature abonde d'observations naturalistes dès les années 20-30, qui peuvent aujourd'hui, en dépit d'une réorganisation importante de la systématique, nous permettre de redessiner sur le papier une partie (certainement très modeste) des relations trophiques et écologiques existant entre une culture, la flore et la faune d'un même biotope.

Le schéma ci-contre explique ainsi une infime partie du fonctionnement d'un écosystème, souvent inconnu donc complètement négligé.

L'exemple indiqué ici n'est qu'un cas mieux connu parmi tant d'autres qu'il nous appartient de découvrir ou redécouvrir, et si tant est que ces travaux puissent encore intéresser suffisamment la recherche institutionnelle...

Pour chaque culture et chaque ravageur qui y est lié, un cortège de prédateurs et de parasites existe, mais a été détruit par l'interventionnisme abusif dont nous avons fait preuve depuis 50 ans, à grands renforts d'insecticides durs. Nous avons perdu le sens de l'observation de terrain, qui faisait autrefois dire aux paysans qu'une plante (jugée aujourd'hui adventice) était utile, sans même pouvoir l'expliquer.

Le travail focalisé sur la mouche de l'olivier a permis d'identifier quelques espèces herbacées ou ligneuses, qui semblent d'importance écologique pour l'équilibre sanitaire de l'olivier (cf. schéma page suivante). Le même travail réalisé pour la cochenille noire et la teigne (ravageurs parfois aussi problématiques que la mouche) permet de compléter au besoin la liste des essences à associer.

Quelques questions restent néanmoins pertinentes :

- quel niveau d'efficacité peuvent atteindre ces parasites et prédateurs, dans un environnement peu perturbé ?
- combien de temps faut-il envisager pour retrouver un équilibre optimal ?
- quel est le niveau d'information éco-entomologique dont nous disposons aujourd'hui à ce sujet ?

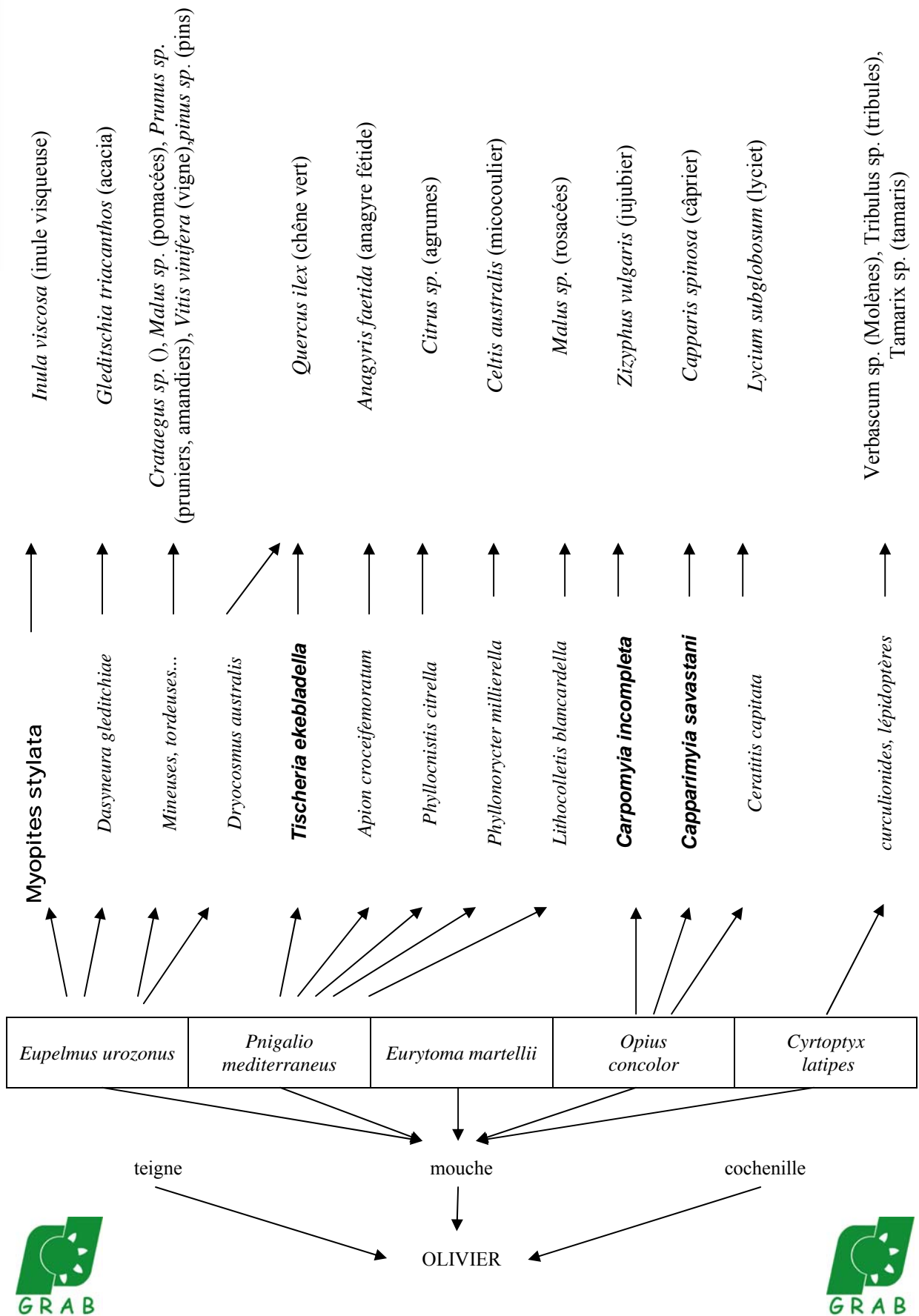
¹ Cf Arbo Bio Infos, octobre 2003

RAVAGEURS

PARASITES

PLANTES HC

HOTES SECONDAIRES



CONTRÔLE DE LA MOUCHE MÉDITERRANÉENNE DES FRUITS (*DIPTERA : TEPHITIDAE*) À TRAVERS DES STRATÉGIES DE PÉRIMÈTRE

A. VALL-LLEBRERA et V. PERDRIX

Opennatur, s.l. P.O. Box 485, 25080 Lleida Espagne

Résumé. La stratégie de périmètre, comme système de contrôle de *Ceratitis capitata* (Wiedemann), en Catalogne, est développée depuis le moment que l'on dispose de pièges secs, adéquats pour la capture, avec un attractif alimentaire de synthèse. Avec cet attractif, formé de trois composants, nous réussissons à capturer un pourcentage élevé de femelles fécondées, par rapport à d'autres systèmes de contrôle. Les dégâts obtenus dans les parcelles protégées avec ce système ont été inférieurs à 5%. Dans les parcelles témoin, les dégâts ont été considérables (30-40%). Des recherches futures seront axées sur l'amélioration des pièges, sur la durée des attractifs et le remplacement de l'insecticide employé (DDVP : 2,2-Dichlorovinyl dimethyl phosphate 10%), ainsi que sur l'étude de la sensibilité de chaque espèce et variété. Tout ceci facilitera l'emploi massif de cette stratégie de contrôle.

Mots-clés. *Ceratitis capitata*, stratégie de périmètre, piège sec, attractif alimentaire de synthèse, méthodes de contrôle.

Introduction. La mouche méditerranéenne, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), est une des causes les plus importantes des pertes économiques sur plusieurs espèces de fruitiers et de végétaux. On a décrit des dégâts dans plus de 300 espèces différentes. Leurs méthodes de contrôle ont été jusqu'à présent, chimiques, à travers de la pulvérisation d'insecticides. Malheureusement ces applications massives d'insecticides provoquent des problèmes écologiques, toxicologiques et de pollution. Une autre stratégie, plus récente, consiste en la libération de mâles stériles (SIT) (APHIS, Juny, 2000). Cette stratégie a été employée dans différents coins du monde. Cette méthode peut être efficace au début de l'installation d'une population mais, dans des lieux endémiques et vastes, on ne peut pas la considérer comme une protection appropriée.

Finalement on a employé de nombreux attractifs et pièges pour la capture d'autres espèces de *Tephritides*. On a réussi à obtenir un nouvel attractif, formé par 3 attractifs alimentaires de synthèse (acétate ammonique, putrescine et triméthylamine) (Ros et al., 1997) (Vázquez, 2000) qui augmente les captures de femelles de *Ceratitis capitata* (Wiedemann), par rapport aux attractifs à base de protéines hydrolysées liquides. De plus, on a l'avantage de travailler avec un système sec dans le piège. La complémentarité de l'attractif avec des pièges efficaces, et une petite proportion d'insecticide qui doit, obligatoirement l'accompagner (DDVP), nous a permis d'essayer différentes méthodes de contrôle, parmi lesquelles on trouve la stratégie périmétrale.

La méthode est basée sur des expériences (Papadopoulos, 2001), (Vall-Ilebrera et Perdrix, 2002) de colonisation par des mouches arrivant de l'extérieur de la parcelle. Si les caractéristiques des champs contigus sont, chaque année, similaires, la colonisation se produit sous les mêmes conditions. Par contre, la pression dépend de l'année. La détection des foyers de colonisation et leur pression, vont déterminer les actions subséquentes à suivre : On doit, surtout, renforcer le périmètre autour de ces points, pour éviter l'expansion dans l'exploitation. Dans le cas d'une pression très élevée, on conseille de faire un traitement insecticide (avec les produits autorisés dans chaque type d'exploitation) afin de réduire la population de mouche existante.

Matériel et méthodes. Essais préliminaires. D'abord, on fait des essais pour vérifier l'efficacité de plusieurs attractifs. On étudie différentes présentations des trois composants de synthèse (acétate ammonique, putrescine et triméthylamine), toujours avec le même piège (TEPHRI TRAP). Ces expériences se réalisent dans une propriété rurale de la ville de Flix, avec l'espèce de *pêcher* et la variété *Miraflores* (récolte moyen Septembre) (Vall-Ilebrera et Perdrix, 2001 i 2002). Les résultats sont présentés dans la Tableau 1.

Tableau 1. Essai comparatif de différents attractifs de synthèse pour femelles de *Ceratitis capitata*.

ATTRACTIFS	n	MOYENNE CAPTURES
Estandard	36	67,2 ±11,714c
A-1	36	60,1 ±11,714c
A-2	36	47,8 ±11,714b
A-3	36	9,1 ±11,714a

(Estandard) Biolure FRUIT FLY ; (A-1) Attractif 3 composants de synthèse; (A-2) Attractif 4 composants synthétiques; (A-3) Attractif 3 composants de synthès liquides.

Valeurs dans la même colonne suivis par la même lettre, ne sont pas significativement différents (test LSD, $p=0,05$ (SAS Institute, 1992)).

On a distribué uniformément les pièges dans la parcelle, en suivant les recommandations de divers essais (Ros et al, 1996^a) (Vall-Ilebrera et Perdrix, 2001). Les résultats sont présentés dans la Tableau 2. On fait le comptage des captures de femelles de *Ceratitis capitata* (Wiedemann), pendant la période comprise entre le placement des pièges et la récolte des fruits. Dans tous les cas, il y a un 30-35% des pièges qui représentent environ un 80% des captures. En conséquence, il y a des pièges avec une quantité de captures très basse (inférieures à 1 femelle de *Ceratitis capitata* par jour). Autrement, il y a des pièges qui ne

peuvent pas absorber la pression qu'ils reçoivent (captures supérieures à 15 femelles de *Ceratitis capitata* par jour).

Tableau 2. Résultats avec pièges massifs de *Ceratitis capitata*. Distribution uniforme des pièges.

CULTURE	PÉRIODE PLACEMENT	RÉCOLTE	PIÈGES/ha	DÉGÂTS	PRESSION*
Nectarine Fairlane	01/08 au 30/10	2 ^a Quinzena AOÛT	75	8,33 %	465 femelles/piège
Pomier Golden Smoothee	30/08 au 30/10	2 ^a Quinzena SEP.	75	< 1 %	338 femelles/piège
Pêcher Roig d'Albesa	04/09 au 30/10	2 ^a Quinzena SEP.	75	< 1 %	114 femelles/piège

* Captures moyennes accumulées par piège.

On emploie comme attractif un produit commercial, Biolure FRUIT FLY, formulé avec acétate ammonique (FFA), putrescine (FFP) et triméthylamine hydrochloride (FFT), (Biolure FRUIT FLY, SUTERRA LLC, 213 SW Columbia St. Bend, OR).

Les diffuseurs d'acétate ammonique et de triméthylamine sont fabriqués avec une couverture rectangulaire (7,5 x 9 cm) et non perméable, en polyéthylène. Il y a une ouverture circulaire, de 3,5 cm de diamètre, avec une membrane « transpirable » qui permet la diffusion du produit. Le diffuseur de la putrescine est rectangulaire (8,5 x 5 cm), avec une ouverture de 5 mm. La durée de l'attractif est de 45 jours effectifs. L'insecticide employé est le 2,2- Dichlorovinyl diméthyl phosphate 10% (DDVP). Il est imprégné sur une bande rectangulaire (9 x 2,5 cm), en matériel plastique et poreux, placée dans le piège avec les attractifs de synthèse. La durée de l'insecticide est de 60 jours.

On a employé le piège TEPHRI TRAP, qui nous a permis d'obtenir les meilleurs résultats jusqu'à présent. On doit placer les pièges, amorcés, 15 jours avant que les fruits de la parcelle à protéger soient réceptifs (début de la récolte), et jusqu'à la fin de la récolte. On place, tout autour de la parcelle, un nombre déterminé de pièges, écartés 20-25 m, et un piège à l'intérieur pour constater l'efficacité de la méthode. Chaque piège est situé dans le dernier tiers de l'arbre (environ 2 m d'hauteur). Afin d'évaluer les dégâts au moment de la récolte, on analyse 1000 fruits/ ha (20 fruits/ arbre, et 50 arbres/ha, choisis aléatoirement). Dans la parcelle témoin on ne place aucun piège.

Les parcelles où sont réalisés ces essais sont de 1ha de façon générale.

Résultats. On constate que les captures sont significativement différentes selon la situation des pièges autour du périmètre de la parcelle. Elles sont plus importantes dans les zones où la mouche est déjà présente (infestations initiales) (Cohen et Yual, 2000) (Ros et al., 1996b). Le niveau de captures reflète la pression que nous avons, et nous permet d'adopter les mesures nécessaires pour le contrôle de la *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Avec des niveaux compris entre 1-5 femelles/jour (niveau bas), il n'est pas nécessaire de prendre aucune mesure de renfort. Entre 5-10 femelles/jour (niveau moyen), on doit renforcer la zone où se trouve le piège, en plaçant dans les lignes adjacentes 3 pièges en quinconce. Entre 10-15 femelles/jour (niveau haut), il faut placer 5-8 pièges supplémentaires, de manière similaire que précédemment. Dans le cas de captures supérieures à 15 femelles/jour (niveau très haut), on peut choisir entre renforcer la parcelle avec davantage de pièges (Production Biologique), ou faire un traitement chimique dans la zone de pression, afin de rabaisser les niveaux de population de mouches. Les dégâts, dans les parcelles protégées avec le système de périmètre, n'ont pas dépassé les 5%. Dans les parcelles témoin des essais, les dégâts ont été supérieurs à 40% (Vall-Ilebrera et Perdrix, 2002). Il faut mettre en relief que la plupart des dégâts se trouvent concentrés dans les zones de pression plus élevée. Par conséquent il est très important de déterminer leur position et d'en avoir un contrôle efficace postérieur.

Conclusion. La méthode de contrôle à travers les stratégies de périmètre s'est montrée très efficace, non seulement pour sa capacité de capture, mais aussi pour sa flexibilité: la quantité d'information qu'elle nous offre nous permet d'adopter les mesures nécessaires à chaque instant, et adaptées à nos conditions (Production Biologique, Production Intégrée, etc.). Elle nous permet aussi de localiser et de délimiter les zones avec un risque plus élevé, de quantifier la population de femelles de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) que nous avons à chaque instant et, par conséquent, les dégâts potentiels sur fruits.

Évidemment, on pourra améliorer l'efficacité de la méthode en cherchant des pièges plus efficaces en ce qui concerne leur capacité de capture. Dans des expériences réalisées récemment, où l'on a essayé plusieurs pièges (Vall-Ilebrera et Perdrix, 2002), on a obtenu davantage de captures : 25 à 35%. Les résultats sont présentés dans la Tableau 3. Il faut, aussi, mettre en relief, l'importance de l'amélioration de la capacité d'attraction (Casaña et al, 2001) et la durée des attractifs. Finalement, il est nécessaire d'arriver à conjuguer l'impossibilité d'employer le DDVP dans les exploitations de Agriculture Biologique, et le besoin de maintenir le potentiel de captures.

Tableau 3. Essai comparatif de différents pièges pour la capture de *Ceratitis capitata*.

PIÈGES	n	MOYENNE CAPTURES
Estandard	36	50,8 \pm 5,79021b
McPhail	36	33,5 \pm 5,79021a
Estandard-1	36	32,3 \pm 5,79021a
Estandard-2	36	65,6 \pm 5,79021c

Estandard: TEPHRI TRAP. Estandard-1 et Estandard-2 sont TEPHRI TRAP modifies

Valeurs dans la même colonne suivis par la même lettre, ne sont pas significativement différents (test LSD, $p=0,05$ (SAS Institute, 1992)).

Quel est le pourcentage de mouches attirées par le piège mais qui n'arrivent pas à entrer ? Ce pourcentage, est-il grand ?, est-il petit ? Quelles sont les solutions à adopter ? Quelles sont les caractéristiques du fruit (coloration, contenu de sucres, d'autres volatiles...) le rendant plus attrayant pour *Ceratitis capitata* ? Ce sont des défis qui, nous l'espérons, trouveront des réponses dans de futurs essais, et qui nous permettront d'améliorer la méthode, d'établir de nouveaux paramètres et surtout d'arriver à la rendre économiquement soutenable.

En 2004 seront testés, à la place du DDVP trois pyréthriinoïdes de synthèse : déltaméthrine, alpha-cyberméthrine et alpha-méthrine.

Remerciements.

À tous les propriétaires de parcelles dans lesquelles ont été menés les essais. Aux techniciens, engagés dans des contacts Entreprise-Université, sans lesquels il aurait été très difficile de mener à bien les innombrables journées de comptage en campagne et en laboratoire. Enfin, à M. Jesús Avilla et M. Ramon Torà, pour leur temps et leurs conseils.

Bibliographie.

Animal & Plant Health Inspection Service (Juni,2000). "La Mosca del Mediterraneo (Moscamed) Protección de Plantas y Cuarentenas".

Casaña, V.; Gandía, A.; Hernández, M.; Mengod, C.; Garrido, A.; Primo, J.; Primo, E. (2001). "Attractiveness of 79 Compounds and Mixtures to Wild *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Field Trials". Journal of Economic Entomology, vol. 94, núm. 4: p. 898-903.

Cohen, H.; Yuval, B. 2000: “Perimeter Trapping Strategy to Reduce Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Damage on Different Host Species in Israel”. Journal of Economic Entomology: vol. 93, núm. 3: p. 721–725

Papadopoulos, N.T.; Katsoyannos, B.I.; Kouloussis, N.A.; Hendrichs, J.; Carey, J.R.; Heath, R.R. (2001). “Early detection and population monitoring of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in a mixed-fruit orchard in northern Greece”. Journal of Economic Entomology, vol. 94, núm. 4: p. 971- 977.

Ros, JP.; Alemany, A.; Castillo, E.; Crespo, J.; Latorre, Y.; Moner, P.; Sastre, C.; Wong, E . (1996 a).”Ensayos para el control de la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* Wied. mediante técnicas que limiten los tratamientos insecticidas”. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, vol. 22, núm. 4: p. 703-710.

Ros, JP.; Garito, C.; Navarro, L.; Castillo, E. (1996 b). “Ensayos de campo de un nuevo atrayente de hembras de la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)”. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, vol. 22, núm. 3: p. 151-157.

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2001: “Ensayo captura masiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) en manzanos de la variedad Golden Smoothee”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2001: “Ensayo captura masiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) en nectarinas variedad Fairlane”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2001: “Ensayo captura masiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) en melocotoneros de la variedad Baby Gold 9 ”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2001: “Ensayo captura masiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) en perales de la variedad Flor de Invierno con estrategia perimetral”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2002: “Assaig comparatiu de diferents tipus de trampes per la captura massiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2002: “Assaig comparatiu de diferents tipus d’atraients per la captura massiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2002: “Ensayo captura masiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) en manzanos de la variedad Golden Smoothee”. Sin publicar

Vall-llebrera, A.; Perdrix, V.2002: “Ensayo captura masiva de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) en perales de la variedad Flor de Invierno con estrategia perimetral”. Sin publicar

Vasquez, L.A. (2000). “Comparacion de tipos de trampas y atrayentes para la captura de hembras de *Ceratitis capitata*”. Manejo Integrado de Plagas, vol. 56: p. 31-37.

Le Problème de *Metcalfa pruinosa* (Say)

F. Faivre d'Arcier *, J.-C. Malausa**, L. Giuge**, L. Belzunces*

*INRA UMR- INRA-UAPV

Ecologie des invertébrés

Laboratoire de Toxicologie Environnementale

Site Agroparc

84914 Avignon Cedex 9

** I.N.R.A. Centre de Recherches d'Antibes

Entomologie et Lutte biologique

1382 route de Biot

06560 VALBONNE

Résumé :

Metcalfa pruinosa (Say) est un ravageur très polyphage introduit accidentellement en France depuis 1985. La répartition géographique et les dégâts provoqués par ce nouveau ravageur s'amplifient d'année en année. De type piqueur-suceur, les larves et les adultes prélèvent la sève des végétaux provoquant un affaiblissement des plantes, la sécrétion d'un abondant miellat et l'apparition de fumagine. La lutte biologique avec le parasitoïde *Neodryinus typhlocybae* devrait à terme permettre de réguler les populations de *M. pruinosa*. Pour accélérer la dispersion du parasitoïde, des lâchers inoculatifs sont effectués dans les nouveaux foyers tout en sachant que l'impact sur la population du ravageur ne sera visible qu'après plusieurs années.

Mots Clés : *Metcalfa pruinosa* (Say), impact économique, lutte biologique, *Neodryinus typhlocybae*

1) Introduction

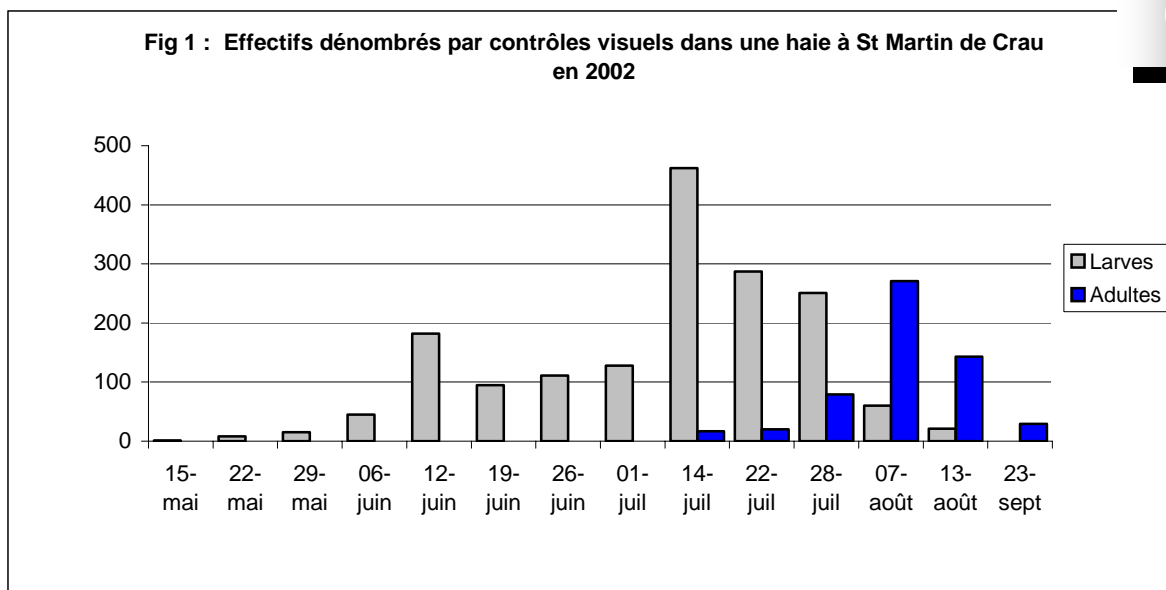
Metcalfa pruinosa (Say) est un Hémiptère de la famille des Flatidés, originaire de la zone néoarctique (du nord de l'Amérique centrale au sud du Québec). Il a été signalé pour la première fois en Europe à Trévise en Italie, en 1979, puis il s'est propagé dans tout le nord et le centre du pays. On le rencontre depuis quelques années sur l'ensemble de la péninsule italienne où il semble s'être dispersé en suivant les principaux axes routiers, les voies ferrées et les cours d'eau. La dissémination par les végétaux infestés est également une cause importante d'infestation de nouveaux sites. Il a été signalé pour la première fois en France en 1985, en Slovénie en 1990, et dans le sud de la Suisse en 1993. Depuis, son aire de répartition française ne cesse de s'étendre, il a atteint au nord la Bourgogne et vers l'ouest la frontière espagnole et l'Océan Atlantique. On peut donc s'attendre à ce qu'il continue sa progression et qu'il colonise l'ensemble de la France dans les années à venir.

2) Cycle Biologique

Cet Hémiptère communément appelé « la Cicadelle » ne développe qu'une seule génération par an. Les premières larves sont observées à partir de la mi-mai dans le Midi de la France (Fig 1). Cinq stades larvaires se succèdent dans le temps. Les larves, de couleur

blanchâtre, présentent un aplatissement dorso-ventral ; elles sont recouvertes d'une cire poudreuse et filamenteuse blanche secrétée par des glandes sécrétrices placées à l'extrémité de l'abdomen ainsi que par des pores présents sur tout le corps. Elles vivent à la face inférieure des feuilles et migrent sur les jeunes rameaux de l'année. Les adultes forment des chapelets dans les parties ombragées. Ces adultes, d'une longueur de 7 à 9 mm, apparaissent au début du mois de Juillet (Faivre d'Arcier et Malausa 1996).

Les œufs sont pondus à partir du mois d'août jusqu'à la fin du mois d'Octobre. Ceux-ci sont insérés dans les anfractuosités de l'écorce des troncs et des rameaux ainsi que dans les bourgeons de leurs plantes hôtes. C'est sous cette forme que les œufs passent l'hiver pour éclore de façon échelonnée l'année suivante.



3) Dégâts et incidence économique

Les larves et les adultes de *M. pruinosa* se nourrissent par prélèvement de la sève des végétaux qu'ils piquent. Ils produisent, comme beaucoup d'Hémiptères, une importante quantité de miellat qui provoque un développement de fumagine, lorsque la population est dense, les piqûres nutritionnelles entraînent un ralentissement de la croissance des végétaux. En verger, une certaine quantité de fruits peut être ainsi rendue non commercialisable (Chabrière *et al.* 1998).

Dans le Sud-Est de la France, les dégâts sont signalés sur les arbres fruitiers, sur la vigne ainsi que dans les jardins publics et privés (il a été identifié sur plus de 300 espèces végétales).

L'impact de ce nouveau ravageur sur l'économie est difficile à évaluer. Sur une exploitation, seuls les dégâts directs (perte de récolte), coûts des interventions phytosanitaires, de l'entretien des zones infestées... peuvent être chiffrés. Les dégâts indirects sont nombreux et difficiles à quantifier : affaiblissement des végétaux (avortement de bourgeons, réduction de l'activité photosynthétique, etc..), perte de qualité (pourriture acide sur raisin..), conséquences écotoxicologiques, (Faivre d'Arcier *et al.* 2001) perturbation des stratégies de lutte, gêne des particuliers et usagers des espaces verts..

4) Production de miel de miellat de *Metcalfa pruinosa*

Le miellat est attractif pour les hyménoptères et notamment pour les abeilles. Sur la Côte d'Azur et dans les Bouches-du-Rhône, les secteurs fortement colonisés deviennent des lieux de transhumance des ruches car les abeilles transforment le miellat en miel. Les apiculteurs produisent d'importantes quantités de miel de miellat de *Metcalfa pruinosa*. C'est

un miel doux et foncé, très prisé en Europe du Nord. Ce nouveau miel permet aux apiculteurs de Provence d'assurer une production en juillet-août, période durant laquelle des végétaux sont en fleurs. Les répercussions économiques sont donc particulièrement importantes.

5) Mise en œuvre de la lutte biologique

C'est à la suite des résultats encourageants obtenus grâce aux premiers lâchers de *Neodryinus typhlocybae*, tant en France qu'en Italie, que les équipes de l'INRA d'Antibes et d'Avignon ainsi qu'un réseau de techniciens mis en place au niveau national ont décidé de mettre en œuvre la diffusion de cet auxiliaire sur un plus large territoire (Malausa.1999) Le but de cette stratégie est d'accélérer la dispersion de ce parasitoïde qui reste naturellement relativement limitée durant les premières années qui suivent son introduction. Compte tenu des observations les plus récentes sur les capacités de dispersion à moyen terme du parasitoïde et du nombre d'individus à notre disposition pour cette opération, nous avons multiplié les sites de lâchers qui couvrent pratiquement toute la zone d'extension actuelle de *M. pruinosa* en France (Malausa *et al* 2001). La mise en place de cette opération concrétise donc l'espoir de voir un jour le parasitoïde *N. typhlocybae* jouer son rôle régulateur des populations de *M. pruinosa* en France. Les résultats obtenus nous encouragent à poursuivre et à accélérer ce processus de dissémination.

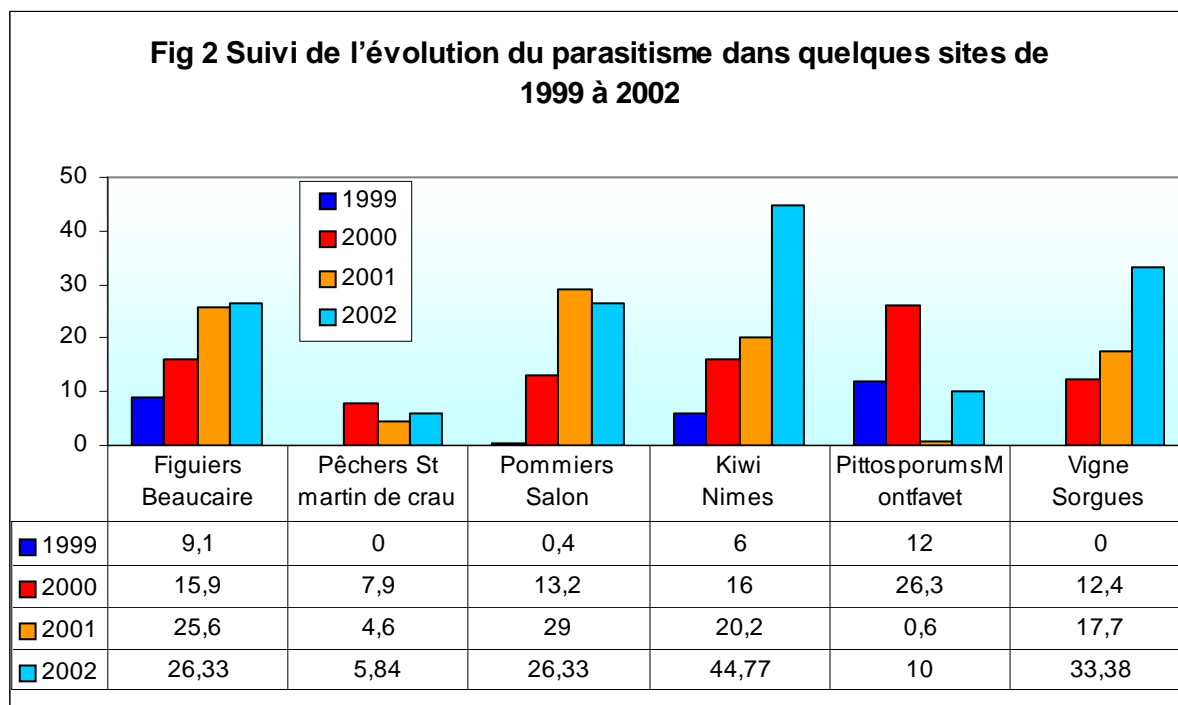
L'auxiliaire *Neodryinus typhlocybae*

Dès 1987, les premières prospections effectuées aux Etats-Unis par les chercheurs italiens ont permis d'isoler un hyménoptère de la famille des Dryinidae, *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead), parasitoïde mais également prédateur des larves de *M. pruinosa*. Plusieurs autres récoltes effectuées sur la côte est des Etats-Unis jusqu'en 1992 ont permis d'introduire en Italie plusieurs milliers d'individus de l'espèce. *N. typhlocybae* est un insecte à reproduction sexuée, mais il peut y avoir parthénogenèse arrhénotoque, les œufs non fécondés ne donnant dans ce cas que des mâles. Les femelles sont de taille supérieure aux mâles et se différencient de ces derniers par la présence, sur leurs pattes antérieures, de pinces caractéristiques leur permettant de saisir les jeunes larves de *M. pruinosa* dont elles se nourrissent. La femelle pond dans les larves de son hôte ayant atteint au moins le troisième stade. La larve du parasitoïde se développe dans une sorte de vésicule externe bien visible sur le côté de la larve de l'hôte, à proximité des embryons alaires. A l'issue de son développement, la larve de *N. typhlocybae* sort de son hôte et construit sous la dépouille de ce dernier, un cocon aplati plaqué le plus souvent sur la face inférieure d'une feuille. C'est dans ce cocon que la larve âgée hivernera, la feuille support pouvant tomber au sol dans le cas des végétaux à feuilles caduques ou bien rester sur la plante pour les végétaux à feuilles persistantes. Ce n'est qu'au printemps suivant que la larve se nymphosera et donnera naissance à un nouvel adulte. Toutefois, une partie des larves peut ne pas hiverner et se nymphoser immédiatement, sans arrêt d'activité, donnant une seconde génération de parasitoïdes adultes dans le courant de l'été.

Les Résultats

Les suivis effectués depuis 1999 nous permettent de confirmer l'installation du parasite dans la grande majorité des sites d'introduction. Nous pouvons voir sur la figure 2 qu'à St Martin-de-Crau, les haies bordant une parcelle de pêcheurs où de nombreux traitements phytosanitaires ont été effectués, *N. typhlocybae* est présent. L'auxiliaire a permis de réduire de façon significative les populations de *Metcalfa pruinosa* dans l'environnement et cela malgré un pourcentage de parasitisme faible. Sur les sites de Beaucaire, Salon-de-Provence, Nîmes et Sorgues, où aucun traitement phytosanitaire n'a été réalisé le taux de parasitisme croît régulièrement. Sur ces sites, les effectifs de *Metcalfa pruinosa* ont chuté ; nous citerons le cas de Salon-de-Provence sur la parcelle de pommiers conduite en agriculture biologique où, en 1999, *Metcalfa pruinosa* était responsable de 30 % de fruits tachés. Cinq ans après, l'agriculteur a estimé que seulement 2% des fruits présentaient quelques traces de fumagine.

Fig 2 Suivi de l'évolution du parasitisme dans quelques sites de 1999 à 2002



6) Conclusions

Metcalfa pruinosa est un ravageur très polyphage qui colonise déjà de nombreuses régions et la lutte chimique est rendue difficile car seuls les stades jeunes sont sensibles aux insecticides et remet en question toutes les autres stratégies de lutte (biologique, intégrée...).

La lutte biologique apparaît donc comme le meilleur compromis pour obtenir une maîtrise durable des populations du ravageur. Nous espérons accélérer fortement la dissémination du dryinide sur l'ensemble de l'aire de présence du ravageur en effectuant des lâchers inoculatifs en sachant toutefois que l'impact visible sur ses pullulations nécessitera plusieurs années.

Références bibliographiques

Faivre d'Arcier, F., Malausa, J.C 1996 **Le flatide pruineux *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) (Homoptera, Auchenorrhyncha, Flatidae.** Info Zoo Bulletin d'Information des Zoologistes de l'INRA (FRA) no. 11;9-12

Chabrière, C., Faivre d'Arcier, F.; Debras, J.F.; Malausa, J.C. 1998 ***Metcalfa pruinosa*, un ravageur en extension en région PACA.** Fruits et Légumes (FRA) no. 164;62-64

Malausa, J.C. 1999 **Un espoir face aux pullulations de *Metcalfa pruinosa*.** Phytoma la Defense des Végétaux (FRA) no. 512;37-40

Malausa, J.C., Giuge L., Brun P., Bertaux F., Costanzi M., Faivre d'Arcier F., Goarant G., Jeay M., Reboulet J.N., Richy D., Trespaille-Barrau J.M., et Vidal C..2001. **LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE METCALFA PRUINOSA** , Phytoma la Defense des Végétaux (FRA) no.537, 18-20

Faivre d'Arcier F., Blanc M., Vidal C., Speich P., Bues R.. 2001. **LUTTE CHIMIQUE CONTRE METCALFA PRUINOSA.** Phytoma la Defense des Végétaux (FRA) no. 537 15-17.

LE SOIN DES ARBRES PAR PHYTOTHERAPIE

Eric PETIOT
Consultant

La flore depuis 400 millions d'années a élaboré en étroite relation avec la micro et la macro faune toute une sorte de stratégies à des fins alimentaires, reproductives et défensives. Cette longue co-évolution qui s'est bâtie aussi bien sûr des fausses notes que sur des partitions bien réglées, a permis au règne végétal de s'adapter aux climats les plus différents les uns des autres.

Les arbres de nos jours, que se soit les Angiospermes ou encore les Gymnospermes, réalisent des prouesses d'adaptabilité pour sauvegarder leurs espèces respectives.

Les « attaques » d'insectes xylophages, phytophages, d'herbivores ou de champignons sur les parties florales, foliaires ou ligneuses ont provoqué au sein du règne végétal toute une « batterie » de systèmes de défense.

Des systèmes de défense ont évolué grâce ou à cause des ravageurs dominants, ce sont ces dominants qui par « attaques successives sur la même espèce végétale ont permis à celle-ci de fabriquer des substances (terpènes, polyphénols, phytohormones, etc...) en réponse à des attaques bien précises.

Face à un agresseur reconnu génétiquement, le végétal déclenchera rapidement une cascade de signaux qui lui permettront de stopper le ravageurs.

Le rôle de l'agriculteur sera de reconnaître ces ravageurs sous une forme globalisante afin de déterminer quel sera le type d'intervention à appliquer. Il est un fait de constater que le règne végétal ne se défend pas si mal face à ses agresseurs. Des agresseurs où l'homme ne s'est pas donné le temps nécessaire pour étudier le sens de leur présence aussi abondante soit elle.

Une présence qui aurait du d'emblée servir d'indicateur pour des actions plus rééquilibrantes, sans accentuer davantage le déséquilibre observable. Un assaut de pucerons sur les extrémités des pousses de pommiers peut révéler des excès d'azote, avec un déficit notoire en magnésium échangeable. Traiter avec un insecticide chimique de synthèse ne réglera en rien ces excès ou ces carences.

De plus, ces insecticides systémiques ou de contact, sont particulièrement indigestes pour le système foliaire et cela se fera au détriment de l'assimilation des éléments essentiels à la survie de l'arbre.

Dans le même registre, une attaque de chenille défoliatrice, se doit d'être traitée, c'est une évidence, mais cela doit être fait au bon moment ; et j'ai pu constater que 90% des périodes de traitements par action systémique étaient trop tardives. Il suffit d'observer le feuillage des arbres et les contours des parties défoliées, pour constater qu'ils sont de couleur rouge donc chargés en polyphénols mélanisés !

Les chenilles se sont métamorphosées puis ont pris la poudre d'escampette !

Les feuillages des arbres sont de véritables livres ouverts mais encore faut-il savoir les interpréter. Trop de produits chimiques ou biologiques sont pulvérisés sur les faces intérieures et supérieures des feuilles et cela « demande à un arbre un coût énergétique énorme pour les assimiler, au détriment souvent de son propre système de défense. Pulvériser régulièrement des produits chimiques sur la surface foliaire, va bloquer momentanément le système de défense naturel du végétal. J'ai pu constater régulièrement

des cas de brûlures foliaires, de légères dépigmentations à des endroits spécifiques du limbe, tout cela lié à des pulvérisations de produits à base de plantes ou de produits chimiques. Ces macromolécules doivent être assimilées d'une autre manière car cela crée un déséquilibre permanent qui tourne à l'acharnement phytosanitaire !

Depuis maintenant 19 ans que j'observe ces réactions en chaîne, il m'est venu à l'idée de réaliser un système d'assimilation de produits fongicides, insecticides, bio-stimulants plus digeste pour l'arbre.

LA PERFUSION :

Il y a maintenant 13 ans, une cliente me propose après maintes et maintes tentatives de soigner les arbres de son verger : une quinzaine de poiriers de 90 ans aux troncs solides pourvus d'un port naturel. Cette partie du verger n'avait pour ainsi dire jamais subi d'interventions. Un autre secteur était passé entre les mains expertes de pseudos-professionnels. J'avais devant moi, de vieux arbres au feuillage chlorosé et certain troncs larvés ou le gui prenait place de part en part. Le gui fut supprimé mécaniquement, ensuite, il me vint l'idée de perfuser ces poiriers avec un mélange d'extraits de plantes à fonction elicitrices et stimulantes pour les arbres chlorosés, puis un mélange insecticide pour les troncs larvés. 10 poiriers furent perfusés avec l'autorisation sceptique mais enthousiaste de ma cliente. Les 5 autres poiriers reçurent 2 pulvérisations foliaires du même extrait de plantes et 5 autres des pulvérisations foliaires insecticides systémiques.

Les résultats ne se firent pas attendre en ce qui concerne les arbres perfusés. Le feuillage chlorosé laissait la place à un feuillage verdoyant, sans attaque ultérieure de ravageurs.

Les arbres qui reçurent les deux types de pulvérisations foliaires ne donnaient aucun signe d'améliorations notoires. Je recommençais mes expérimentations empiristes sur des pommiers qui ne fructifiaient pas avec la même préparation et seulement sur deux branches (aucune taille fruitière ne furent réalisées).

L'année d'après, il y avait des fruits uniquement sur les branches perfusées ! C'est seulement depuis 1999 que j'ai pu améliorer un peu le système du perfuseur et c'est en 1997 que j'ai véritablement démarré des protocoles de recherche en élaborant des produits contre différents ravageurs qui seraient assimilés par l'arbre via le perfuseur. J'expérimente depuis tout ce temps le système de perfusion et en parallèle, les pulvérisations foliaires.

Entre temps, j'ai expérimenté un système d'injection sous basse pression au monoxyde de carbone et qui après maintes et maintes coupes des troncs et analyses, j'en ai conclu que tout système d'injection peut créer des phénomènes de cavitations dans l'arbre ou de faibles décollements de l'écorce (constaté sur pommiers). Le système d'injection reste très valable pour lutter directement dans les trous des larves phytophages avec des huiles essentielles. Il s'est avéré que la réceptivité par le végétal puis l'assimilation par le ravageur du produit perfusé est beaucoup plus rapide et efficace que le même produit pulvérisé sur le feuillage. Mais avec le temps et l'observation, je peux affirmer que bien des préparations ne devraient pas être pulvérisées sur le système foliaire qui n'est pas fait pour assimiler la majorité des produits qu'il soient biologiques et de surcroît chimiques (la cuticule foliaire et la cire qui recouvre la feuille ont une structure moléculaire difficilement pénétrable, mais sont plus ou moins perméables à la vapeur d'eau en fonction de leur degré de dessiccation).

Les métabolites secondaires (à des fins fongicides, insecticides, bactéricides, stimulants) pulvérisés sur le feuillage vont créer chez le végétal un surcoût énergétique pour assimiler, stocker en partie, puis les utiliser, d'une part parce que l'eau et le produit ajouté sont très rarement au même pH que la cuticule foliaire et que l'eau est souvent trop calcaire et va « fermer le végétal dans sa coquille ».

Une plante carencée, chlorosée à un certain stade de dépigmentation, ne peut recevoir de pulvérisation foliaire ni d'apport au niveau racinaire et le seul moyen d'apporter les minéraux, sera la perfusion. En effet, je me suis aperçu que l'apport de sels minéraux (contre la

chlorose par exemple) par les racines diminuent le processus enzymatique des métabolites secondaires et donc affaiblit un instant le végétal en question.

En maîtrisant les données atmosphériques, hygrométriques et les fluctuations des mouvements de sève dans l'arbre et au fur et à mesure des années, j'ai pu potentialiser » mes formulations avec des huiles essentielles contre les ravageurs. C'est en étudiant de près les systèmes de défenses des végétaux depuis plus de 8 ans et en m'appuyant par la suite sur les recherches de Serge Kauffmann, Stéphan Dorey et Bernard Fritig qu'il m'a été permis de lutter efficacement contre une multitude de « parasites », comme le feu bactérien, la cloque du pêcher, des pucerons, des cochenilles, des larves de toutes sortes, mais pour cela, il m'a fallu comprendre la synthèse des essences au sein du végétal, domaine que je ne peux aborder dans ce compte rendu.

Les plantes sauvages, les légumes, les feuilles des arbres et des arbustes, fournissent aux jardiniers biologiques de précieux engrais et produits de protection de splantes. Bien que cela soit connu depuis longtemps, beaucoup de jardiniers ignorent encore comment utiliser les extraits fermentés de plantes. Purins, décoctions, infusions, extraits, macérations sont encore confondus. En récoltant et en faisant sécher les plantes, on accumule un vrai trésor, avec lequel on peut, selon les besoins, préparer de véritables « fortifiants » pour les plantes, ou encore, lutter contre les ravageurs et maladies.

Par manque de connaissances et de confiance, bien des jardiniers ont recours à des produits chimiques tout prêt.

Exemple avec le perfuseur

Artemisia absinthium thuyonifera : contre carpocapse des pommes (*Cydia pomonella*). L'huile essentielle en perfusion d'*Artemisia absinthium* et ou d'*Artemisia herba-alba*.

Carum carvi : l'huile essentielle de *Carum carvi* est efficace contre bon nombre de papillons en temps que répulsif.

Le genre *Allium* (Alliacées) a une action insecticide, nématicide en pulvérisation (macération) et en perfusion (huiles essentielles).

Allium sativum : en perfusion l'huile essentielle d'ail est particulièrement efficace contre bon nombre de ravageurs, mais son emploi demande quelques précautions. En effet, son odeur particulièrement tenace reste un handicap.

Tetranychus urticae : en perfusion sur mûrier, *Choisya ternata* (Oranger du Mexique).

Buddleia davidii (arbre aux papillons) *cytisis* (cytise).

L'ail sera toxique en huile essentielle et répulsive en macération.

Botrytis albi : toxique en perfusion

Pucerons : en perfusion contre *Cocopsylla pyricola* (psylle du poirier) affecte la ponte.

Contre *Mysus persicae* (puceron du pêcher) antinutritionnel

Phylloxera glabra (puceron du chêne robur).

Toxique contre bon nombre de pucerons (galligènes du peuplier, le puceron laineux du hêtre, le puceron chermès de l'épicéa).

Toxique contre les larves de noctuelles.

LES PREPARATIONS A BASE DE PLANTS SE DIVISENT EN QUATRE GROUPES (Petiot Eric) :

- 1 – les préparations répulsives (qui font fuir les insectes ou les rongeurs ou les gastéropodes).
- 2 – Les préparations stimulantes (qui stimulent l'activité métabolique et de synthèse).
- 3 – les préparations insecticides (détruisent les ravageurs).
- 4 – les préparations fongicides (contre les champignons).

LES PLANTES REPULSIVES

(*Ruta graveolens*, *Urtica dioica*, *Artemisia absinthium* etc...)

Les végétaux fixés au sol et immobiles ont élaboré un mode de défense chimique vis-à-vis des prédateurs et des parasites. Ainsi, les plantes qui possèdent des principes toxiques sont-elles moins consommées ; on parle d'inappétents ou de phagodéterrants. Les huiles essentielles, les flavonoïdes, les tanins, les quinones, les alcaloïdes, les terpènes, les stéroïdes, les hétérosides, possèdent ces propriétés et ces différents composés n'entrent pas dans le métabolisme général de la plante : ce sont des métabolites secondaires, ne réalisant pas de fonctions fondamentales physiologiquement parlant (croissance, reproduction).

On ne peut pas attribuer une fonction unique de ces métabolites secondaires, mais on peut constater des interactions entre les plantes qui les fabriquent et les autres organismes vivants. Ce qui pourrait expliquer en partie la spécificité des pulvérisations insectifuges végétales.

Les métabolites secondaires sont les « maîtres d'œuvre » de la coévolution plantes – animaux, pour répondre à ces constantes adaptations, les végétaux ont élaboré une grande diversité de ces composés. Certaines variétés développent des substances toxiques que s'il y a agression. L'*Acacia caffre*, un arbre des savanes d'Afrique du Sud, produit des tanins, des composés phénoliques quand il est trop brouté par des gazelles. L'arbre émet ensuite un gaz sous forme d'éthylène qui sera transporté par le vent et qui servira d'avertisseur pour ses congénères, qui produiront à leur tour des tanins et des phénols.

Le noyer fabrique dans ses feuilles et ses rameaux un glucoside phénolique qui, lessivé par la pluie, s'hydrolyse dans le sol en une substance toxique (juglone) qui inhibera la germination des plantes (sauf le pâturin qui maintenant résiste). Entre les plantes, il peut y avoir un empoisonnement à distance (télétoxie) ou (allélopathie) pour les phanérogames. Les racines de la Piloselle produisent des substances inhibitrices pour les plantes voisines.

L'utilisation de ces plantes en association ou plantées à des endroits stratégiques du jardin, peuvent considérablement réduire les attaques parasitaires (insectes au stade adulte, larves) ou repousser les plantes indésirables. Cette technique a l'avantage de ne pas perturber les équilibres naturels par des interventions brutales. Les substances actives de ces plantes (métabolites secondaires) agissent par effets répulsifs en pratiquant la culture associée ou en pulvérisation sur les végétaux à protéger ou sur le sol. D'origines naturelles, elles se décomposent rapidement et sans laisser de résidus mais comme elles reprennent vite le cycle biologique, l'efficacité est de courte durée (traitement par pulvérisation).

La majeure partie de ces plantes appartient à la famille des Labiées. En effet, celles-ci possèdent des poches à essence d'une grande diversité moléculaire. L'action répulsive est accentuée par temps chaud car les poches à essence se dilatent et libèrent une odeur plus forte pas toujours appréciée des ravageurs. Certaines plantes sécrètent des substances racinaires qui peuvent agir comme répulsif sur les insectes ou sur certains rongeurs voire sur certaines plantes (télétoxie).

Attention : on ne doit pas oublier que l'exposition, la nature du sol, les pratiques culturales sont à l'origine du chimiotype des plantes utilisées à des fins insectifuges et peuvent modifier les composés dominants.

Le thym (*Thymus vulgaris*) plante insectifuge et stimulante, selon les critères ci-dessus, peut avoir sept chimiotypes différents qui seront caractérisés par des essences à composés dominants (thymol, carvacrol, géraniol, linéol, a-terpineol,...).

Exemple de plantes répulsives en pulvérisation foliaires

***Artemisia absinthium* – Astéracées**

Absinthe

Hormis le stimulant sous la forme que l'on connaît pour l'homme, l'absinthe est un insectifuge très efficace en pulvérisation uniquement car les arbres ne vivent pas bien sa présence en culture associée.

Contre les pucerons, carpocapses (pendant les bols nuptiaux) en infusion ou décoction puis diluer à un 1/3 .

Plantation : l'absinthe peut se cultiver en terrain sec argilo-calcaire ; elle réussit très bien sur les coteaux perméables et pierreux.

Exposition : ensoleillée

Récolte : la feuille et les sommités fleuries.

LES PLANTES STIMULANTES

(*Symphytum officinale*, *Achillea millefolium*, *Arctium lappa*, etc...)

Dans la nature, les plantes se nourrissent de leurs propres résidus. Les aiguilles des conifères, les feuilles, les tiges sèches sont coupées menu par les animaux du sol, décomposées par les bactéries et transformées en éléments assimilables par les plantes.

Les légumes, les arbres cultivés ne peuvent pas se contenter de cette nourriture. La plus grande partie de leur « biomasse » est en effet récoltée et perdue pour le sol. Ils ont donc besoin d'une bonne fertilisation au sol par arrosage (racines) ou en pulvérisation foliaire (dans ce cas, la plante absorbe les éléments nutritifs par les stomates situés sur la face inférieure de la feuilles).

Bien des plantes ont des effets stimulants sur une ou plusieurs parties du végétal ou du sol en pulvérisation ou pour certaines plantées à proximité des rangs légumiers. Utilisées à bon escient, on favorisera la vie microbienne et bactériologique du sol où l'on améliorera ses capacités d'échanges voire selon les plantes stimulantes, tout cela en même temps.

Cependant, il serait vain de penser que les plantes stimulantes sont capables de remplacer les engrais. Considérez les comme des « vitamines » ou des remontants capables d'améliorer l'assimilation des engrais. Basés sur la loi de la restitution, vos apports nutritifs se feront de manière fractionnée tout au long de la saison en tenant compte des facteurs climatiques (pluies), astronomiques (lune et planètes).

LES PLANTES INSECTICIDES

(*Allium sativum*, *Mentha piperita*, *Saponaria officinalis*, etc...)

En culture biologique, pour lutter contre les insectes ravageurs, plusieurs moyens sont utilisés. Tout d'abord, parvenir à long terme à un équilibre entre la partie du sol et le cosmique. On utilisera du compost proche de l'humus pour faciliter les échanges entre la plante et les parties cosmiques et pour une meilleure assimilation des traitements foliaires. Tout cela crée un équilibre et il devrait y avoir moins d'attaques parasitaires.

On peut utiliser des plantes aux vertus insectifuges qui en sécrétant des essences à odeurs fortes repousseront les insectes qui ne pourront pas se oser sur leurs plantes-hôtes.

En dernier recours, on utilisera à bon escient les plantes au pouvoir insecticide. Celles-ci contiennent des substances toxiques en plus ou moins grande quantité (alcaloïdes, hétérosides cyanogénétique, etc...) qui ont une action sur le système nerveux des ravageurs. On trouve généralement ces métabolites secondaires dans la vacuole (hétérosides) et l'enzyme hydrolysante dans le cytosol.

LES PLANTES FONGICIDES

(*Artemisia absinthium*, *Urtica dioica*, *Sambucus nigra*, etc...)

L'apparition des maladies cryptogamiques (champignons) est très souvent le reflet d'un ou de plusieurs végétaux en dysharmonie fonctionnelle dans leur environnement.

Traiter chimiquement, c'est à dire avec des fongicides de synthèse, ne résoudra pas le problème complètement et à long terme pourrait aggraver la situation (adaptation du champignon à des produits de plus en plus virulents et polluants).

Les traitements contre les champignons parasites avec des végétaux agissent plus souvent en préventif mais certaines de nos amies les plantes, à doses plus élevées ont des substances organiques qui nous permettent de traiter en curatif.

La lutte contre les champignons parasites repose également sur les métabolites secondaires, des phytohormones, des transporteurs (acide salicylique, acide jasmonique). Beaucoup de plantes répondent à une invasion cryptogamique en produisant des substances inhibant la croissance du parasite. IL peut s'agir de l'augmentation de la synthèse de produits déjà existants, tanins, composés phénoliques, juglone...

Dans certains cas, le produit est libéré lors de l'infestation. C'est le cas de glucosides cyanogènes qui dégagent de l'acide cyanhydrique toxique pour un grand nombre de champignons.

L'intérêt majeur d'une partie de ces plantes, est qu'elles vont à petites doses, améliorer la qualité du sol de manière à ce que le végétal lui-même ait une meilleure défense.

Elaboration des préparations :

Les préparations à base de plantes peuvent être élaborées et appliquées, de cinq manières différentes :

- Extraits fermentés de végétaux
- Purins de plantes en phase de fermentation
- Décoction
- Extrait à froid
- Infusion

Description des deux premières préparations :

1) les extraits fermentés végétaux

Ce sont des purins arrivés en fin de fermentation. IL ne faut pas dépasser le stade de putréfaction.

Préparation : on utilise normalement de l'eau de pluie (le chlore détruit en partie les effets du purin) et des plantes fraîches ou séchées.

Remplir le récipient aux trois quarts (récipient en bois, inox, plastique mais pas en métal) sans tasser, avec les plantes fraîches. Couper les plantes en petits morceaux, afin de faciliter l'extraction de leurs substances actives (éclatement des poches à essences ou des vacuoles où sont contenus certains métabolites secondaires). Pour l'ortie, cette précaution est inutile.

Remplir ensuite le récipient jusqu'à environ 5 cm du bord avec de l'eau de pluie ou une eau non calcaire. On compte environ 1 kg de plantes fraîches pour 10 litres d'eau.

Pour les plantes sèches, on en mettra 100 à 200 g. pour 10 litres d'eau (100 g. de plantes sèches correspondant à 600 – 800 g. de plantes fraîches).

L'intérêt des plantes séchées se trouve dans la concentration des principes actifs (chimie organique) de la plante puis dans la facilité pour la réalisation des préparations (Eric Petiot).

Le travail le plus important sera le contrôle de fermentation de l'extrait fermenté en relation avec la température. Plus la température sera importante et plus l'extrait fermentera vite (variation de 5 à 30 jours).

Comment contrôler la vitesse de fermentation ?

Par le brassage journalier (activation de la fermentation) du purin qui va provoquer une remontée des bulles. Quand celles-ci disparaissent au brassage, la fermentation est terminée. Pour les mauvaises odeurs, rajouter des feuilles d'angélique ou de la poudre de roche en remuant le tout. Le brassage doit durer 10 mn si possible de manière à dynamiser le purin qui peut avoir une augmentation d'efficacité (vérifié en rendement sur des oignons) de l'ordre de 20%.

Qu'est-ce qu'une fermentation de plantes ?

Le fait de tremper des végétaux dans un récipient d'eau induit une transformation de plusieurs composés organiques en autres composés organiques.

La combinaison des sucres (celluloses, saccharose, insuline, etc...) de l'amidon (sucre non solubilisé) qui donnent un ferment (dextrine) et l'eau utilisée pour votre préparation constitue un phénomène susceptible d'être régularisé et mesuré à la manière d'une réaction chimique. La durée de ce phénomène est proportionnelle à la quantité de sucre contenue dans les plantes.

Mécanisme ou tentative d'explication :

L'extrait de plantes fermentées se rapproche d'une fermentation propre c'est-à-dire qu'elle s'effectue sur des substances endogènes (contenus dans la plante) et non sur des aliments venus du milieu (sol, air).

Le gaz carbonique contenu dans les vacuoles (milieu liquide concentré à l'intérieur de la cellule) des végétaux fragmentés va se libérer progressivement pour donner une mousse visible en surface de votre récipient.

Une batterie d'enzymes spécialisées dans la décomposition des sucres (amylase, maltase) vont rentrer en action grâce à l'eau, en même temps que des enzymes spécialisées dans la décomposition des minéraux (phosphorylases).

Les enzymes spécialisées dans la décomposition des sucres n'entrent pas en jeu seuls, mais ont besoin pour cela des enzymes spécialisées dans la décomposition des minéraux.

Des bactéries qui se développent d'abord à la surface (ce que je nomme interface), puis à l'intérieur du liquide vont absorber l'oxygène dissout et celui qui se trouve en contact avec la surface du liquide. C'est seulement lorsque tout l'oxygène de l'extrait de plantes a disparu que votre préparation se bonifie. Ensuite, on passe au premier stade de la sanefaction au sens strict du terme où le liquide devient le siège de plusieurs actions chimiques qui n'altèrent rien votre produit.

Des germes vivants sans la coopération de l'air vont transformer les matières azotées en produits plus simples et à l'aide de bactéries ces produits vont se transformer en matières ammoniacales et en acide carbonique et en matière plus liquide.

C'est à la fin de ce processus que la mousse de surface disparaît et le produit rentre environ une semaine après en deuxième phase de putréfaction proprement dite où votre produit va

devenir trop spécifique au niveau de sa composition et ne pas vous donner les résultats escomptés.

Les enzymes, au cours de l'évolution de l'extrait ne se détruisent pas mais elles ralentissent progressivement par suite de l'action paralysante des produits de leurs propres activités

Les moyens de contrôle pouvant être à notre portée :

- Prendre la température de l'eau car c'est à partir de 13 degrés que l'action de libération du gaz carbonique va véritablement commencer et qu'un « bon » processus enzymatique va débuter (il commence normalement à 0 degré, le jardinier est patient mais faut pas abuser !).

La température du liquide ne doit pas dépasser 35 degrés car ce serait au détriment de la prolifération de certaines enzymes et à 70 degrés toutes les enzymes seraient détruites.

- Mesurer le pH pendant la fermentation peut vous indiquer la teneur en CO². En effet, dans l'eau, le CO² va être en équilibre avec l'acide carbonique et une augmentation du pH (trop alcalin) vous indiquerait une consommation de CO² et une baisse de pH indiquerait un rejet de CO² (tendance acide). Il y a une limite d'acidité ou d'alcalinité à ne pas dépasser pour l'action enzymatique.

- Le pH peut être influencé par la température ambiante et la température de votre liquide.

Les solutions étalons sont également affectées par les variations de température :

Voici quelques repères du pH en fonction de la température (toute mesure est relative selon les plantes utilisées mais ceci peut être un indicateur de valeurs.

- à 0 degré une solution à pH 7,01 donnera 7,13 de pH
- à 5 degrés une solution à pH 7,01 donnera 7,10 de pH
- à 10 degrés une solution à pH 7,01 donnera 7,07 de pH
- à 15 degrés une solution à pH 7,01 donnera 7,04 de pH
- à 20 degrés une solution à pH 7,01 donnera 7,03 de pH
- à 25 degrés une solution à pH 7,01 donnera 7,01 de pH
- à 30 degrés une solution à pH 7,01 donnera 7,00 de pH
- à 35 degrés une solution à pH 7,01 donnera 6,99 de pH

Mesurer le redox avec un testeur portatif de redox. Tout comme l'acidité ou l'alcalinité de votre extrait peut être quantifié en mesure de pH, ce même extrait peut comporter des oxydants ou des réducteurs d'où proviennent la mesure des valeurs de redox (voir ci-dessous « la qualité de l'eau pour réaliser un extrait).

Quelle eau employer :

La qualité de l'eau pour réaliser un extrait.

L'eau du robinet en France a un pH entre 7,3 et 8,5 dû à tous les produits de traitement de l'eau (chlore et ses dérivés) et elle contient trop de calcaire. On retrouve aussi des nitrates, pesticides, herbicides, fongicides, et des métaux lourds. Préparer un extrait avec toute cette semoule donne une préparation très peu active et continue à décrédibiliser les traitements avec les plantes.

Pourquoi une eau du robinet annihile les effets des extraits ou d'autres préparations ?

Le Rh2 ou l'oxydo-réduction est un paramètre qui mesure la teneur en électrons, c'est un facteur électrique. Il nous donnera selon le pH, les facultés réductrices ou oxydantes de l'eau ou ensuite de l'extrait. L'échelle du RH2 varie de 0 à 42. A 28, cela représente un équilibre électronique.

Qu'est-ce qu'un oxydant ?

L'oxydation est un processus durant lequel une molécule ou un ion perd des électrons. Les oxydants comme l'oxygène, le chlore, le fluor, etc... captent les électrons et appauvrissent votre extrait en minéraux. Préparer un extrait végétal (purin) avec une eau du robinet riche en chlore diminuera le potentiel électrique, calorifique et de conservation de votre produit.

Tout extrait végétal en dessous de 28, jusqu'à 45 (RH2) est oxydé donc en manque d'électrons.

Qu'est-ce qu'un réducteur ?

Les réducteurs comme le lait caillé, le jus de betterave, certaines eaux donnent des électrons et enrichissent l'extrait de plantes en électrons. L'apport de mie de pain fermentée ou de lait caillé dans un extrait végétal peut favoriser cela.

Le rôle du brassage des extraits en phase de préparation :

- contrôle sur la vitesse de fermentation
- activation du processus de fermentation
- augmentation de l'efficacité du produit fini

La fermentation terminée, il faut impérativement filtrer le purin si l'on veut le pulvériser ou même arroser sans risque de boucher la buse du pulvérisateur ou la pomme de l'arrosoir (on peut mettre nos plantes dans un drap, ce qui nous évitera les désagréments du filtrage).

Le filtrage sera utile pour stabiliser le purin dans le but de le garder quelques temps. Pour cela, le mettre dans un récipient en inox ou en plastique bien fermé à l'abri de la lumière et environ à 12 degrés de température.

L'arrosage au sol ou les pulvérisations foliaires se feront à des dosages différents et à des moments bien particuliers : après une pluie ou par temps couvert, tôt le matin ou le soir pour une meilleure assimilation du mélange et pour éviter de brûler le végétal. On ne mettra pas de purin au contact des feuilles risque de brûlures.

2) Les purins de plantes en phase de fermentation

Le purin en cours de fermentation ne s'est avéré intéressant qu'avec l'ortie contre les ravageurs et la consoude pour les plantes d'appartement. On le prépare comme le purin fermenté. La seule différence, c'est qu'on ne doit le laisser fermenter que de 2 à 3 jours.

Maraîchage

MARAÎCHAGE

Maraîchage en systèmes de culture biologique Quelques bases pour proposer une gestion raisonnable du phosphore

Par J.C FARDEAU (Expert indépendant)

GESTION DES APPORTS ORGANIQUES EN SYSTEMES DE CULTURE MARAICHERS SOUS ABRI

Par F. BRESSOUD, L. PARES (INRA-SAD Alénya)

IMPORTANCE ET ROLES DES ENGRAIS VERTS

Par C. MAZOLLIER, H. VEDIE (GRAB)

ENGRAIS VERTS EN MARAICHAGE : DES REFERENCES RECENTES POUR CHOISIR LES ESPECES

Par C. GUILLAUME (SICA Centrex), H. VEDIE (GRAB)

LES ACARIENS PHYTOPHAGES ET AUXILIAIRES EN CULTURES LEGUMIERES

Par M.S. GARCIN (Agro Montpellier / INRA)

ACARIENS RAVAGEURS EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE : QUELLES METHODES de lutte BIOLOGIQUE ?

Par C. MAZOLLIER (GRAB)

Bemisia et virus, un danger pour les cultures bio?

Par L. SCHOEN (Sica CENTREX)

Prévention contre les pathogènes du sol en culture sous abris : rotations, engrais verts, solarisation

Par A. ARRUFAT (CIVAM BIO 66), M. DUBOIS (CENTREX)

Maraîchage en systèmes de culture biologique

Quelques bases pour proposer une gestion raisonnable du phosphore

Jean-Claude Fardeau*
e-mail :* jc.fardeau@wanadoo.fr

Le phosphore est un élément essentiel pour l'ensemble des organismes vivants, du plus petit (virus) au plus gros (dinosauire). Un homme adulte en consomme globalement 2 g par jour, soit environ 1 kg par an, qu'il rejette assez d'ailleurs rapidement. Chaque récolte, en raison des prélèvements effectués, exporte du phosphore. Il est alors indispensable d'en rapporter pour assurer une pérennité, une durabilité, dans la zone exploitée.

Les mécanismes biophysicochimiques contrôlant le devenir du phosphore dans les sols et son passage dans la plante sont très probablement universels et totalement indépendant de l'éthique de l'agriculteur souhaitant produire. Ce qui conduit à affirmer à juste titre que «d'un point de vue scientifique, la gestion de la fertilité et le raisonnement de la fertilisation en agriculture biologique renvoient à un ensemble de questions fondamentales relatives, par exemple, au devenir et à l'utilisation par la culture du P apporté par des produits organiques, à la contribution du P organique du sol, via les processus de minéralisation, à la nutrition des cultures ou encore au rôle des mycorhizes vis à vis de l'interception de P par des systèmes racinaires. Une des difficultés majeures des recherches à conduire dans ces domaines n'est pas de mettre en évidence des processus impliqués, mais bien de les quantifier dans le contexte réel du champ cultivé (ou de la serre, dans le cas du maraîchage).

La nutrition des plantes

* Rappelons qu'un apport d'engrais en général, et d'un engrais phosphaté en particulier, souvent pratiqué via le sol, ne peut avoir un effet sur les rendements que si deux conditions sont réunies :

@ l'élément apporté doit être, avant l'apport et dans les conditions pédoclimatiques locales, le premier des facteurs limitant de la croissance et du développement. La conséquence en est qu'un apport est **économiquement et écologiquement inutile** lorsque cette condition n'est pas remplie.

@ l'apport effectué doit contenir l'élément sous une forme assimilable, ou sous une forme de précurseur susceptible de le devenir suffisamment rapidement

1. Avec apport d'engrais phosphaté

L'utilisation de marqueurs isotopiques, radioactifs ou non, permet de «marquer» un élément dans un engrais. Lorsque l'on marque le phosphore d'un engrais que l'on apporte à une culture, on constate, dans une situation apparemment idéale où l'apport serait égal aux prélèvements durant le temps de l'expérience, que, dans le meilleur des cas, environ 10 % seulement du phosphore de l'engrais est entré dans la plante. Le coefficient réel d'utilisation du phosphore de l'engrais est donc, ici, de 10 %. Ce sont donc 90 % de l'apport de l'année qui vont rester dans le sol.

Bilan : la majorité du phosphore apporté par un engrais n'est pas utilisé l'année qui suit son apport. Il est encore moins utilisé les années qui suivent. La majorité du phosphore apporté reste dans l'horizon de sol où il a été placé et continue de réagir avec l'ensemble des constituants du sol, les vivants, comme les morts. Le destin d'un fertilisant P est beaucoup plus lié au comportement du sol qu'à la plante. Mais il est aussi dépendant de la nature de l'engrais.

Le coefficient réel d'utilisation varie avec la nature chimique de l'apport utilisé, et peut aller, dans des situations extrêmes, de 20 % à moins de 1 %. Il est d'autant plus élevé que les phosphates contenus dans les apports sont plus solubles dans l'eau (et dans le citrate d'ammonium neutre).

L'outil isotopique permet également de savoir, au sein du phosphore total prélevé par une plante, quelle est la part venant de l'engrais apporté et quelle est la part originaire de la fraction assimilable du sol. Dans l'exemple précédent, la part issue de l'engrais est de 10 %.

Quelles que soient la forme et la quantité d'engrais apportée (dans des conditions économiques acceptables), la très grande majorité du P prélevé par les plantes provient de la réserve assimilable du sol.

2. Sans apport d'engrais phosphaté

Sans apport il est évident que la totalité du phosphore prélevé ne peut avoir comme origine la fraction assimilable du phosphore du sol.

Fonctionnement du système sol - solution de sol - plante pour les phosphates

La concentration du P sous forme d'ions phosphate, la seule forme de phosphore assimilable par les plantes, dans la solution du sol est voisine de 0.2 mg P l^{-1} , la fourchette étant comprise entre 0.005 et 0.5 mg P l^{-1} . Une plante évapore au minimum 3 litre d'eau pour réussir à fabriquer 1 g de matière sèche. C'est dire que la solution du sol, source de l'eau d'évaporée par les plantes, entraîne avec elle 0.6 mg de P. Or quand on analyse une matière sèche normale, en cours de végétation, on va trouver environ 5 mg de P par g de matière sèche. L'entraînement de P avec la solution du sol n'explique donc en moyenne que $100(0.6/5) = 12 \%$ du prélèvement total de P !

La majorité du phosphore prélevé par une culture se trouvait dans et sur les constituants des sols avant la culture. Mais où plus précisément et à quelle vitesse, ?

Analyse du phosphore du sol. Qu'est-ce que le phosphore assimilable ?

1. L'apport de la chimie du sol

Dans ce type d'approche les quantités extraites avec un réactif donné sont corrélées à des comportements des plantes et c'est l'utilisation de ces relations qui permet en principe de décider ou non d'un apport de fertilisant. Conceptuellement cette approche revient à considérer que le phosphore du sol est constitué de deux compartiments phosphate bien différenciés : l'un disponible, celui qui est extrait, et l'autre non disponible, celui qui n'est pas extrait. Implicitement ce type d'approche fait l'hypothèse que la fraction disponible le serait de manière homogène.

2. L'apport des approches isotopiques

Très schématiquement, l'utilisation d'approches isotopiques permet de démontrer que le phosphore mobile, donc assimilable, d'un sol est constitué d'une infinité de compartiments.

3. Conséquence en matière de paramètres caractéristiques du phosphore assimilable du sol

L'ensemble des recherches entreprises, tant en matière de chimie, que de physique et de biologie conduisent à affirmer que la fertilité phosphatée d'un sol ne peut être correctement et totalement appréhendée qu'en déterminant 3 facteurs représentés par : la **concentration** des ions dans la solution, la **quantité** qui présente dans le sol à cette concentration et l'aptitude du sol, le facteur **capacité**, à s'opposer aux variations des deux autres facteurs.

En terme de bilan de ces observations : le facteur intensité, c'est à dire la concentration, est le premier des facteurs qui explique les prélèvements de phosphore ! les deux autres facteurs sont hiérarchiquement moins importants.

Mais la détermination de cette concentration est délicate en analyse de routine.

Conditions fonctionnelles de nutrition phosphatée : spécificité des systèmes de cultures maraîchères conduites en pratiques biologiques

Les pratiques de **maraîchage** en **agriculture biologique** nommée, dans la majorité des autres pays où elle développe, **agriculture organique**, amène deux contraintes sur le destin du phosphore.

1. Cinétique de prélèvements des phosphates. Conséquences.

Le maraîchage est caractérisé le plus souvent d'une part par des cycles culturaux très courts, donc une cinétique de prélèvement des éléments nutritifs très accentuée, en comparaison de ceux des plantes de grande culture, et d'autre part une intensification importante de l'utilisation des sols. Puisque, quelles que soient les situations, la majorité du phosphore prélevé par les cultures a pour origine les réserves assimilables des phases solides du sol, le maraîchage impose de disposer de potentialités de renouvellement du phosphore dans la solution du sol bien plus rapides que dans les conditions de culture de plantes de grande culture. Ce besoin conduit généralement à se placer pendant un temps dans une situation de bilans P entrée-sortie fortement positifs. Les micro-organismes, si souvent mis en avant en agriculture organique pour assurer une libération des ions phosphate par dissolution de minéraux du sol et/ou par minéralisation de matières organiques, sont dans l'incapacité totale d'assurer le débit demandé pour satisfaire les demandes de plantes en cultures intensives, voire même non intensives.

2. Formes d'engrais phosphatés disponibles pour l'agriculture bio

* *Description réglementaire générale des engrais phosphatés.*

On ne rappelle ici que la complexité des informations qui peuvent être lues par les utilisateurs sur les sacs d'engrais. Sauf compétences très particulières, l'utilisateur ne peut guère savoir ce qu'il trouvera dans un sac d'engrais phosphaté et surtout qu'elle est la relation entre cette information primaire «chimique» et des formes de phosphates immédiatement ou plus lentement disponibles pour les plantes.

* *Engrais phosphatés en pratiques biologiques*

Se soumettant aux contraintes qu'elle s'est imposée, la pratique de l'agriculture biologique, basée sur une obligation de moyen et non une obligation de résultats, n'autorise, à ma connaissance, et sous réserve de modifications toujours possibles, que :

Ω *des formes minérales*, n'ayant pas subi d'attaque acide industrielle. Sont donc autorisés des minéraux phosphatés le plus souvent très très peu solubles dans l'eau, situation qui compromet fortement leur efficacité en terme de rendement ;

Ω *les formes organiques*, c'est à dire des formes issues de la vie. Celles-ci sont très nombreuses. Elles correspondent par exemple aux boues résiduaires de station d'épuration biologiques (nos déchets personnels en quelque sorte), les résidus végétaux bruts, les lisiers d'origine biologiques, les fumiers, les composts.

Le phosphore, dans ces mélanges complexes est en fait présent sous deux formes en quantités parfois peu différentes : une forme minérale, ordinaire, c'est à dire des orthophosphates, et une forme liée chimiquement et/ou physiquement à des constituants organiques.

Les orthophosphates sont disponibles pour les cultures qui suivent les enfouissements dès que les cellules qui les contenaient sont mortes.

Les formes organiques doivent être minéralisées par des micro-organismes pour que le phosphore qu'elles contiennent devienne un orthophosphate biodisponible pour les cultures. Nombre d'expériences, où du fumier ou du lisier ont été épandus, illustrent que, sur des périodes supérieures à un an, la biodisponibilité globale de ces phosphates «organiques» est du même ordre de grandeur que celle des meilleurs phosphates minéraux, à savoir les phosphates soluble-eau et/ou citrate d'ammonium neutre. Par contre, le phosphore des composts semble avoir une biodisponibilité significativement inférieure à celle des autres formes y compris des matières organiques dont ils dérivent.

Ω *Les attrapes nigauds !* On peut trouver sur le marché nombre de produits organo-minéraux ou organiques pour lesquels des plaquettes publicitaires ventent la qualité «biologique» ou les propriétés merveilleuses. On peut, par exemple, citer des produits à base de MPPA, les **Molécules PolyPhénoliques Activés** qui supprimeraient toute fixation des ions phosphates sur les constituants des sols. Chacun a le droit de rêver, mais la publicité ne peut suffire à éliminer les propriétés chimiques des sols ! Alors attention à ne pas engloutir de l'argent là où la preuve de la nécessité n'a pas été apportée !

3. Décider d'une fertilisation phosphatée. Analyse de terre versus analyses de végétaux. Quelle méthode choisir ?

Logiquement, la fertilisation est à déclencher chaque fois que le phosphore est le premier facteur limitant de la récolte raisonnablement escomptée. Les différentes approches analytiques ne fournissent pas les mêmes informations.

Δ *Une analyse de terre* renseigne sur l'état actuel de fertilité phosphatée d'un sol, ou d'un support. Compte tenu des acquis elle est prédictive du comportement à venir du sol vis à vis du phosphore. Parmi les méthodes pratiquées, la plus informative est évidemment, de loin, celle qui permet de connaître la concentration des ions phosphate dans la solution du sol, puisque cette concentration est le premier facteur explicatif des prélèvements, mais non le seul. Mais cette mesure requiert de la part du laboratoire d'analyse une technicité certaine, car les quantités à déterminer sont faibles au regard des quantités extraites par les autres réactifs. La seconde méthode qu'il est possible de recommander est la méthode Olsen, mais peu de laboratoires la pratique encore.

Δ *Une analyse de plantes*. Ce type d'analyse renseigne sur ce qui a eu lieu et peut permettre de déclencher une fertilisation azotée. Son développement est en cours pour la fertilisation phosphatée pour les plantes fourragères. Mais la mise au point demande encore beaucoup de recherche, principalement dans le cas des plantes à cycle très court.

Δ *Quelques méthodes à proscrire*.

J'en cite, à titre d'exemple, deux très prisées dans le monde des pratiques d'agriculture biologique. Ces exemples ne sont pas limitatifs. Il s'agit :

* de la méthode dite de la phosphatase alcaline. Cette méthode, sensée renseigner sur la fertilité phosphatée, renseigne en fait sur un enzyme dégradant la matière organique récemment enfouie.

* de la méthode dite BRDA-Hérody uniquement pour sa partie phosphore. La méthode de mesure utilisée dite au vanadate résiduel est tellement peu sensible que les conseils sont systématiquement orientés vers des apports, même en Bretagne !

4. Phosphore et pollution des eaux

Les phosphates ne sont jamais toxiques par eux-mêmes, qu'ils soient «chimiques» ou «naturels». Mais ils peuvent contribuer à créer des composés toxiques à l'occasion de processus d'eutrophisation des eaux dont le facteur de contrôle premier est le phosphore et non l'azote.

En conclusion.

Chercher à élaborer une méthode de gestion raisonnée du phosphore dans un système de culture légumière conduite en pratiques biologiques est une gageure. Il est en effet très difficile de gérer raisonnablement les apports phosphatés en culture légumière bio. La raison en est finalement assez simple et résulte de l'intensification inhérente au maraîchage intensif. Ces cultures ne peuvent être réussies économiquement que dans des situations où les éléments nutritifs ne sont pas facteurs limitant de la croissance et du développement des plantes. Cette contrainte impose de gérer en priorité la fourniture d'azote. Les apports de fertilisants ont lieu majoritairement sous des formes organiques. D'une part l'homme n'a, à ce jour, absolument aucune maîtrise de la vie microbienne des sols, donc des processus de minéralisation - organisation, et d'autre part la libération du phosphore à partir de ces formes organiques est plus rapide que celle de l'azote et concerne un pourcentage plus élevé que celui constaté pour l'azote. Dans la mesure où les besoins d'azote des plantes sont très supérieurs aux besoins de phosphore, on se trouve dans une situation d'excédent potentiel de phosphore par rapport à l'azote. **Cependant chaque fois que l'agriculteur estimera nécessaire un apport de phosphore il devra privilégier les formes «organiques» et s'abstenir d'utiliser des mélanges mal définis contenant des formes minérales totalement inutilisables dans ce type de contexte.** La situation de légère surfertilisation phosphatée ne doit pas être considérée comme particulièrement catastrophique au regard des problèmes environnementaux, dans la mesure où les transferts de phosphore vers les eaux ont bien d'autres origines que l'agriculture biologique.

Bibliographie sommaire

Anonyme (ou presque !) (1993a) *Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures*. COMIFER. Paris. 28 p.

Anonyme (1993b) *Les courbes d'absorption d'éléments minéraux*. SCPA et Ministère de l'Agriculture et de la pêche. 40 p.

Barroin G (2003) Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. *Courrier de l'Environnement*. 48 : 13-26.

Farruggia A, Hubert F, Manteaux JP, Lebrun JM (2001) Le diagnostic d'herbe, un outil opérationnel de pilotage de la fertilisation pour les prairies permanentes et temporaires. In : *Actes des quatrième journées de l'analyse de terre et du cinquième forum de la fertilisation raisonnée*. Blois 16-18 Novembre 1993. Thévenet G et Joubert A (eds). Imprimerie Saint-François. Blois pp. 117-128.

Fardeau JC et les membres du groupe de travail « critères d'efficacité » de la CMFSC. (2003) Matières fertilisantes. Quels critères utiliser pour quantifier leur efficacité. *Forum GEMAS-COMIFER*. Blois.

Frossard E, Skrabal P, Sinaj S, Bangerter F, Traoré O (2002) Forms and exchangeability of inorganic phosphate in composted solid organic wastes. *Nutr. Cycl. Agroecosys*. 62 : 103-113.

Guivarch A (2000) *Valeur fertilisante à court terme du phosphore des boues de station d'épuration urbaines*. Thèse. Institut national Polytechnique de Lorraine. 274 p.

Lemaire G, Salette J (1984) Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. *Agronomie* : 4 : 423-430.

Le Souder C (2001) Vitesses d'évolution des teneurs dans les sols soumis à des régimes différents de fertilisation d'entretien ou d'appauvrissement. In : *Actes des quatrième journées de l'analyse de terre et du cinquième forum de la fertilisation raisonnée*. Blois 16-18 Novembre 1993. Thévenet G et Joubert A (eds). Imprimerie Saint-François. Blois pp. 109-116.

Morel C, Planchette C, Fardeau JC (1992) La fertilisation phosphatée raisonnée de la culture du blé. *Agronomie*. 12 : 565-579.

Oberson A, Fardeau JC, Besson JM, Sticher H (1993) Soil phosphorus dynamics in cropping systems managed according to conventional and biological agricultural methods. *Biol. Fert. Soils*. 16 : 111-117.

Oberson A, Frossard E (2003) Phosphorus management for organic agriculture. In : JT Sims and AN Sharpley (Eds). *Phosphorus and Environment*. ASA, CSSA and SSSA (sous presse).

Oehl F, Oberson A, Tagmann HU, Besson JM, Dubois D, Mäder P, Roth HR, Frossard E (2002) Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. *Nutr. Cycl. Agroecos*. 62 : 25-35.

Pellerin F, Pellerin S, Vilette C, Boiffin J (2000) Evolution du raisonnement de la fertilisation phosphatée des grandes cultures. Etude par simulation de l'évolution des préconisations de fumure sur un échantillon test représentatif des sols et des successions du Nord du Bassin Parisien. *Etude et Gestion des sols*. 7 : 53-71.

Pellerin S, Le Clech B, Morel C, Linéres M (2003) Gestion de la fertilité phospho-potassique en agriculture biologique : questions posées et premiers résultats. *C. R. Acad. Agri. Fr. (sous presse)*. *C. R. de la session spéciale consacrée aux pratiques d'agriculture biologique*.

Perez G (2003)

GESTION DES APPORTS ORGANIQUES EN SYSTEMES DE CULTURE MARAICHERS SOUS ABRI

BRESSOUD F, PARES L
INRA-SAD
Unité expérimentale du Mas Blanc
66200 Alénia

Résumé

Afin d'améliorer les pratiques de fertilisation en maraîchage biologique, la minéralisation de 2 types de composts est évaluée par différentes méthodes sur plusieurs cultures salade-tomate successives. Les premiers résultats montrent une contribution de ces composts à l'alimentation de la culture estivale, sans incidence sur les rendements récoltés.

Mots-clefs :

amendement organique, minéralisation, maraîchage sous abri, laitue, tomate

Des méthodes à confirmer pour une problématique renouvelée

En maraîchage sous abri, les systèmes de culture combinant salades d'hiver et culture de tomate l'été sont fréquents. Or leur gestion pose problème aux producteurs biologiques, qui doivent essayer de combiner au mieux leurs apports organiques pour obtenir des minéralisations adaptées à ces successions de culture très courte et très sensible à l'azote et de culture longue exigeant une alimentation soutenue et régulière. On constate fréquemment des excès d'azote sur salade, avec risques de lixiviation et de dépassement de la norme en nitrates des légumes-feuilles, et carence azotée en fin de culture sur tomate. Peu de références sont mobilisables dans les conditions de forte dégradation des matières organiques en serre (conditions chaudes et humides, travail du sol très agressif).

Par ailleurs, ce système de production repose sur des apports conséquents et variés de composts organiques, notamment en cas de reconversion de sols. En effet, les systèmes maraîchers sont réputés agressifs vis à vis des états physiques du sol (récolte en conditions humides, nombreux passages d'engins...) et la matière organique du sol est de ce fait considéré comme un facteur de sécurité du système et de protection de la fertilité physique. Ces apports ne sont pas pris en compte dans la gestion de la fertilisation, et leurs caractéristiques mal connues, d'autant plus que le recours à des gisements locaux mal identifiés se développe.

Parallèlement à cet intérêt croissant pour les apports organiques, de nouveaux outils d'analyse sont en émergence : modèles de prévision, caractérisation des cinétiques de minéralisation et quantification de l'azote résiduel des produits commerciaux en voie d'inscription dans la norme AFNOR révisée.

Dans cette optique, il nous a paru intéressant d'étudier l'évolution à long terme d'apports répétés de compost de type variés et leurs incidences sur l'état physique du sol ainsi que leurs contributions à l'alimentation des cultures successives, et cela en combinant expérimentation et simulation avec les nouvelles méthodes afin de dégager des pistes de gestion des matières organiques.

A l'issue de 2 années d'étude, nous présentons les premiers résultats relatifs aux incidences des composts testés sur l'alimentation azotée du système de culture expérimenté, à savoir la succession des cultures suivantes :

- Salade 1 du 25 janvier 01 au 26 mars 02
- Tomate du 16 avril 02 au 19 août 02
- Salade 2 du 6 novembre 02 au 14 janvier 03
- Salade 3 du 27 janvier 03 au 8 avril 03
- Désinfection solaire du 22 juin 03 au 17 septembre 03

1. Pour appréhender les dynamiques de minéralisation.

Afin de rendre compte de dynamiques très différentes, 2 types de compost ont été choisis parmi les plus utilisés : un produit du commerce classique, à base de tourteaux végétaux (90%), fumier et chiquette de mouton (VG) et un compost de déchet vert urbain d'une plateforme locale (DV).

Ces produits présentent des caractéristiques différentes, avec des C/N respectivement de 16.5 et 21.6, et l'analyse de leur composition biochimique permettant d'estimer des taux respectifs d'azote résiduel de 70% et 20%.

Ces produits seront testés chacun à leurs doses préconisées (soit 4 et 24 t/ha), plus pour le produit du commerce une dose plus importante (13 t/ha), calée sur approximativement la même quantité d'azote résiduel que le compost de déchets verts, afin de pouvoir mieux comparer leurs évolutions dans le sol. Trois méthodes ont été comparées afin de décrire la minéralisation de ces produits après des épandages annuels.

1.1 Résultats selon les différentes méthodes

1.1.1. Bilans azotés à la parcelle

Sous une multichapelle plastique de 450 m² en 1^{ère} année de reconversion en agriculture biologique, les composts sont épandus tous les ans en fin d'automne (traitement DV24, VG4 et VG13). Un 4^{ème} traitement sans épandage servira de témoin (T). A noter qu'en maraîchage, pour chaque culture, l'incorporation de mottes de terreau représente un apport obligatoire de près de 1.5 T/ha, soit dans notre système 3 t/ha/an. Ce terreau présente un rapport C/N de 87.5.

Afin de permettre le démarrage correct des cultures sans estomper les incidences sur l'alimentation azotée, avant chaque culture on ajuste sur analyse le stock du sol par de la farine de plume à 50% des besoins estimés.

La caractérisation de l'abri par fractionnement granulométrique de sa matière organique montre un faible stock organique, plus proche des valeurs des sols tropicaux que des sols tempérés, principalement sous formes grossières peu évoluées que l'on attribue aux accumulations de terreaux, et très peu de formes stables. Ceci est caractéristique des sols maraîchers méditerranéens sous abri, de part le microclimat et la gestion du système de culture en agriculture conventionnelle.

En outre, les stocks d'azote initiaux sont assez élevés, avec des quantités qui deviennent négligeables au-delà de 70cm.

A des stades identifiés pour chaque culture, on prélève du sol sur 0-30 et 30-50 cm afin de doser l'humidité et les nitrates présents et on mesure l'azote prélevé par les plantes, avec 3 répétitions par traitements.

Le dispositif est choisi afin de minimiser les hétérogénéités liées à l'irrigation, très importante sous abri. Il ne permet pas de contrôler les hétérogénéités micro climatiques.

Le calcul du bilan hydrique permet de calculer les pertes en eau, et on estime ainsi les lixiviations de nitrates aux différentes profondeurs à partir des concentrations d'azote dans la solution du sol (méthode type "chasse d'eau"). Les autres termes du bilan étant mesurés ou négligés (dénitrification), on accède ainsi à la minéralisation au sein de chacune des répétitions.

On compare 2 calculs, sur l'horizon travaillé 0-30 cm où se localisent 80 à 90% des racines des différentes cultures, et sur 0-50 cm.

Un premier résultat est la quasi-inexistence de lixiviation au-delà de 30 cm, et a fortiori au-delà de 50cm. Ceci confirme les constats fait sur d'autres expérimentations à Alénia, où les seules pertes mesurées se trouvaient très localisées à l'aplomb du système d'irrigation localisé de la tomate, ce dont le calcul des bilans, non spatialisé, ne peut rendre compte.

Par ailleurs, l'évolution des stocks sur 30-50 cm et l'ampleur excessive de la minéralisation calculée sur 0-30 cm seulement montre que l'horizon 30-50 cm contribue fortement à l'alimentation des cultures et doit donc être pris en compte, ce qui est rarement le cas en culture maraîchère.

Pour la tomate, les résultats du calcul de la minéralisation réalisée à partir du bilan sur 0-50 cm, présentés figure 1, laisse même présager d'une contribution d'horizons plus profonds du fait de valeurs qui paraissent encore assez élevées en fin de culture. Il est probable qu'avec l'absence des apports par ferti-irrigation qui caractérise le maraîchage biologique, les horizons profond sous jacents au goutte à goutte ne seront plus enrichis, et que cette contribution s'amenuisera lors des prochaines cultures. Enfin, on note une minéralisation importante l'automne qui suit, y compris entre 30 et 50 cm, qui correspond peut être au surcroît de décomposition du au système racinaire de la tomate.

Au total, on aurait selon les traitements une minéralisation comprise entre 180 et 320 kgNha⁻¹an⁻¹, avec pour les trois épandages de compost DV24, VG4 et VG13 des taux de minéralisation de l'azote du produit atteignant respectivement 4%, 15% et 40%. Ces valeurs sont entachées d'une erreur importante du fait des hétérogénéités parcellaires non maîtrisées. Le sol minéraliserait l'équivalent de 0.38 kgNha⁻¹j⁻¹.

1.1.2. Transposition à la parcelle de cinétique de minéralisation en laboratoire

Parallèlement, on a mis en incubation des échantillons de sol seul ou avec ajout de nos 2 composts, afin de suivre les dynamique de libération des nitrates et du carbone. Ces incubations ont été conduites dans une étuve à 30°C durant 6 mois. Le protocole était calé sur les préconisations de la commission AFNOR, à savoir des échantillons de 30g de sol sec ramené à 75% de la capacité au champ, avec ajout de 0.5g du produit organique finement broyé, ce qui équivaldrait à des épandages à la dose de 79 t/ha.

Les résultats montrent pour l'azote un comportement très différent des deux produits, avec au bout de 30 jours, minéralisation de 30% de l'azote contenu dans le compost VG et peu

d'évolution ultérieure, tandis qu'on a pour le compost DV une immobilisation nette jusqu'au 60^{ème} jour qui s'estompe progressivement jusqu'à la fin de l'incubation.

Le dégagement de CO₂ montre une activité biologique importante pour les deux composts, supérieure à celle du sol nu, plus intense au départ pour le VG. Une 2^{ème} incubation réalisée sur le compost DV avec une fertilisation importante du sol (correspondant à 1000kgNha⁻¹) a montré une activité plus intense, ce qui accréderait l'hypothèse que l'évolution du produit DV est bloquée dans ces incubations par manque d'azote. Or cette carence est induite par des apports quatre fois supérieurs à ceux réalisés à la parcelle, et ne rend donc pas compte de la réalité. Il est donc important d'adapter le protocole d'incubation en prévoyant des compléments azotés en cas de C/N élevé.

Dans le cas des grandes cultures, Mary et al. (1999) ont montré que les estimations obtenues au laboratoire sont compatibles avec celles mesurées sur le terrain dès lors que l'on prend en compte l'effet de la température et de l'humidité du sol sur la vitesse de minéralisation de l'azote selon la loi suivante :

$$M_n = \sum_{j=1}^n V_m(j) \quad (n \text{ nombre de jours d'incubation})$$

$$V_m(j) = V_p f(T_j) g(\theta_j) \quad \text{avec } V_p = \text{vitesse de minéralisation maximale}$$

$$\text{et } f(T_j) = \exp[k*(T_j - T_{ref})] \quad \text{avec } k = 0.115 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ et } T_{ref} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$g(\theta) = (1-c) \frac{\theta_i - \theta_{PF}}{\theta_{CC} - \theta_{PF}} + c \quad \text{avec } c = \text{taux de minéralisation au point de flétrissement} = 0.2$$

θ_{PF} = humidité au point de flétrissement,

θ_{CC} = humidité à la capacité au champ.

Grâce aux mesures d'humidité et de températures du sol faites au champ et en étuve, on transpose après correction des doses les minéralisations obtenues au laboratoire aux conditions des parcelles (figure 2).

Les six mois d'incubation correspondent aux deux années d'essai en conditions réelles.

Exprimée en jour normalisé (15°C, humidité proche de la CC), la minéralisation du sol est assez faible (0.14 kgNha⁻¹j⁻¹), inférieure aux références connues en grandes cultures (0.4 à 0.8 kgNha⁻¹j⁻¹)

On remarque une dynamique assez peu tributaire des saisons, le système de culture avec irrigation et effet de serre, renforcé par l'utilisation de paillage au sol, régularisant les conditions hydriques et thermiques. En revanche, on constate une forte augmentation lors de la désinfection solaire, le procédé consistant à augmenter par paillage transparent la température du sol, qui atteint alors 40°C à 15 cm.

Grâce à la relative régularité des conditions liées au système de culture sous abri, il semble possible de proposer une correspondance simplifiée avec des incubations normalisées (à 15°C) au laboratoire :

- 1 jour de culture de salade correspond à 0.8 jours d'incubation
- 1 jour de culture de tomate correspond à 1.9 jours d'incubation
- 1 jour de désinfection solaire correspond à 8.4 jours d'incubation

L'intérêt de cette méthode est de pouvoir facilement simuler des combinaisons d'apports, ou de faire varier les conditions. Par exemple, en remplaçant les conditions du sol sous solarisation par celle correspondant à un sol laissé nu, on trouverait une minéralisation de la matière organique du sol inférieure de 60 kgNha⁻¹.

Au total, on aurait selon les traitements une minéralisation comprise entre 100 et 180 kgNha⁻¹an⁻¹, avec pour les composts DV et VG des taux de minéralisation de l'azote du produit atteignant respectivement -4% et 51%. Le sol minéraliserait l'équivalent de 0.29 kgNha⁻¹j⁻¹.

1.1.3. Simulation sur modèle de culture (STICS)

Le modèle STICS développé par l'INRA est un modèle de fonctionnement des cultures, avec des variables d'entrée relatives au climat du sol et au système de culture d'accès facile, qui expliquent son succès auprès de partenaires professionnels. Ses variables de sorties sont

relatives à la production (quantité et qualité), à l'environnement et à l'évolution des caractéristiques de sol sous l'effet de la culture. Depuis 2001, l'introduction de deux modules permettant de simuler le développement de cultures de salade et tomate ont permis son utilisation comme outil de diagnostic en maraîchage conventionnel. La question se pose de sa capacité pour simuler les minéralisations dans le contexte très particulier de l'abri, et particulièrement en cas d'apport organique comme dans le cas de l'agriculture biologique. STICS simule indépendamment, en tenant compte des conditions de sol (température et humidité)

- la minéralisation de la matière organique humifiée du sol, en fonction d'un potentiel lié aux taux de matière organique, de calcaire et d'argile
- la minéralisation des résidus de culture, en leur attribuant par type une cinétique de minéralisation fonction de leur C/N. Cette relation avec le C/N a été établie à partir de résultats expérimentaux sur des résidus de culture.

Il existe dans le logiciel un type "compost", à partir d'une base de donnée encore très peu étoffée.

Dans le cas de nos composts, il est rapidement apparu que les cinétiques déduites des C/N ne rendaient pas bien compte de l'évolution réelle des produits. Ceci est probablement dû au fait que ce sont des mélanges complexes, difficilement comparables avec des résidus de culture aux compositions très spécifiques.

Grâce à la collaboration de l'équipe de Reims à l'origine de cette modélisation, qui a forcé le modèle avec les données des incubations réalisées sur nos composts, nous avons pu réaliser une 2^{ème} série de simulations. Il semblerait que dans le cas de composts comprenant des produits d'origine animale (ici le compost VG), le formalisme actuel ne soit pas adapté.

La constitution de bases de données par type de produit pourrait permettre à terme d'améliorer cette modélisation.

En revanche, la minéralisation de la matière organique endogène du sol semble cohérente avec les résultats expérimentaux et d'incubation.

Par ailleurs, la simulation des cultures a conduit à des résultats très différents de la réalité, particulièrement sur la tomate. Il semble nécessaire d'améliorer le paramétrage de ces cultures, d'autant plus qu'elles génèrent dans les simulations les états du sol qui influent sur l'ensemble des phénomènes décrits.

1.1.4. Comparaison des résultats selon les méthodes et les traitements

La comparaison des résultats du suivi parcellaire et de la transposition des incubations montrent des écarts importants en quantité de nitrates libérés, au profit de la 1^{ère} méthode, bien que le recours au broyage très fin pour les incubations laisserait présager le contraire. Il faudrait considérer que la minéralisation a été surestimée de 150 kgNha^{-1} durant la culture de la tomate et l'automne suivant pour trouver une assez bonne coïncidence des courbes, sauf pour DV où les valeurs ne peuvent correspondre vu les problèmes rencontrés à l'incubation.

Cette valeur paraît assez importante, mais n'est pas à exclure. Elle comprendrait les restitutions de la culture de tomate, qui ne sont pas prises en compte dans les incubations et peuvent être estimées à $20\text{-}30 \text{ kgNha}^{-1}\text{an}^{-1}$, ainsi qu'une contribution des horizons profonds, où les racines de tomate sont effectivement présentes.

Sauf pour l'incubation de DV, les deux méthodes s'accordent pour montrer sur toute la durée de l'essai une minéralisation supérieure à celle du sol en cas d'apport de compost, avec des gains de l'ordre d'une trentaine d'unité sur les périodes de culture, et atteignant même la centaine pour le traitement à très fort apport de VG.

2. Contribution à l'alimentation des cultures

2.1. Rendement et qualité

La figure 3 présente les rendements commercialisables des cultures successives.

Du fait de la variabilité au sein des répétitions, on ne dégage pas de différences significatives

entre traitements, bien qu'il semble que des tendances commencent à se dessiner qui pourraient peut être s'affirmer à l'avenir.

Ces rendements sont la combinaison d'un poids moyen récolté et du taux de déchet sur ces récoltes (individus avec défauts ou hors calibre commercial, plus parage des feuilles atteintes de maladies sur salades). Sur chacun de ces deux critères de jugement, on n'a pas là encore de différences significatives, mais des pistes qui seront à confirmer.

Globalement, on note des rendements très corrects sur la tomate, et qui semblent décroître sur la salade.

Afin d'analyser cela en tenant compte des conditions climatiques différentes pour les 3 cultures de laitue, nous avons recherché la meilleure relation entre un poids moyen optimal et les conditions qui influent sur la croissance, à savoir une somme de degré-jour (température moyenne de l'abri moins température de base de la salade (3.5°C)) sous conditions de rayonnement.

On trouve la relation suivante :

$$P_{mopt} = 1.05 \times D_j^{Rg} + 156 \quad \text{avec} \quad D_j^{Rg} = \sum(T_i - 3.5) \text{ si } R_{gi} > 10 \text{ MJ/m}^2/\text{j} \\ R^2 = 0.90$$

La comparaison entre ces valeurs optimales calculées et les valeurs mesurées montrerait effectivement une perte de croissance de la culture de salade au fil du temps.

De plus, le taux de déchet augmente également en 3^{ème} laitue, sans différence suffisamment significative entre les traitements.

2.1.1 Nutrition azotée

La mesure de l'azote exporté dans les parties aériennes des cultures est présenté figure 4. A partir de ces mesures et de celles relatives à la matière sèche produite, nous avons calculé l'indice de nutrition azotée (INN) selon les formules :

$$QNc = 4.53 \times MS^{-0.327} \times 10 \times MS$$

avec QNc = quantité critique d'azote contenue dans les organes aériens

MS = matière sèche des organes aériens de la culture (en tha^{-1})

$$INN = QN/QNc$$

avec QN = quantité d'azote exporté par les organes aériens de la culture (en kg Nha^{-1})

Cet indice est utile pour juger du niveau de nutrition azotée d'une culture. On peut considérer qu'il y a carence azotée lorsqu'il est inférieur à 0.9, et excès lorsqu'il dépasse 1.1.

Pour la culture de tomate, on a des différences d'exportation hautement significatives entre les traitements, avec 3 groupes : T, DV24 et VG4, et VG13. Les valeurs de l'INN sont de 1.1 pour le témoin et de 1.3 pour les 3 traitements avec compost.

Sur cette culture longue, il semble y avoir un effet des apports de composts de l'automne précédent, qui favorisent une meilleure alimentation azotée de la culture. Dans le cas de DV, cette contribution a été plus tardive, avec une vigueur un peu faible au départ et en revanche une relance de la charge en fruit en fin de culture.

Sur les cultures de salade, on retrouve pour les exportations d'azote une baisse au cours du temps relative à la perte de rendement, mais pas de différences significatives entre traitements. Les indices INN suivent la même décroissance.

La figure 5 illustre la relation existante entre la nutrition azotée et la perte de croissance calculée selon le modèle précédent. Il semble bien que la raréfaction de l'azote disponible dans le sol avec cet enchaînement de cultures entraîne une moindre croissance de la 3^{ème} salade, sans incidence des amendements organiques aux doses habituellement préconisées.

Conclusion :

A l'issu de ces deux premières années, il n'est pas possible de conclure sur l'adéquation des nouvelles méthodes de simulation des minéralisations aux conditions de l'abri, même si la technique des incubations semble prometteuse en adaptant les protocoles.

Le suivi des cultures laisse présager d'un intérêt des apports de compost sur l'alimentation azotée de la culture de tomate, qui devra être confirmé. En revanche, on ne distingue pas

pour le moment d'incidences significatives sur les cultures de salade.

La répétition de ce système de culture devrait permettre de revoir ces résultats dans un contexte différent, avec l'épuration des stocks d'azote en profondeur issus des gestions précédentes. Par ailleurs, il sera intéressant alors de coupler ceci avec les premiers résultats sur l'évolution à moyen terme de ces amendements et les autres incidences étudiées, notamment concernant la structure du sol.

Bibliographie :

Rapports :

BEAUMONT.L. (2002). Gestion des apports organiques en maraîchage sous abri. Rapport de DAA. INRA-SAD Alénya, 60 p.

Figure 1 : Minéralisation déduite des suivis parcellaires par la méthode des bilans

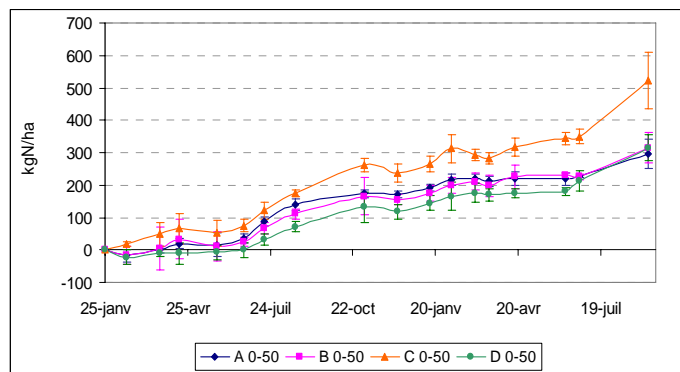


Figure 2 : Minéralisation déduite des incubations en laboratoire

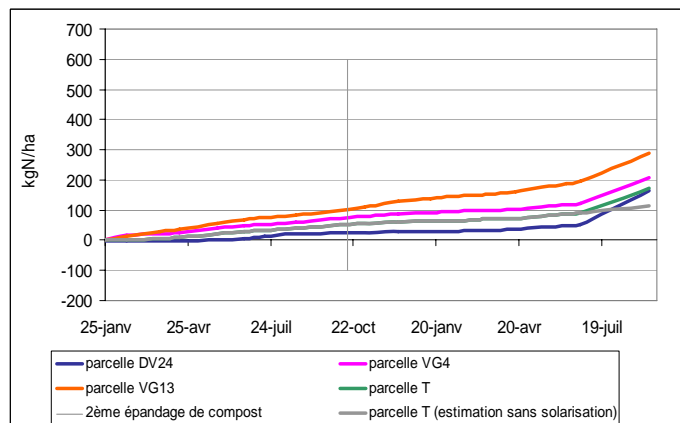


Figure 3 : Rendements commercialisables des cultures selon les traitements

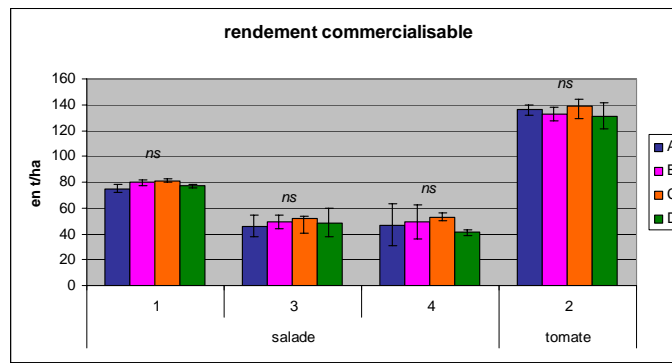


Figure 4 : Exportation d'azote des cultures (organes aériens) selon les traitements

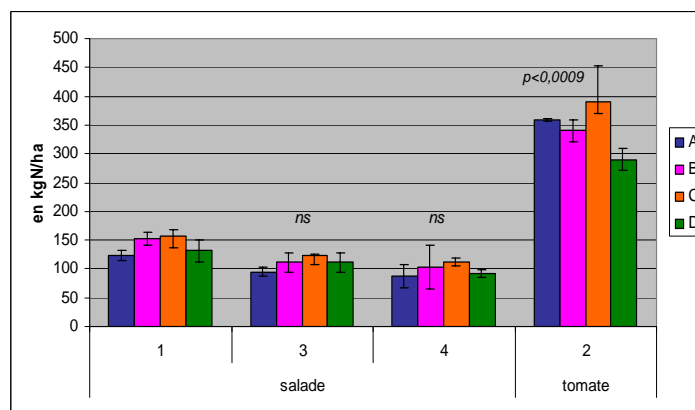
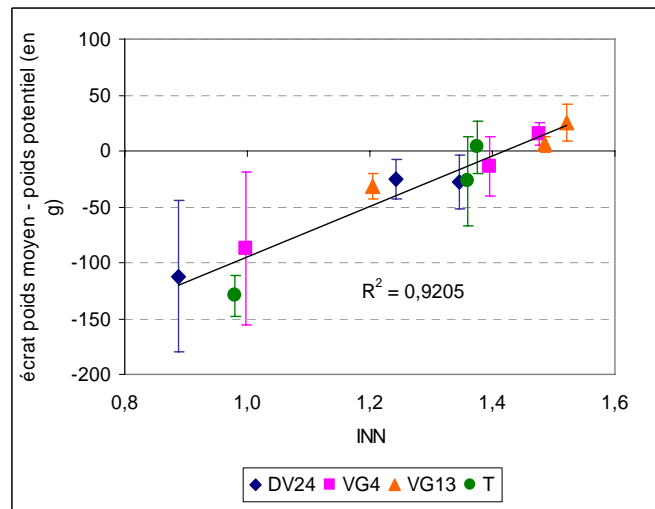


Figure 5 : Relation entre croissance des salades et indice de nutrition azoté (INN)



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ARRUFAT A., 1996 - Concombre sous abri : lutte biologique ; publication CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT, 1997- Aubergine sous abri : lutte biologique ; publication CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT, 1997- Poivron sous abri : lutte biologique ; publication CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT A., 1999 - Tomate sous abri : lutte contre les acariens par décapage des structures; publications CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT A., 1999 - Tomate sous abri : lutte contre les acariens par traitement généralisé ou traitement localisé (huiles minérales) ; publications CIVAMBIO 66, Perpignan.
- AUGER P., TIXIER M.S., KREITER S., VERGONJEANNE H. , 1999 - Effet acaricide du soufre mouillable sur *Tetranychus urticae* Koch en conditions contrôlées. Phytoma, la défense des végétaux - n° 515, avril 1999.
- BOULFEKHAR-RAMDANI H.,2002 - étude au laboratoire de la toxicité de 3 extraits foliaires vis à vis de *Tetranychus urticae* et effet sur le prédateur *Phytoseiulus persimilis*. 2^{ème} conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. Lille, 4 au 7 mars 2002.
- CAPY A. et al,2000 - protection biologique et intégrée contre les acariens - Compte-rendu d'essai- publication APREL - St Rémy de Provence.
- CAPY A. et al,2001 - protection biologique et intégrée contre les acariens - Compte-rendu d'essai- publication APREL - St Rémy de Provence.
- CAPY A., MAZOLLIER C., LENFANT C.,2002 - protection biologique et intégrée contre les acariens en culture de melon sous abri en Provence. 2^{ème} conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. Lille, 4 au 7 mars 2002.
- MAZOLLIER C., JORANDON J.M., 2000 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur melon sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., 2001 - Le soufre contre l'Oïdium en maraîchage biologique. Forum fruits et légumes biologiques, ITAB-GRAB-GABNOR, Lille. Publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A., 2001 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur melon sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A., 2001 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur concombre sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A, 2002 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur melon sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., VIGNEAU S., 2002 - Pression et méthodes de lutte contre les ravageurs aériens en maraîchage biologique méditerranéen. Publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A, 2003 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur aubergine sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- PAVELA R., 2003 - The effect of commercial botanical insecticides from *Azadirachta indica* on *Tetranychus urticae* in Czech Republic - international Symposium on Greenhouse Tomato. Avignon, 17th, 18th, 19th September 2003.
- PIJNAKKER J.- *Feltiella acarisuga*, un auxiliaire prometteur contre les acariens - PHM n°432. SERBIOS (société italienne de produits phytosanitaires), 2000. Documentation technique sur le produit Dirachtin, à base d'Azadiractine.
- TROTTIN Y., CAPY A., 1999 - La protection intégrée du melon sous abri. Infos-Ctifl n°157, décembre 1999.

IMPORTANCE ET ROLES DES ENGRAIS VERTS

Catherine MAZOLLIER et Hélène VEDIE (GRAB*)

* Groupe de Recherche en Agriculture Biologique – Site Agroparc – B.P. 1222 – 84 911 AVIGNON Cedex 9 - maraichage.grab@freesbee.fr

La réalisation des engrais verts est une des pratiques de base en agriculture biologique ; elle est souvent considérée comme une des clefs de la réussite des cultures. En maraîchage biologique, les engrais verts constituent une des réponses aux nombreuses préoccupations rencontrées : maintien de la fertilité des sols, maîtrise des adventices, protection sanitaire.

Mots-clés : engrais verts – fertilité – lutte contre les adventices

Les engrais verts, acteurs de la fertilité des sols

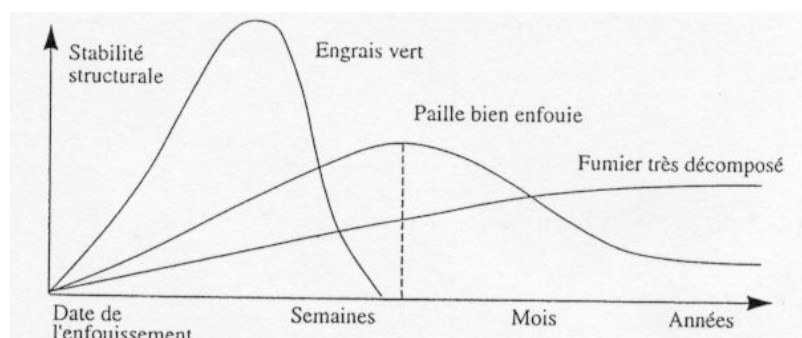
Les engrais verts jouent un rôle important dans le maintien ou l'augmentation de la fertilité des sols : ils protègent et améliorent la structure, stimulent l'activité biologique et permettent une meilleure disponibilité des éléments fertilisants pour la culture suivante. En outre, leur rôle environnemental est fondamental : cultiv es en inter-culture automnale, ils limitent le lessivage des nitrates et l'érosion des sols, qui sont autant d'inconvénients dus aux sols nus.

Engrais verts et structure des sols

Les engrais verts permettent d'améliorer la structure du sol, en surface comme en profondeur.

- Le couvert végétal protège la surface contre l'effet déstructurant des pluies (battance et prise en masse), du vent ( rosion éolienne) et du soleil (dessèchement).
- Les racines augmentent la cohésion et le maintien du sol en place, diminuant ainsi les risques d'érosion. Cet effet, associ e à l'effet couverture, diminue considérablement les pertes de terre fine (et fertile...) en zones sensibles.
- L'action mécanique des racines provoque la fissuration du sol, et ce d'autant plus que le système racinaire est dense et puissant. Ce phénomène est particulièrement important avec les graminées (système racinaire fin et dense) ou les crucifères (racines pivotantes puissantes).
- L'enfouissement d'une grande quantité de biomasse fraîche provoque la prolifération des vers de terre qui se nourrissent des débris végétaux. La population de vers (qui peut tripler dans ces conditions), en creusant des galeries, augmente la porosité du sol et facilite ainsi le ressuyage et l'aération.
- L'abondance de nourriture fermentescible stimule l'activité microbienne. La dégradation de cet apport de matière organique va libérer des produits transitoires qui sont particulièrement actifs sur la stabilité structurale. L'effet sur la stabilité structurale est fugace mais néanmoins intense (voir figure). Plus l'engrais vert est enfoui jeune, plus la prolifération microbienne est intense et de courte durée.

Effet de l'enfouissement sur la stabilité structurale des sols (d'après Monnier)



Engrais verts et fertilisation

Les engrais verts apportent au sol des matières organiques qui se dégradent rapidement. Ils produisent donc peu de substances humiques, d'autant moins que leurs tissus sont jeunes et peu lignifiés. Ils peuvent par contre améliorer la nutrition de la culture suivante.

- Les engrais verts à base de légumineuses, du fait de la fixation symbiotique de l'azote de l'air, enrichissent le sol en azote. Cette fixation est importante lorsque le sol n'est pas trop riche en azote, ce qui favorise le développement des nodosités racinaires, siège de la fixation. Un couvert de 3 tonnes/ha de vesce pourrait ainsi remettre à disposition 50 à 100 unités d'azote disponibles. L'effet sera variable en fonction de la culture suivante (besoins correspondant aux périodes de minéralisation) et des conditions pédo-climatiques.
- Les engrais verts remettent à disposition des éléments fertilisants en quantités importantes et sous des formes plus disponibles. Ainsi, la quantité de phosphore assimilable augmenterait après la culture d'un engrais vert (Aubert, 80). De même, certains engrais verts, et notamment les crucifères, ont l'aptitude d'extraire du potassium des minéraux silicatés du sol.

L'enracinement profond de certains engrais verts (graminées) permet de prélever les éléments en profondeur et de les restituer en surface après destruction. C'est particulièrement vrai pour les nitrates, qui sont très mobiles et peuvent ainsi être soustraits au lessivage. Les crucifères, également fortes consommatrices d'azote, sont utilisables en tant que CIPAN : (= cultures intermédiaires pièges à nitrates), notamment dans les zones dites vulnérables.

Ce rôle environnemental est fondamental, et sera d'autant plus efficace que le couvert sera bien développé avant les pluies hivernales.

Les engrais verts et la maîtrise des adventices

Le pouvoir concurrentiel des engrais verts vis-à-vis des adventices s'explique par différents phénomènes :

- certaines espèces laissent les adventices se développer, puis leur croissance rapide a ensuite un effet « assommoir » (concurrence interspécifique) : les adventices sont étouffées par le couvert végétal (cas des crucifères et du sorgho fourrager) ;
- certaines espèces sécrèteraient des toxines empêchant la germination et la croissance des adventices (cas du sarrasin et du seigle).

Certaines espèces ont un intérêt très net contre l'ensemble des adventices (tableau 1).

Tableau 1 : espèces intéressantes contre les adventices

espèce	observations
sarrasin	espèce inhibant très nettement la croissance des adventices
seigle	bonne concurrence
crucifères	colza, radis fourrager, moutarde : plantes vigoureuses, assez bonne concurrence
mélange céréalière	association fréquente céréale (blé, orge, avoine) et légumineuse fourragère (vesce, trèfle, mélilot)

D'autres ont un intérêt particulier contre une espèce d'adventice : c'est le cas de l'avoine contre le chardon. Il semble également intéressant de semer en engrais vert une espèce voisine de l'adventice comme par exemple l'avoine contre la folle avoine, le seigle contre le chiendent, le colza contre la moutarde et la ravenelle. Ces espèces pourront être utilisées dans les conditions précisées dans le tableau 2.

Tableau 2 : espèces efficaces contre certaines adventices

contre adventice	espèce	dose
chiendent	seigle +vesce	120 Kg/ha + 50 Kg/ha
chardon	avoine +vesce	70 Kg/ha + 50 Kg/ha
folle avoine	avoine +vesce + Ray Grass	80 Kg/ha + 40 Kg/ha + 5 - 10 Kg/ha
moutarde et ravenelle	seigle +colza	60 Kg/ha + 5-10 Kg/ha

En revanche, surtout si les conditions de germination ou de développement sont médiocres, certaines espèces à croissance assez lente laissent les adventices envahir la parcelle et favorisent leur maintien, notamment en cas de montée à graines de celles-ci. C'est notamment le cas de :

- certaines graminées dans des conditions de culture trop chaudes (sous abris notamment), comme le Ray Grass italien et le Ray Grass anglais,
- certaines légumineuses fourragères (si elles sont semées seules notamment), comme la féverole, mais aussi la vesce et le trèfle incarnat,
- la phacélie, particulièrement en conditions trop chaudes (engrais vert d'été sous tunnel).

Ce phénomène est accentué en cas de culture courte, ces espèces lentes n'ayant alors pas un temps de culture suffisant pour « rattraper » leur retard par rapport aux adventices.

Incidence des engrais verts dans la lutte contre les ravageurs et maladies

L'utilisation des engrais verts peut également répondre à un objectif précis de lutte contre les ravageurs et les maladies, mais dans certains cas, leur impact peut être négatif (voir tableaux 3 et 4). Certaines espèces d'engrais verts présentent en particulier une forte appétence vis-à-vis des limaces (tableau 5)

Tableau 3 : de nombreux effets positifs

ESPECES	INCIDENCE
Crucifères : colza fourrager, Moutarde, radis fourrager	effet désinfectant du sol par libération de composés soufrés : application possible de la méthode de <u>bio-désinfection</u> : culture d'engrais vert puis broyage et solarisation
Moutarde, radis fourrager : certaines variétés résistantes au	limitent le développement du nématode de la betterave

nématode de la betterave	(<i>Heterodera schachtii</i>)
Ray Grass italien	plante piège de la hernie des crucifères
Tagetes, crotalaire	propriétés nématocides vis-à-vis de <i>Meloidogyne</i>
phacélie	propriétés nématocides vis-à-vis de <i>Meloidogyne</i> et <i>Heterodera schachtii</i>

Tableau 4 : quelques impacts négatifs

ESPECES	INCIDENCE
Crucifères : colza fourrager, Moutarde, radis fourrager (sauf variétés résistantes)	plantes hôtes du nématode de la betterave (<i>Heterodera schachtii</i>) plantes hôtes de la hernie des crucifères et de nombreux ravageurs (piéride, mouche du chou, noctuelles, limaces...) risque de transmission du <i>Sclerotinia</i> (présent sur colza)
phacélie	plante hôte du virus Y de la pomme de terre (PVY) plante hôte pour pucerons, thrips, aleurodes

Tableau 5 : appétence de différentes espèces d'engrais verts vis à vis des limaces (source essais ITCF- 2002)

ESPECES	limaces grises	limaces noires
peu appétentes	radis, phacélie, vesce, Blé, avoine	phacélie, trèfle violet
appétentes	trèfle incarnat, trèfle violet, RGI, orge d'hiver, triticales	trèfle incarnat, vesce
très appétentes	Crucifères, trèfle	

Les limites des engrais verts

Dans certaines situations, la réalisation d'un engrais vert peut s'avérer préjudiciable. Il convient donc de raisonner sa décision en fonction du contexte de la parcelle ou de l'exploitation. Il est notamment primordial de vérifier qu'on dispose d'une période assez longue pour sa mise en place.

La plupart des inconvénients attribués aux engrais verts proviennent **d'erreurs dans les techniques culturales** :

- enfouissement trop tardif (délai trop court avant la culture suivante),
- enfouissement en profondeur d'un engrais vert frais.

Ces erreurs conduisent à des fermentations anaérobies qui perturbent la vie du sol et sont néfastes au développement de la culture suivante : risque de phytotoxicité, de faim d'azote, de mauvaise préparation du sol.

En cas de fort enherbement, les engrais verts ne sont pas forcément conseillés.

- Dans le Sud de la France, il peut être préférable de remplacer l'engrais vert par une solarisation en période estivale : l'effet de la solarisation contre les adventices sera supérieur à celui de l'engrais vert. De plus, cette désinfection aura également un rôle intéressant contre certains pathogènes du sol (*Sclerotinia*, *Rhizoctonia*).
- Si la parcelle présente beaucoup d'adventices vivaces (chiendent ou liseron), il conviendra éventuellement de renoncer à l'engrais vert pour laisser le sol nu et pratiquer des binages répétés en conditions sèches.
-

Dans certaines situations, un engrais vert peut favoriser **le développement de ravageurs**.

- En cas de forte infestation de taupins, il est préférable de laisser un sol nu et sec en période estivale : cette technique permettra de limiter les pontes (absence de végétation) et de permettre la dessiccation des œufs .

- De même, en présence de fortes populations de campagnols, le maintien d'un sol nu et des opérations régulières de travail du sol pourraient s'avérer préférables à un engrais vert.
- En cas de forte infestation en limaces dans la parcelle, la culture d'engrais vert est généralement déconseillée, car elle favorise leur conservation : biotope non perturbé car maintien des conditions d'humidité et de nourriture.

D'autres inconvénients peuvent conduire à ne pas introduire d'engrais verts :

- le risque de repousse de l'engrais vert lors de la culture suivante, soit en raison d'une montée à graines due à broyage trop tardif, ou en cas de drageonnage (phacélie) ou tallage (graminées) ;
- des ressources limitées en eau. Celles-ci ne sont pas toujours suffisantes pour l'engrais vert, ou engendrent une concurrence possible de celui-ci vis-à-vis des autres cultures de l'exploitation. Il existe également un risque d'assèchement du profil en cas d'engrais vert hivernal broyé tardivement avant la culture suivante en plein champ non irrigué.

Cet article est issu de l'article paru dans Alter Agri n° 60, juillet/août 2003

Bibliographie

- Aubert Claude, 1980. Les engrais verts, document technique ACAB.
- Courtade Nadine et Lizot Jean François, 1995. Intérêt agronomique des engrais verts. Alter Agri n° 14.
- FIBL/SRVA, 2000. Les engrais verts : clef du succès des maraîchers bio. Edition FIBL, Suisse.
- Guet Gabriel, 2002. Mémento d'agriculture biologique, Edition Agridécisions.
- ITCF, 2002. Les inter-culturales : colloque au champ, Edition ITCF
- Leclerc Blaise, 2001. Guide des matières organiques. Edition ITAB
- Montfort Bruno, 1987. La technique des engrais verts, CARAB dossier technique .
- Pousset Joseph, 2000. Engrais verts et fertilité des sols, Edition Agridécisions.
- Raffin Roger, 2000. Fiches technique engrais verts, Edition Chambre d'Agriculture 69.

ENGRAIS VERTS EN MARAÎCHAGE : DES REFERENCES RECENTES POUR CHOISIR LES ESPECES

Cécile GUILLAUME (SICA Centrex*) et Hélène VEDIE (GRAB**)

* SICA Centrex – 66 440 TOREILLES – centrex@wanadoo.fr

** Groupe de Recherche en Agriculture Biologique – Site Agroparc – B.P. 1222 – 84 911 AVIGNON Cedex 9 -
maraichage.grab@freesbee.fr

Plusieurs stations de recherche ou d'expérimentation et organismes de développement de la région méditerranéenne travaillent sur les engrais verts pour obtenir des références locales en fonction des systèmes de culture. Les résultats d'essais permettent d'ores et déjà de conseiller les espèces les mieux adaptées en fonction du créneau, automne/hiver ou printemps/été, et en fonction des objectifs recherchés sur une parcelle : lutte contre l'érosion, lutte contre les adventices, limitation du lessivage des nitrates, amélioration de la structure du sol...

L'article qui suit fait le point sur les différents engrais verts testés dans la région, en maraîchage sous abri ou en plein champ.

Mots-clés : Engrais verts – Maraîchage – cultures pièges à nitrates (CIPAN)

Engrais verts d'automne / hiver

Les résultats d'essais présentés ci-dessous font le point sur différentes espèces testées pour des semis d'août à octobre : qualité d'installation du couvert, production de biomasse, effet sur la fertilisation, conséquences sur la culture suivante et intérêt environnemental pour la protection de la qualité de l'eau.

Ces différents aspects doivent permettre de faire son choix, en prenant soin de profiter de cette interculture pour alterner avec les familles couramment cultivées sur les parcelles.

Qualité d'installation de la couverture hivernale

La date de semis conditionne largement la réussite de l'engrais vert : il est préférable de s'orienter vers des semis de crucifères, légumineuses ou mélange d'espèces en fin d'été, alors qu'à partir d'octobre, les graminées (seigle, ray-grass d'italie, triticale...) sont mieux adaptées.

Dans les différents essais (tableau 1), les crucifères s'installent le plus rapidement, et permettent donc de lutter plus efficacement contre les adventices. Elles sont aussi recommandées pour lutter contre l'érosion en zones sensibles, car les pluies les plus violentes ont généralement lieu en septembre et octobre dans la région. En revanche, elles abritent une population importante de ravageurs (gastéropodes, punaises, chenilles) et sont moins résistantes au froid. En mélange, elles prennent rapidement le dessus et étouffent les espèces associées.

Les graminées s'installent plus lentement et limitent moins les adventices, mais elles en étouffent une bonne partie si la durée d'interculture est suffisante. Les mélanges graminées (seigle ou RGI) et vesce donnent de très bons résultats, la graminée servant de tuteur à la vesce qui se développe dans un second temps.

Tableau 1 : Caractéristiques des couverts hivernaux en région méditerranéenne

Espèce	Dose de semis (kg/ha)	Couverture du sol (%)	Lutte contre les adventices	Résistance au froid	Période semis recommandée	Remarques
MONO ESPECE						
Navette fourragère	12-15	Très Rapide – (100 %)	Très bonne	Bonne	septembre	Ravageurs
Moutarde blanche	10-15	Très Rapide – (100)	Très bonne	Faible	Août septembre	Ravageurs
Radis fourrager	15-20	Rapide – (100)	Très bonne	Moyenne	Août septembre	Ravageurs
Raifort	3	60 %	Très bonne		Août septembre	
Seigle fourrager	100	Lente – (80 %)	Moyenne	Bonne	Septembre octobre	Risques de repousses
Ray-grass Anglais	15-20	Lente	Moyenne	Très Bonne	Septembre	Risques de repousses
Ray-grass Italien	15-25	Moyenne	Bonne	Bonne	Septembre	
Orge	100	Moyenne	Moyenne	Bonne	Septembre octobre	Maladies
Triticale	100	Moyenne	Moyenne	Bonne	Septembre octobre	
Phacélie	12-20	Moyenne – (70)	Moyenne	Faible	Août	Ravageurs - Peu adaptée hiver
MELANGE D'ESPECES						
Seigle + vesce	70 + 50	Moyenne – (100)	Moyenne	Bonne	Septembre octobre	
Seigle + trèfle incarnat	40 + 10	Moyenne – (70)	Moyenne	Bonne	Septembre octobre	Le trèfle est étouffé
Seigle + RGI	30 + 20	Moyenne – (100)	Bonne	Bonne	Septembre octobre	Prédominance du RGI
RGI + Vesce	15 + 7	Moyenne – (100)	Bonne	Bonne	Septembre octobre	
Seigle + navette	22 + 3	Rapide – (100)	Très bonne	Bonne	Septembre	La navette étouffe le seigle
14 espèces	50	Rapide – (100)	Très bonne	Bonne	Septembre octobre	Nette prédominance des crucifères

Production de biomasse

Après 3 à 5 mois de culture, les engrais verts atteignent des rendements de 10 à près de 80 tonnes de matière brute à l'hectare (tableau 2). La masse de végétation est particulièrement importante avec les crucifères, et surtout le radis fourrager. Les crucifères étant aussi des couverts riches en eau (la teneur en matière sèche est de l'ordre de 8 à 15 %), les différences sont moins impressionnantes sur les rendements en matière sèche, qui varient tout de même de 2 à 9 tonnes/ha. Les rendements en matière sèche obtenus sont en

général plus élevés que ceux indiqués dans la bibliographie car les conditions climatiques des hivers méditerranéens permettent un développement végétatif plus important.

Les biomasses sèches les plus importantes sont obtenues avec le radis fourrager, le seigle dans certains essais, et le mélange de 14 espèces (avec prédominance des crucifères). Le mélange seigle et vesce produit aussi près de 5 tonnes de MS/ha.

Cette biomasse verte, après enfouissement, va servir de nourriture et ainsi activer les vers de terre et la biomasse microbienne du sol. L'effet sera d'autant plus intense que le couvert sera plus facilement dégradé (rapport C/N faible). La rapidité de décomposition dépend notamment du rapport C/N, qui est plus faible pour les couverts pauvres en lignine et cellulose et/ou riches en azote (crucifères, légumineuses, couverts peu lignifiés).

Fertilisation : oui, mais....

Les engrais verts accumulent dans leurs tissus des quantités plus ou moins importantes d'éléments nutritifs. Dans les essais conduits dans la région, les teneurs varient entre 2 et 4 % d'azote, 0,4 et 1 % de phosphore et 1,5 et 5,5 % de potasse dans la matière sèche des parties aériennes des couverts (tableau 2). Pour des rendements matière sèche de l'ordre de 2 à 6 tonnes par hectare, on a donc des quantités absorbées qui dépassent couramment **100 kg N/ha, 30 kg P₂O₅/ha et 150 kg K₂O/ha.**

Les résultats varient quelque peu selon l'engrais vert cultivé :

- les graminées mobilisent plutôt moins d'azote et surtout moins de potasse, que les autres engrais verts testés,
- les crucifères mobilisent beaucoup d'azote, et beaucoup plus de potasse, surtout le radis fourrager.
- Les légumineuses sont particulièrement riches en azote, qu'elles puisent dans le sol directement ou dans l'air par l'intermédiaire de bactéries symbiotiques qui siègent dans les nodosités racinaires. C'est pourquoi le mélange seigle + vesce contient 3,9 % d'azote contre 3 % pour le seigle seul dans l'un des essais.

Ces éléments nutritifs peuvent ensuite être mis à disposition de la culture suivante, plus ou moins complètement et rapidement, en fonction de la décomposition du couvert.

- le phosphore et la potasse sont aussi bio-disponibles que ceux apportés par les engrais les plus solubles.
- l'azote sera minéralisé, mais ne sera disponible qu'en partie, plus ou moins rapidement en fonction de la qualité du couvert, en particulier du rapport C/N (voir figure 1).

Figure 1 : Teneurs en azote du sol après enfouissement d'engrais verts
Essai GRAB 2003 (semis d'octobre 2002)

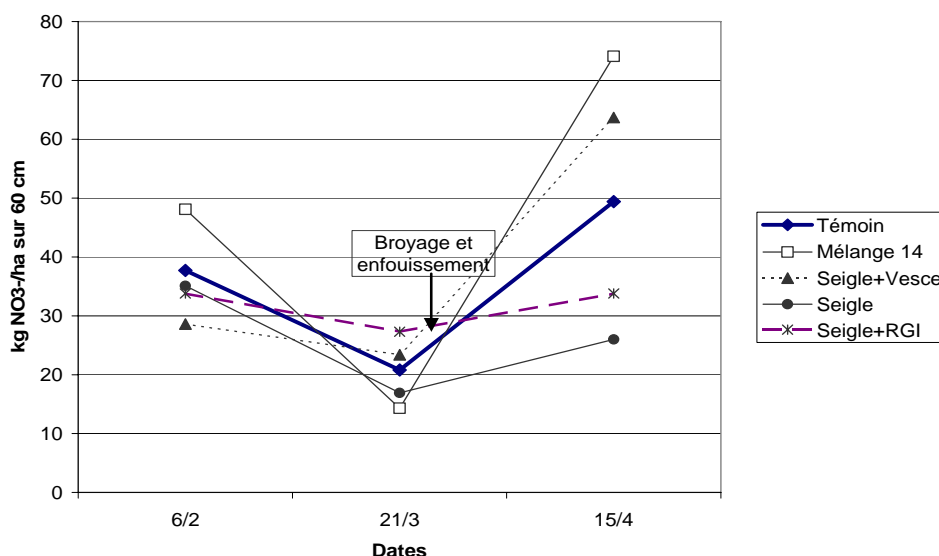


Tableau 2 : Données quantitatives et qualitatives sur les engrais verts

Semis d'août à octobre - 3,5 à 6 mois de culture

	Espèce	Résultats quantitatifs			Résultats qualitatifs			
		Nombre d'essais	Biomasse fraîche (t/ha) Moyenne	Biomasse sèche (t MS/ha) Moyenne (mini-maxi)	N (‰ de MS) Moyenne	P ₂ O ₅ (‰ de MS) Moyenne	K ₂ O (‰ de MS) Moyenne	C/N
Crucifères	Navette fourragère	3	31,5	4,0 (2,8 - 4,6)	26,3	7,1	37,8	15,5
	Moutarde blanche	4	24,7	3,8 (3,0 - 4,9)	26,4	3,6	36,1	
	Radis fourrager	4	54,1	5,2 (2,6 - 7,5)	33,9	5,5	47,4	
	Mélange 14 espèces (Colza, Navette)	1	77,5	6,1	41			9,1
Graminées	Seigle fourrager	3	21,9	5 (1,9 - 8,8)	22,2	5,2	18,2	13,2
	Seigle + RGI	1	24,2	4,2	25			16,3
	Seigle + Vesce	1	29,5	4,7	39			10,7
	Phacélie	3	33,7	2,7 (2 - 3,8)	32,8	10	53,4	

D'après les essais des Chambres d'agriculture du Gard et du Vaucluse, du GRAB et de l'APREL – 1998 à 2003

Amélioration de la structure du sol

Les observations réalisées sur le système racinaire des engrais verts confirment les données de la bibliographie :

- Les graminées ont en général un système racinaire assez dense et profond. Le chevelu racinaire est surtout important dans les 20 premiers cm.

Le seigle, le triticale et l'orge produisent une nette amélioration de la structure, Les ray-grass ont peu d'effet en profondeur.

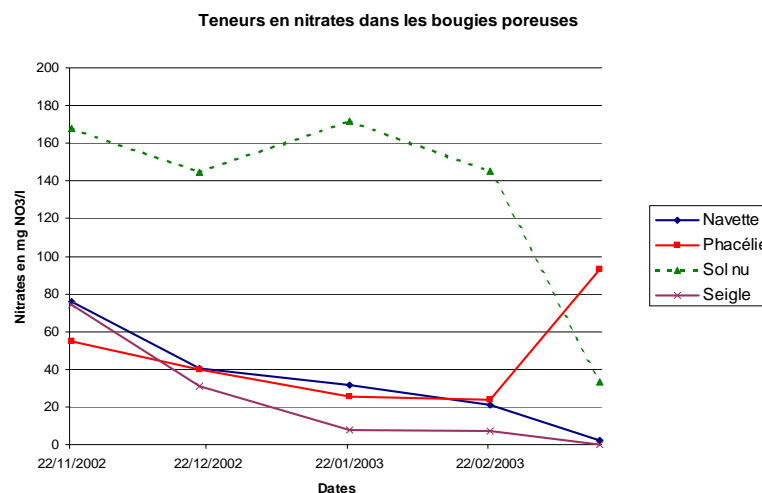
- Les crucifères ont des pivots assez puissants et des chevelus racinaires moyennement denses. L'effet sur la structure est variable : très intéressant pour le **radis fourrager**, il est faible pour la moutarde et la navette.

Réduction du lessivage des nitrates

L'effet d'un engrais vert sur la réduction de la fuite des nitrates vers les nappes phréatiques par rapport à un sol nu est en général très net (figure 2), à condition que le semis soit réalisé à temps. Le couvert doit être suffisamment développé avant les pluies importantes qui tombent généralement à partir d'octobre dans la région.

Les crucifères sont particulièrement efficaces car leur développement est très rapide et elles prélèvent beaucoup d'azote.

Figure 2 : suivi de la teneur en nitrates des eaux drainées à 70 cm de profondeur
Essai APREL 2003 (semis de septembre 2002)



Effets sur la culture suivante

De nombreux essais montrent un réel impact positif de la pratique d'engrais verts sur la culture suivante.

• Effets à court terme

La chambre d'agriculture du Gard, dans des suivis sur pommes de terre implantées après des engrais verts d'hiver, constate que :

- la culture est moins envahie par les adventices sur les parcelles ayant porté un engrais vert que sur les parcelles restées nues pendant l'hiver.
- le rendement de la pomme de terre est plus élevé (jusqu'à + 20 %) après un engrais vert, et principalement après crucifères. Cet effet sur le rendement n'est pas observé après la phacélie.

Quelques aspects peuvent poser problème :

- la hausse des teneurs en nitrates dans les tubercules après engrais verts (jusqu'à + 30 %), qui implique de bien gérer la fertilisation de la culture. Cette hausse n'a pas été observée après sorgho fourrager.
- certains essais montrent un effet dépressif d'engrais verts très lignifiés et enfouis trop tardivement avant la culture suivante (faim d'azote).

- Gain de rendement avec le temps (résultats non obtenus dans la région)

Les résultats de l'ITCF montrent que le rendement du blé augmente de 5 à 10 % sur une parcelle cultivée avec des engrais verts au bout de 3 ans, le rendement du pois augmente aussi du même ordre de grandeur après 5 ans de cette pratique.

La Chambre d'Agriculture du Pas de Calais obtient aussi, après quelques années de rendement équivalent ou inférieur à une référence sans couvert végétal, des gains de rendement de + 7 t/ha sur pomme de terre et + 5 t/ha sur betterave.

La pratique d'un engrais vert doit donc se raisonner sur le long terme afin d'en voir les avantages.

Engrais verts de printemps et d'été

Le sorgho fourrager est l'espèce la plus cultivée dans les intercultures de printemps et d'été du sud de la France. Sa croissance est rapide, permettant une bonne concurrence avec les adventices et une production de biomasse importante sur une courte durée.

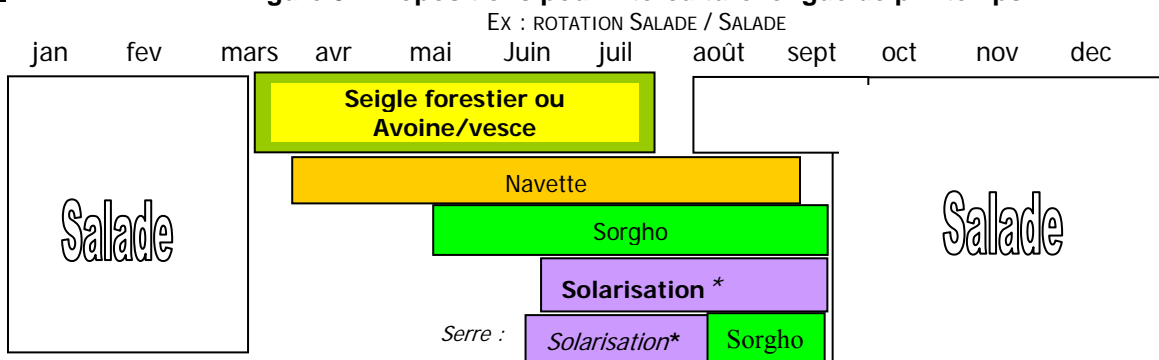
Les expérimentations menées ont eu pour but de vérifier l'intérêt du sorgho fourrager mais surtout de proposer des alternances d'espèces au niveau des intercultures.

Lors de ces essais, on a pu constater que l'engrais vert doit être considéré comme une culture à part entière car sa conduite aura des répercussions sur l'ensemble des rotations maraîchères.

Quelle espèce positionner en interculture de printemps ou d'été ?

On cherchera à réduire le plus possible, la période où le sol reste nu (figures 3 et 4). Il faut donc choisir un engrais vert adapté à la date de semis, dont le cycle correspond à la période d'interculture et dont l'espèce diffère des espèces maraîchères cultivées sur la parcelle. Les tableaux 3 et 4 résument les caractéristiques des espèces testées dans la région.

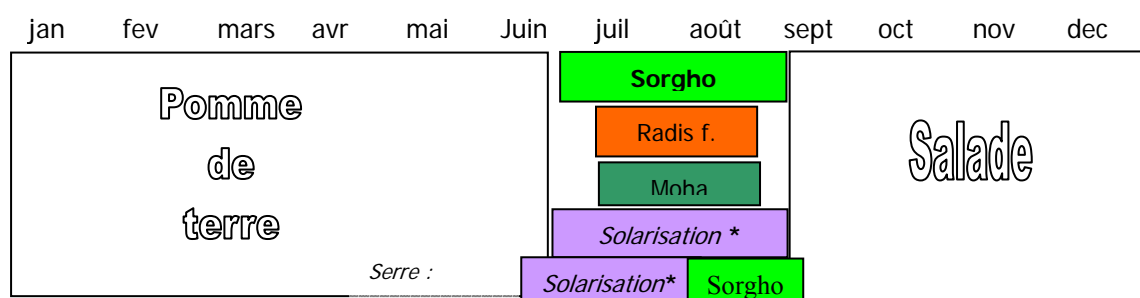
Figure 3 : Propositions pour Interculture longue de printemps.



* La *solarisation* est une désinfection douce estivale qui s'appuie sur la montée de chaleur sur un sol humide recouvert d'un film plastique transparent.

Figure 4 : Propositions pour Interculture courte estivale

EX : ROTATION SALADE / POMME DE TERRE PRIMEUR



• Les graminées

- Ce sont les **sorghos fourragers** qui sont les plus cultivés sur ces créneaux : leur mise en place rapide étouffe les mauvaises herbes, l'apport de matière organique est important et on observe une amélioration de la structure des sols. La production sous serre est facile grâce à l'irrigation, indispensable sur ce créneau estival.

- La variété Piper est la référence. C'est une « herbe du soudan » : tiges fines et adaptées aux multi coupes.

- Deux hybrides ont été testés :

- **Le sorgho « Panach »** (RAGT) peut s'introduire **sur les cycles court de 30 jours**. Son système racinaire se développe vite. Si la culture est prolongée, les tiges épaisses pourront avoir du mal à se dégrader.

- **Le sorgho « Alpillés »** (Jouffray Drillaud) est intermédiaire en végétation entre un Piper et un Panach. Après 30 jours, la plante talle et développe un système racinaire très puissant. A essayer sur des **cultures de 45 à 60 jours**.

- **Le moha de Hongrie : Pour 30 à 40 jours de culture**

Son épiaison est rapide ce qui limite son intérêt à des cycles courts. Son système racinaire semble plus fin et un peu moins développé que celui des sorghos « herbe du soudan ».

La culture du moha est possible sous abri.

- Les céréales de type **blé, avoine triticale, seigle forestier** sont intéressantes sur des semis de printemps jusqu'à début mai environ. Malgré des rendements en matière fraîche inférieurs, ces graminées semblent avoir une action favorable dans les rotations maraîchères. On a pu en effet constater, pour des salades cultivées après un seigle forestier, un gain de volume et de poids dans un essai et un meilleur système racinaire dans un autre.

Cependant, comme cela a été précisé pour les semis d'octobre, la préparation du lit de semence est une phase délicate, la levée se fait lentement et on observe une concurrence forte avec les adventices. L'association avec une légumineuse comme **la vesce** peut alors être favorable.

• Les crucifères

Aucune espèce de crucifère n'est entièrement satisfaisante sur le créneau estival. L'enracinement est peu profond et on a des risques sanitaires.

- Le radis fourrager est retenu sur cycle court en Roussillon. La moutarde blanche donne de moins bons résultats.

- *La Navette* est l'engrais vert qui absorbe le plus d'azote pendant sa culture et le libère régulièrement sur l'automne. La floraison ne se produit pas avant 3 ou 4 mois de culture, ce qui fait de la navette un engrais vert adapté aux cycles longs.

Tableau 3 : Caractéristiques des couverts de printemps et été en région méditerranéenne

Espèce	Dose de semis (kg/ha)	Rapidité de reprise (%)	Couverture du sol	Résistance à la sécheresse	Durée de cycle (j)	Remarques
Sorgho Piper	50	++	+++	++	30 à 70	La référence
Sorgho Alpilles	25-50	++	+++	++	30 à 70	prospection racinaire importante sur cycle long.
Sorgho Panach	25				30 à 70	intéressant en cycle court car développe vite beaucoup de racines
Moha de hongrie	30	+++	+++	++	30 à 40 j	Epiaison rapide, intérêt à confirmer.
Radis fourrager	20	+++	+++	++	30 en été car fleurs	Floraison rapide. Cycle court.
Navette	12	+++	+++	-	30 à 180	Excellent piège à nitrate. Libération de l'azote régulière après enfouissement. Port plat qui favorise le <i>Rhizoctonia</i> .
Moutarde blanche	15	+++	+	-	30	Peu de matière fraîche en conditions estivales de plein champ. Multi coupes recommandées.
Sarrasin	60	+++	+++	+++	45, fleurit	Rendement sur sol pauvre. résultats mitigés
Phacélie	12	+++/-	+++/-	-	40j	Pas adapté en été . Cycle court au printemps.
Sorgho papetier	50	+	-	++	30 à 70	Peu d'intérêt: reprise lente, grosses tiges
Seigle forestier	30 à 60	+	-	-	120	Concurrence avec adventices. Espèce dont la technique de production mérite d'être affinée.
Trèfle vesce	60+50	++	+	-	120	Concurrence avec adventices. La vesce a une croissance rapide qui étouffe mieux les adventices.
Sorgho grain	50	+	+	+	30 à 70	
Seigle vesce	33 +17	++	+	-	120	Concurrence avec adventices. La vesce a une croissance rapide qui étouffe mieux les adventices

Attention au risque de Rhizoctonia avec la navette...

Dans un essai conduit en 2001 à Elne, la navette a été la seule culture avec :

- une forte présence de noctuelles,
- des symptômes importants de *Rhizoctonia*. Cette présence augmente ensuite le risque d'infection sur salade, bien que la souche de *Rhizoctonia* présente sur les crucifères soit différente (communication de M. Camporota INRA Dijon).

Tableau 4 : Données quantitatives et qualitatives sur les engrais verts d'été

Espèce	Culture Sous abri	Présence noctuelles Escargots limaces	Biomasse fraîche (t/ha)	Biomasse sèche (t/ha)	C/N	Effet Piège à nitrate (CIPAN)	Risques de repousse	Racines	Puissance du Système racinaire
Sorgho Piper	Oui	Oui	53	8.6	17	++	Non	Tracant	++
Sorgho hybrides Alpilles	Oui	Oui	49	7.9	20	++	Non	Tracant	++
Sorgho hybride Panach	Non	Oui	73	11.4	20	++	Non	Tracant	++
Moha de hongrie	Oui	Oui	39	6.8	18	++	Oui	Tracant	+
Radis fourrager	Oui	Oui	60	4.7	15	++	Oui si fleurit	Pivot	+
Navette	Oui	Oui	67	6.1	8	+++	Non	Pivot	+
Moutarde blanche	Oui	Oui	28	4.6	16	+	Oui	Pivot	-
Sarrasin	Oui	Oui	34	4.5	24	++	Oui	Pivot	++
Phacélie	Non	Oui	34	4.4	14	++	Non	Pivot	+++
Sorgho papetier	Non	Oui	100	8.7	17	+	Non	Tracant	++
Seigle forrestier	Non	Oui	19	3.3		++	Non	Tracant	+++
Avoine vesce	Oui	Oui	26	3.7	17	+	Non	Tracant	+++
Sorgho grain	non	Oui	35	3.4	36	+	non	Tracant	++

D'après les essais du GRAB et de la CENTREX / CA 66 – 1999 à 2003

• **Le sarrasin (Polygonacées) : adapté aux sols pauvres**

Le sarrasin est une culture intéressante car la plante se développe même en sol pauvre, d'où l'appellation « blé noir ». Le développement rapide permet un très bon étouffement des adventices et une production de biomasse intéressante. Il présenterait cependant des risques sanitaires : dans une expérimentation de la CENTREX, on a remarqué des nématodes sur les racines et des feuilles virosées à proximité de culture de concombre. Le sarrasin est porteur du CMV (info bibliographique). Le sarrasin n'a donc pas été retenu en Roussillon.

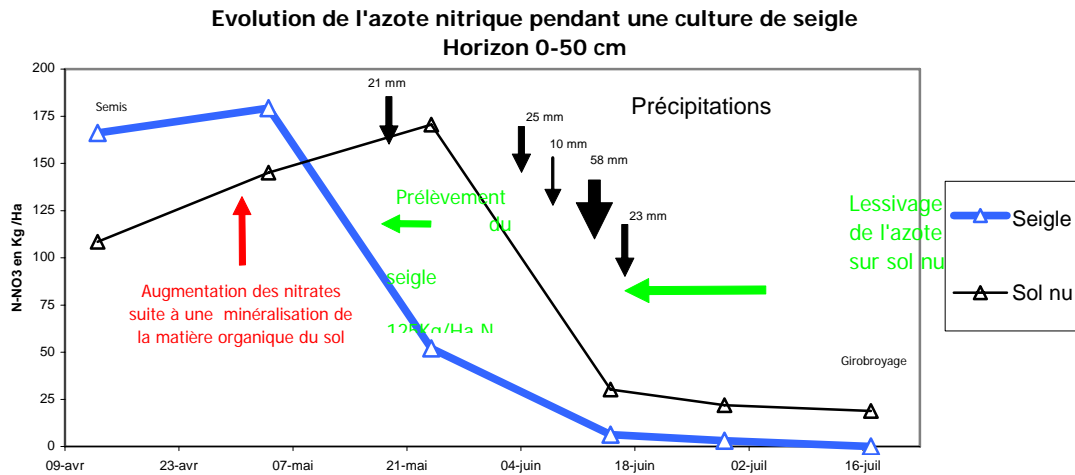
• **La phacélie (Hydrophyllacées) : peu adaptée aux conditions estivales du sud.**

Sa levée est très aléatoire en conditions estivales et la végétation marque les à-coups d'irrigation. Comme la croissance est très lente et la floraison rapide sur ce créneau, la phacélie devient souvent une mauvaise herbe. Cependant, son association avec la salade semble favorable, cette espèce mérite d'être retenue sur d'autres créneaux.

Effets d'un engrais vert d'été sur la culture suivante

• Pendant la période d'interculture, l'engrais vert de printemps limite les risques de lessivage d'azote, qui sont assez courant dans le sud-est pendant les pluies d'équinoxe (figure 5).

Figure 5 : suivi de l'azote nitrique sous engrais vert semé au printemps. Essai CENTREX



• Après enfouissement de l'engrais vert, deux phases se succèdent de façon plus ou moins marquée :

- Une faim d'azote souvent visible au printemps

Ce phénomène peut se remarquer au printemps après un engrais vert pailleux (souvent C/N > 20) enfoui sur sol froid. On risque alors une carence en azote préjudiciable à la culture suivante.

- Des minéralisations d'azote avec les températures élevées

Après une CIPAN, le sol est pauvre en azote. Puis, la teneur augmente plus ou moins rapidement, notamment après la préparation du sol (arrosage, travail du sol). Pour ne pas sous-estimer les fournitures en azote du sol il faut donc bien positionner l'analyse de terre pour ajuster la fertilisation de la culture suivante.

L'idéal est de prélever la terre sur un sol frais. En plein champ, si les sols sont restés secs longtemps, il faudra réaliser le prélèvement de terre au moins 15 jours après un arrosage ou une pluie et le plus près possible de la date de fumure.

• **Exemple** : Influence de la durée de cycle du sorgho fourrager sur les cultures maraîchères.

L'INRA d'alénya a étudié l'effet différentiel de plusieurs dates de coupes d'un sorgho fourrager sur une culture de salade (tableau 5) : Un sorgho « jeune » prélève moins d'éléments minéraux et d'eau qu'un sorgho « âgé ». Il sera moins riche en cellulose et lignine et se dégradera donc plus vite. Un sorgho « vieux » (C/N > 15) offrira plus d'humus mais avec des risques d'assèchement des profils et d'immobilisation en élément fertilisants.

Tableau 5 : QUELQUES PROPRIETES DU SORGHO DANS LA ROTATION

	Sorgho jeune à faible tonnage (<2.5 t MS/ha)	(entre 2.5 et 5 t MS/ha)	Sorgho proche de la maturité, assez pailleux (de 5 à 10 t MS/ha, C/N > 15)
Amélioration de la structure du sol	+	++	++
	(effet temporaire)	(effet temporaire)	(effet à long terme)
Enrichissement du sol en humus	0	+	+++
Prélèvement d'azote	+	++	+++
	(moins de 60 Kg/Ha de N)	(de 60 à 120 Kg/Ha de N)	(de 120 à 200 Kg/Ha de N)
Minéralisation après enfouissement	++	+++	+

	Sorgho jeune à faible tonnage (<2.5 t MS/ha)	(entre 2.5 et 5 t MS/ha)	Sorgho proche de la maturité ,assez pailleux (de 5 à 10 t MS/ha, C/N > 15)
Assèchement du profil	0	+ réaliser un plein en eau avant plantation	+++ réaliser un plein en eau avant plantation. Le sol a tendance a s'assécher plus vite.
Difficulté de broyage	0 enfouissement direct possible	+	+ Broyer avant enfouissement
Difficulté de plantation	0	+	++ Gêne à la pose des mottes et du paillage

D'après F. Bressoud et L. Pares, INRA Alénya.

L'engrais vert d'été : une culture à part entière

Un soin particulier doit être apporté à cette culture et aux cultures qui suivront.

Arroser : En été les cultures doivent être arrosées par aspersion ou en gravitaire. Les céréales de printemps peuvent se passer d'arrosage si une pluie ou une forte humidité suit le semis. Pour le sorgho fourrager, la cadence des arrosages est de l'ordre de 15 jours.

Enfouissement direct ou girobroyage. Les deux techniques se pratiquent. Elles peuvent allonger ou réduire la vitesse de dégradation de la matière fraîche.

On constate que l'enfouissement direct se pratique fréquemment sur sol léger et surtout en plein champ. Sur sol lourd ou sous abri et surtout si l'engrais vert est pailleux, l'engrais vert est girobroyé puis sèche 15 jours à 3 semaines avant d'être enfoui. Quelle que soit la pratique, il est recommandé d'arroser à l'enfouissement pour accélérer la dégradation.

Conclusion

L'incidence des engrais verts sur les cultures maraîchères est réelle. Si l'espèce est bien choisie en fonction du créneau de culture et des caractéristiques de la parcelle, et si l'engrais vert est bien conduit (irrigation, durée de culture, destruction...), cette pratique ne devrait présenter que des avantages. Elle peut cependant avoir des inconvénients, et notamment augmenter les risques sanitaires.

Les essais conduits dans la région ont permis d'obtenir de nombreux résultats qui nous permettront de réorienter nos essais vers les espèces les plus intéressantes. Des références sont encore nécessaires pour certaines espèces, par exemple sur les céréales d'hiver et sur les mélanges multi-espèces. Enfin, les effets des engrais verts sur la culture suivante et sur la fertilité du sol (structure, teneurs en éléments) doivent encore être étudiés sur le long terme.

Bibliographie sommaire

- AIREL : essai sous abri 2001
- APREL et CETA Ste Anne : essais engrais verts d'automne 2000 et 2003
- Biophyto : essais sous abri de 1993 à 2003
- CA 30 : essais engrais verts CIPAN d'été et automne, 2001 et 2002
- CA 84 : essai engrais vert d'automne, 1998
- CENTREX / CA 66 : essais en plein champ : 1999, 2000 et 2001
- Dossier cultures intermédiaires- Cultivar n° 530 mai 2002
- GRAB : essais engrais verts sous abris, 2001 et 2002. Essais engrais verts de plein champ , 2003
- INRA Alénya : essais de 1999 à 2003

LES ACARIENS PHYTOPHAGES ET AUXILIAIRES EN CULTURES LEGUMIERES

Marie-Stéphane Garcin, Sabine Guichou, Serge Kreiter

Agro Montpellier / INRA

Cet article a pour objectif de faire le point sur la biologie des principales espèces d'acariens ravageurs en cultures légumières et des limites et avantages des méthodes de contrôle utilisées et utilisables en agriculture biologique.

Introduction

Les acariens appartiennent à l'embranchement des arthropodes et plus particulièrement au sous-embranchement des chélicérates, qui est caractérisé par l'absence d'antennes et de partie céphalique bien différenciée, la présence d'un gnathosoma avec des chélicères et des pédipalpes (Walter & Proctor, 1999). Parmi les chélicérates, les acariens appartiennent à la super classe des Arachnida. Ils sont caractérisés par leur petite taille, 4 paires de pattes pour les stades adultes et nymphaux et 3 paires de pattes pour le stade larvaire.

Les acariens présentent 5 ordres, aux biologies et milieux de vie très différents. Ces arthropodes de par leur petite taille ont colonisés l'ensemble des milieux terrestres et aquatiques. Certains ordres, familles et espèces se retrouvent notamment sur les plantes, certains étant des phytophages tandis que d'autres sont des prédateurs d'acariens, ayant un rôle important dans le contrôle biologique de divers arthropodes.

Les acariens phytophages, présentation générale

Les acariens phytophages appartiennent à l'ordre des Prostigmates ou Actinédides. Ces acariens ont un corps peu sclérotinisé et ont une paire de stigmates respiratoires situés à l'avant du corps. Trois super-familles constituent des groupes de ravageurs des cultures importants, notamment en cultures maraîchères : les Eriophyoidea, les Tetranychoida et dans une moindre mesure les Tarsonemoidea. Etant donnée la faible importance des Tarsonemoidea, nous ne nous intéresserons ici qu'aux deux premières super-familles.

La super famille des Tetranychoida comprend deux familles importantes: Tetranychidae et Tenuipalpidae. Nous ne nous intéresserons dans ce document qu'à la famille des Tetranychidae, seule famille présentant un intérêt majeur dans le cas des cultures maraîchères, qui comprend diverses espèces phytophages dont la plus connue et la plus répandue est *Tetranychus urticae* Koch ou acarien jaune tissrerand. Dans quelques ouvrages et publications, on retrouve également *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval mais cette espèce est synonyme de *T. urticae* (Dupont, 1979), les différenciations morphologiques et notamment la coloration (jaune pour *T. urticae* et rouge pour *T. cinnabarinus*) n'étant pas des critères taxonomiques fiables.

T. urticae présente généralement une coloration jaune mais peut aussi parfois être rouge. Il a une taille de 0,5 mm de long et est caractérisé par la présence de deux taches noirâtres distinctes sur les bordures latérales du corps ce qui lui vaut le nom en anglais de "two spotted spider mite". Cette espèce très polyphage rencontrée sur plus de 1000 espèces végétales est capable de tisser des toiles pouvant recouvrir totalement les végétaux. L'absorption de nourriture par les stylets entraîne des décolorations des feuilles par ponctuations blanchâtres ou jaunâtres puis par plages entières, limitant ainsi considérablement la photosynthèse. Cependant, les stylets de ces acariens n'étant pas aussi

sophistiqués et long que ceux des pucerons et ne présentant pas de pompe salivaire, les dégâts sont donc uniquement directs et on n'observe pas de transmission de virus.

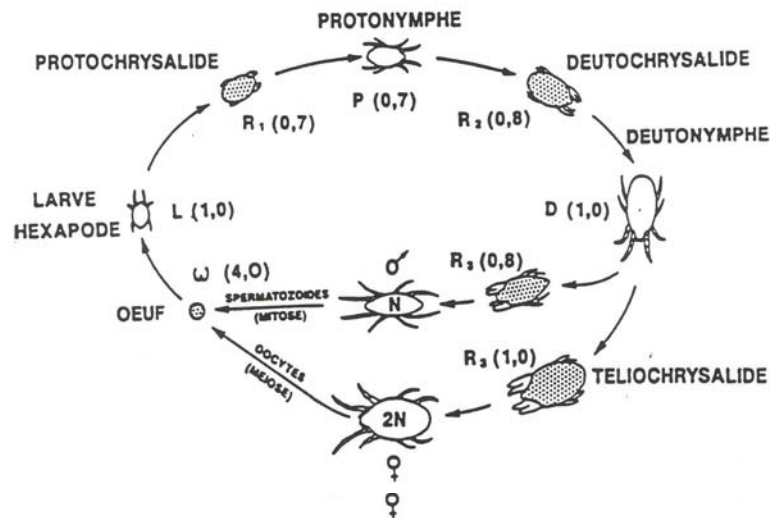


Figure 1. Cycle de développement de *Tetranychus urticae*

Les acariens se localisent principalement à la face inférieure des feuilles et tous les stades de développement s'alimentent. On distingue pour toutes les espèces de Tetranychidae, 3 stades de développement immatures mobiles, la larve qui présente 3 paires de pattes, la proto- et la deutonymphe qui présentent 4 paires de pattes (figure 1). La distinction entre ces deux stades de développement se fait essentiellement par la taille. La coloration des larves est généralement orange clair. La coloration des nymphes est variable et peut aller du rouge orangé, au vert ou encore au jaune selon le type d'alimentation. Chez ces stades nymphaux, il est également possible d'observer les taches alimentaires latérales. On distingue également 3 stades de développement immobiles correspondant à des stades de mue, la protochrysalide, la deutochrysalide et la téléiochrysalide. Après ce dernier stade de mue, les stades adultes apparaissent et la sex-ratio est approximativement de 75% de femelles et 25% de mâles. Les mâles se distinguent des femelles par un corps plus élancé et plus jaune. La reproduction se fait selon le mode arrhénotoque, les femelles fécondées donnant naissance à des femelles diploïdes et les femelles non fécondées donnant naissance à des mâles haploïdes. Les œufs de tétranyques ont une forme sphérique, ils sont translucides généralement observables au niveau des toiles. La durée de développement des tétranyques est fortement conditionnée par la température, et varie de 7 à 36 jours entre 15 et 30 °C. Plusieurs générations par an sont donc observées, ainsi que des chevauchements de générations. La diapause quand elle existe est réalisée sous forme de femelle fécondée au niveau des écorces ou des bourgeons. La fécondité des femelles varie entre 30 et 110 œufs sur une période de 3 à 4 semaines.

Cette fécondité élevée, le cycle de développement rapide ainsi que la polyphagie de *T. urticae* en font un ravageur important aux pullulations parfois spectaculaires et très rapides.

Une autre espèce de tétranyques particulièrement nuisible a été signalée depuis peu d'Espagne. Cette espèce, *Tetranychus evansi* (Baker & Pritchard), originaire du Brésil a été introduite en Afrique puis en Europe (Ferragut & Escudero, 1999) depuis peu et entraîne des dégâts très importants sur Solanacées. *T. evansi* présente un taux d'expansion élevé du fait d'un taux d'accroissement intrinsèque important, de l'ampleur de ses dégâts (entoilage important) et surtout de l'absence d'ennemis naturels. Des expérimentations ont été

réalisées pour tester l'efficacité de divers acariens prédateurs généralement utilisés contre *T. urticae* et notamment *Neoseiulus californicus* (McGregor) et *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot mais les taux de prédation observés sont insuffisants (Moraes & McMurtry, 1986). A l'heure actuelle, des missions de prospection sont entreprises au Brésil afin de rechercher des ennemis naturels de cet acarien dans le but de pouvoir les introduire ensuite en Afrique puis en Europe pour proposer des solutions biologiques à ce problème en émergence. Cet acarien a été trouvé récemment à 50 kms de la frontière française, vers Tarragone.

La super famille des Eriophyoidea comprend une famille d'acarien ravageur important, la famille des Eriophyidae. Les ériophyides sont des acariens de très petite taille (0,1 à 0,25 mm), difficilement visibles avec une loupe de poche, qui sont caractérisés par une apparence vermiforme et la présence de deux paires de pattes. Les pièces buccales sont de minuscules stylets chélicéraux qui s'enfoncent peu profondément dans les végétaux. Contrairement aux tétranyques, les ériophyides conservent vivants les tissus et entraînent soit un développement important de la pilosité aboutissant souvent à un revêtement velouté de la face inférieure des feuilles et du pétiole (érineum ou érinose), soit à l'apparition de galles ou de déformations des feuilles (cloques, gaufrage, enroulement).

Le cycle de développement est très simplifié, avec deux stades nymphaux mobiles et deux stades de mue: nympho- et imago-chrysalide. Les stades immatures sont très semblables aux adultes. La diapause a lieu uniquement pour les femelles sous les écorces ou sous les écailles des bourgeons. La reproduction des ériophyides est assez particulière, la femelle récupère les spermatophores déposés par les mâles sur le substrat. La femelle pond de 5 à 100 œufs durant 2 à 3 semaines de vie. Le cycle de développement est court et dure de 6 à 12 jours.

Une espèce est particulièrement importante pour les cultures maraîchères : il s'agit de *Aculops lycopersici* sur tomates et aubergines, qui entraîne une décoloration bronzée du feuillage.

Les moyens de lutte vis à vis des acariens phytophages en cultures maraîchères

Des produits phytosanitaires: le soufre

Le soufre est essentiellement connu et utilisé pour son action anti-fongique. Des expérimentations de laboratoire ont montré que ce produit présentait une activité acaricide sur les stades adultes et immatures de *T. urticae*. Dans des conditions de température et d'humidité relative élevées, pouvant être rencontrées en serre, le soufre présente de plus une activité ovicide intéressante. Il a été montré que la toxicité de ce produit vis-à-vis de *T. urticae* augmentait pour tous les stades étudiés, suite à une augmentation de la température et de l'humidité relative du milieu (Auger et al., 2003) (figure 2). Le soufre paraît donc être un moyen de limiter les populations de *T. urticae*, notamment dans les serres où les conditions climatiques peuvent être contrôlées plus facilement. Cependant, il serait intéressant de caractériser l'action de ce produit vis-à-vis des auxiliaires les plus communément utilisés dans la lutte contre *T. urticae* afin de préciser si l'application de soufre est compatible avec l'utilisation de ces auxiliaires.

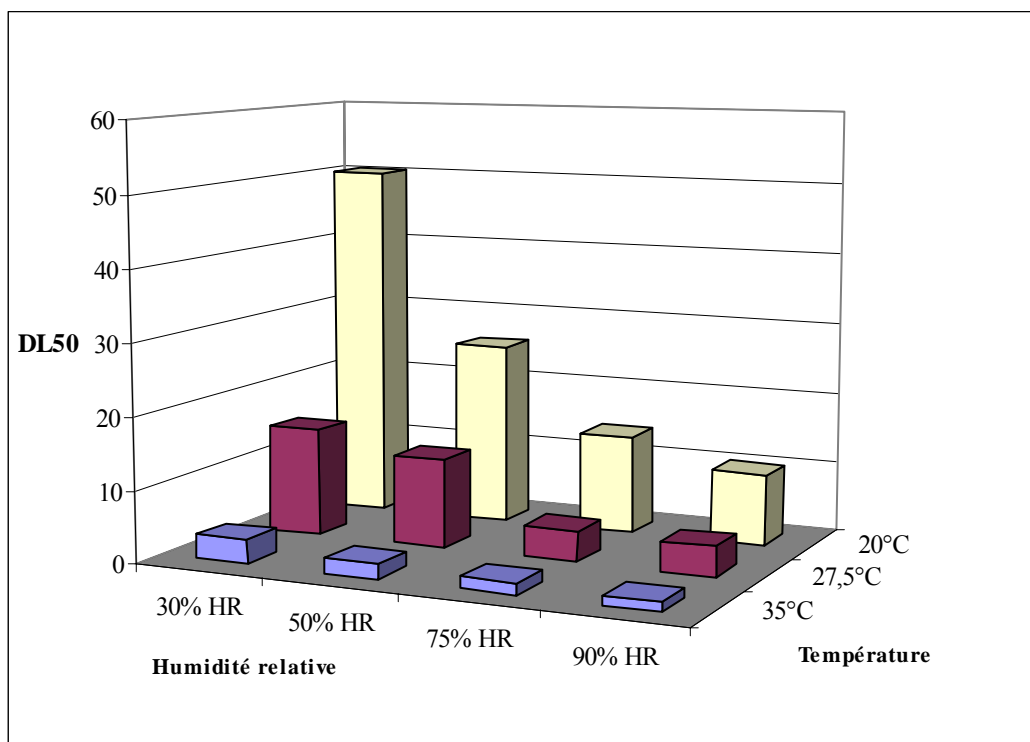


Figure 2. Variations des DL50 obtenues pour des femelles de *Tetranychus urticae* traitées avec du soufre micronisé mouillable, en fonction de différentes conditions de température et d'humidité relative du milieu.

La lutte biologique: les acariens prédateurs appartenant à la famille des phytoséiides

Les prédateurs les plus efficaces pour lutter contre les acariens phytophages sont des acariens prédateurs appartenant à la famille des phytoséiides. Ces acariens appartiennent à l'ordre des Mesostigmates, ils présentent un corps généralement sclérotinisé, l'absence de taches oculaires et des chélicères bien développées leur permettant de capturer leurs proies et de les maintenir.

Plusieurs espèces de phytoséiides sont utilisées dans le contrôle biologique des acariens phytophages sous serre et l'espèce la plus couramment employée est *P. persimilis*. Etant donné que *P. persimilis* est l'espèce la plus largement utilisée, nous allons présenter les caractéristiques biologiques ainsi que les modalités d'utilisation de cette espèce de façon détaillée. Dans un deuxième temps, on évoquera les autres espèces de phytoséiides et notamment *N. californicus* et enfin les autres prédateurs de tétranyques pouvant être utilisés en cultures maraîchères.

P. persimilis est facilement reconnaissable et distinguable des autres phytoséiides car il présente un corps globuleux, rouge à orangé assez caractéristique. *P. persimilis* présente un taux de développement très élevé pour la famille des phytoséiides et son cycle de développement dure 4 jours dans des conditions de température favorables (24 à 26°C) (figure 3). Dans ses mêmes conditions, les femelles pondent durant leur vie en moyenne 70 œufs soit un taux de ponte journalier de 4 œufs. Nourris avec un mélange de stades de *T. urticae* en laboratoire, la durée moyenne d'une génération est de 13,1 jours, le taux net de reproduction de 63,2 et le taux d'accroissement naturel de 0,317 (Landeros *et al.*, 2001).

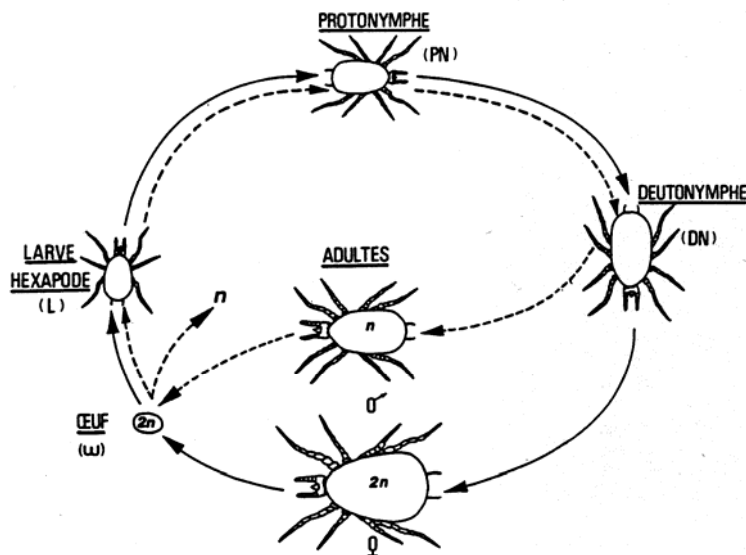


Figure 3. cycle de développement des phytoséiides.

Concernant ses capacités de prédation, *P. persimilis* constitue également une exception parmi la famille des phytoséiides. En effet, c'est une espèce prédatrice spécialisée qui est capable de s'alimenter quasi exclusivement sur des espèces de *Tetranychus* et qui est donc fortement dépendante de la présence et de la qualité des proies (McMurtry & Croft, 1997). C'est une espèce dont le régime alimentaire, mais aussi la morphologie et les capacités de développement font exception parmi les phytoséiides qui sont majoritairement polyphages, de très petite taille et aux faibles capacités de développement. Cette espèce présente de même une voracité très élevée, les adultes peuvent consommer respectivement par jour 34 œufs ou 4,8 femelles et les stades immatures 10 œufs de *T. urticae*. Du fait de ses capacités de développement élevées et de sa voracité, il est relativement facile de réaliser des élevages de masse de *P. persimilis*. Cette espèce est ainsi commercialisée par de nombreuses sociétés spécialisées ou amatrices en lutte biologique. Le principal problème de cette commercialisation est l'absence de lois régissant la qualité des organismes auxiliaires commercialisés et donc la fiabilité des auxiliaires commercialisés en terme d'espèces, de quantités et d'état de "santé" des acariens prédateurs. Il existe cependant des études réalisées par différents laboratoires destinés à tester la qualité des auxiliaires commercialisés et notamment de *P. persimilis* dans le cadre de réglementation déjà en place dans certains pays européens.

P. persimilis du fait de ses fortes relations avec ses proies ne peut survivre dans les cultures sans présence de *T. urticae*. C'est la raison pour laquelle cette espèce ne peut être utilisée de façon préventive mais uniquement de façon curative lorsque les proies sont présentes dans les parcelles. Cependant, le développement rapide de *T. urticae* demande que les introductions de *P. persimilis* soient réalisées suffisamment tôt. Les recommandations concernant les lâchers sont 2 à 3 *P. persimilis* / m² avec 2 à 3 lâchers par saison. Etant donné le caractère curatif de ces introductions, elles correspondent à des interventions quasiment calquées sur les interventions phytosanitaires classiques. On peut aussi réaliser des lâchers directement sur les foyers en début d'infestation. Dans tous les cas, la gestion des populations de tétranyques par *P. persimilis* nécessite une surveillance importante des serres. *P. persimilis* présente des capacités de dispersion importantes lui permettant de localiser les foyers de tétranyques. Le sol ainsi que les connections entre les plantes affectent les mouvements de ce prédateur. Il est capable de se déplacer de 10 plantes en 24 heures (Skirvin & Fenlon, 2003). La température agit également positivement sur le déplacement de *P. persimilis*, les mouvements étant augmentés pour une température allant jusqu'à 25°C. Au dessus de cette température, les mouvements sont plus limités. Les relations étroites de spécificité entre *P. persimilis* et *T. urticae* outre les conséquences sur la

gestion des introductions de ce prédateur évoquées précédemment, peuvent avoir également des conséquences en terme de résistance variétale. En effet, les relations entre les proies et leurs prédateurs font intervenir la plante hôte. Il a été ainsi montré par de nombreux auteurs que des plantes infestées par *T. urticae* attireraient *P. persimilis*, même lorsque les tétranyques n'étaient plus présents (Dicke & Sabelis, 1988; Horiuchi *et al.*, 2003). Il semble donc que les plantes attaquées par *T. urticae* émettent des signaux olfactifs attirants *P. persimilis* et il a été montré que l'acide jasmonique était impliqué dans ces interactions (Boom *et al.*, 2002).

La plante agit également sur les relations entre *P. persimilis* et *T. urticae* de par ses caractéristiques constitutives comme la présence de trichomes. Il a été montré sur chrysanthème par exemple qu'il existait une relation négative entre le nombre de proies consommées par *T. urticae* et la densité de trichomes sur les feuilles (Stavrinos & Skirvin, 2003). De même, sur certaines variétés de tomates, la présence de trichomes glandulaires et "collants" limite fortement l'action prédatrice de *P. persimilis* (Nihoul, 1994). La tomate n'est pas une plante hôte très favorable pour *P. persimilis* mais il a été montré qu'il est possible d'augmenter les capacités de développement et de prédation de *P. persimilis* en utilisant des populations pré-adaptées (Castagnoli *et al.*, 1998; Croft *et al.*, 1999) et déjà élevées sur ces plantes. Certaines de ces populations sont commercialisées. La connaissance des caractéristiques biologiques de *P. persimilis*, de ses capacités de développement et de ses interactions avec ses proies et avec la plante hôte sont les bases de la gestion raisonnée de la lutte biologique. Cependant, il existe encore bien souvent des échecs du contrôle biologique de *T. urticae* par *P. persimilis* notamment sur certaines cultures et dans certaines conditions, comme en plein champ par exemple. En effet, *P. persimilis* est non seulement sensible à la présence et à la qualité des proies, au type de plantes hôtes mais également aux conditions environnementales. L'humidité relative est le point crucial du développement de ce prédateur. Les œufs nécessitent une humidité relative de 90 % pour éclore en totalité et le pourcentage d'éclosion est proche de 0 lorsque l'humidité relative est de 50 %. La nature du stress mais également la durée de ce stress est un paramètre important, une exposition de plus 28 heures à 50 % RH étant suffisante pour limiter quasi totalement les éclosions. Les températures élevées ne semblent pas en revanche affecter le développement de *P. persimilis*, la température optimale se situant autour de 25°C (Praslicka & Uhlik, 1999; Santi & Maccagnani, 2000). Des bassinages des serres peuvent être envisagées pour augmenter l'hygrométrie relative et l'efficacité de *P. persimilis*.

Pour tenter de trouver des solutions alternatives lorsque les introductions de *P. persimilis* se sont avérées insuffisantes, d'autres prédateurs ont été étudiés et notamment *N. californicus*. Cette espèce est capable de s'alimenter à partir de *T. urticae* mais contrairement à *P. persimilis* présente des relations moins étroites avec ses proies et peut également consommer d'autres acariens ou du le pollen, qui constituent des nourritures alternatives. Cette plus grande polyphagie permet à cette espèce de pouvoir rester de façon plus durable dans les parcelles, même en l'absence de nourriture et d'envisager des introductions préventives même si les modalités restent à définir. Cette espèce semble également être moins sensible que *P. persimilis* à des hygrométries faibles (Castagnoli & Simoni, 1999). Cependant, des travaux sont en cours à l'heure actuelle pour essayer de sélectionner des populations de *N. californicus* adaptées à des conditions d'hygrométrie basse. La plante hôte semble également affecter le développement de *N. californicus*, les résultats les moins satisfaisants ayant été obtenus sur aubergine. De même, des observations sur tomates ont montré que la réponse numérique et fonctionnelle de *N. californicus* sont plus faibles sur des variétés de tomates pileuses que glabres (Cedola *et al.*, 2001). Cependant, *N. californicus* présente des taux de développement plus faibles que *P. persimilis* (temps de génération: 11,7 jours, et $R_m = 0,287$) ainsi qu'une plus faible voracité. Les introductions de populations devront donc concerner des effectifs plus élevés (Blumel *et al.*, 2002). De nombreuses

firmes commercialisent à l'heure actuelle *N. californicus* qui sont souvent conditionnées dans des sachets ou boîtes contenant leurs proies de substitution, des acariens Acaridides.

D'autres prédateurs généralistes sont également expérimentés vis-à-vis des acariens tétranyques, notamment *Macrolophus caliginosus*, *Feltiella acarisuga* (Valot) et *Stethorus punctillum* Weise. L'activité de cette coccinelle augmente avec la température et la plante hôte influence également les performances de ce prédateur, les résultats les plus probants étant obtenus sur poivrons et tomates et les moins significatifs sur aubergines. L'humidité relative affecte peu son développement. Des travaux sont également conduits afin de déterminer les interactions entre ces différents prédateurs et l'utilité de différentes combinaisons (Rott & Ponsonby, 2000 & 2001). *F. acarisuga* qui se nourrit exclusivement de tétranyques est également utilisé dans certaines cultures sous serre, notamment au Canada et au Royaume Uni. Les femelles de cette cécidomyie pondent leurs œufs dans les colonies de tétranyques, les larves constituant le stade prédateur. Les larves du *F. acarisuga* se nourrissent aussi bien des œufs, des nymphes et des adultes de *T. urticae* et présentent une voracité plus importante que *P. persimilis*. Cette espèce semble également efficace dans les cultures de tomates où *P. persimilis* présente une efficacité plus limitée. Cependant le succès de l'installation de cet auxiliaire est dépendant d'hygrométries élevées et de la présence de miellat et d'eau indispensable pour les adultes. Cette cécidomyie est également commercialisée par de nombreuses firmes. Outre les études concernant les agents de contrôle biologique, certains auteurs ont également réalisés diverses expérimentations utilisant des arrosages successifs et de courte durée et ont montré un succès probant de telles pratiques culturales (Conte *et al.*, 2000).

La gestion des acariens phytophages en cultures maraîchères est relativement bien avancée en terme de lutte biologique avec l'utilisation très importante de *P. persimilis*. Cependant, même si cette espèce est vorace, efficace et facile à élever, des problèmes subsistent poussant la profession à rechercher d'autres moyens de lutte biologique et culturales souvent en association. La lutte biologique nécessite une connaissance précise des interactions entre les prédateurs et les proies, mais aussi entre les prédateurs et les plantes, les prédateurs et les conditions climatiques, les diverses espèces de prédateurs entre elles et dans le cadre de la protection intégrée des interactions entre prédateurs et pesticides souvent indispensables même en conditions contrôlées pour lutter contre d'autres ravageurs comme les aleurodes par exemple ou contre d'autres espèces de tétranyques récemment introduites en Europe comme *T. evansi*. Le type de population de prédateurs utilisé et ses performances biologiques et adaptatives aux conditions particulières de cultures sont donc certainement à prendre plus à considération pour réaliser une lutte biologique en adéquation à chaque situation bio-géographique et culturelle.

Références bibliographiques

Auger, P.; Guichou, S.; Kreiter, S. 2003. Variations in acaricidal effect of wettable sulfur on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) : effect of temperature, humidity and life stage. *Pest Manag. Sci.* 59 : 559-565.

Blumel, S., Walzer, A., Hausdorf, H. 2002. Successive release of *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* A.H. (Acari, Phytoseiidae) for sustainable biological control of spider mites in greenhouse cut roses - interim results of a two years study in a commercial nursery. *Bulletin OILB/SROP* 25 (1) : 21-24.

Boom, C. E. M. van den; Beek, T. A. van; Dicke, M. 2002. Attraction of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) towards volatiles from various *Tetranychus urticae*-infested plant species. *Bulletin of Entomological Research* 92 (6) : 539-546

Castagnoli, M.; Liguori, M.; Simoni, S.; Guidi, S. 1998. Tomato as host plant: effect on some biological parameters of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Tetranychus urticae* Koch strains. *Redia* 81 : 93-99

Castagnoli, M.; Simoni, S. 1999. Effect of long-term feeding history on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology* 23 (3) : 217-234.

Cedola, C. V.; Sanchez, N. E.; Liljestrom, G. G. 2001. Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 25 (10/11) : 819-831.

Conte, L.; Chiarini, F.; Monta, L. D.; Duso, C. 2001. L'acqua come mezzo di controllo del ragnetto rosso delle serre. *Informatore Agrario* 57 (45) : 65-68

Croft, P.; Fenlon, J.; Jacobson, R. J.; Dubas, J. 1999. Effect of tomato conditioning on *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) population growth. *Bulletin OILB/SROP* 22 (1) : 45-48.

Dicke, M.; Sabelis M.W. 1988. How plants obtain predatory mites as bodyguards. *Neth. J. Zool.* 38: 148-165.

Ferragut, F.; Escudero, L.A. 1999. *Tetranychus evansi* Baker & pritchard (Acari: tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos horticolas espanoles. *Boletin de sanidad vegetal Plagas* 25: 157-164.

Dupont, L.M. 1979. On gene flow between *Tetranychus urticae* Koch , 1836 and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) Boudreaux, 1956 (Acari: Tetranychidae): Synonymy between the two species. *Entomol. Exp. Appl.* 25 : 297-303.

Horiuchi, J. I.; Arimura, G. I.; Ozawa, R.; Shimoda, T.; Takabayashi, J.; Nishioka, 2003. A comparison of the responses of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to volatiles emitted from lima bean leaves with different levels of damage made by *T. urticae* or *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Applied Entomology and Zoology* 38 (1) : 109-116

Landeros, J.; Rodriguez, S.; Badii, M. H.; Cerda, P. A.; Flores, A. E 2001. Functional response and population parameters of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot on *Tetranychus urticae* Koch. *Southwestern Entomologist* 26 (3) : 253-257.

McMurtry, J.A.; Croft, B.A. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42 : 291-321.

Menyhert, J.; Linden, A. van der 2002. Introduction of the predatory mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* against *Tetranychus urticae* in outdoor roses. *Bulletin OILB/SROP* 25 (1) : 177-180.

Moraes, G.J.; McMurtry, J.A. 1985. Comparison of *Tetranychus evansi* and *T. urticae* (Acari: Tetranychidae) as prey for eight species of phytoseiid mites. *Entomophaga* 30: 393-397.

Moraes, G.J.; McMurtry, J.A. 1986. Suitability of the spider mite *Tetranychus evansi* as prey for *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 40: 109-115.

Nihoul, P. 1994. Phenology of glandular trichomes related to entrapment of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. in the glasshouse tomato. *J. Hort. Sci.* 69 (5): 783-789.

Praslicka, J.; Uhlik, V. 1999. Influence of temperature and relative humidity on the development of predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 2 (4) : 111-113.

Rott, A. S.; Ponsonby, D. J 2000. Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. *Biocontrol Science and Technology* 10 (4) : 487-498

Rott, A. S.; Ponsonby, D. J 2001. Control of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on edible crops in glasshouses using two interacting species of predatory mite. Editor(s): Halliday, R. B.; Walter, D. E.; Proctor, H. C.; Norton, R. A.; Colloff, M. J. *Acarology: Proceedings of the 10th International Congress* : 387-391

Santi, F.; Maccagnani, B. 2000. Influence of the humidity on mortality rate and embryonic development time of two strains of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina Phytoseiidae). *Bollettino dell'Istituto di Entomologia 'Guido Grandi' della Universita degli Studi di Bologna* 54 : 1-11

Skirvin, D. J.; Fenlon J., 2003. Of mites and movement: the effects of plant connectedness and temperature on movement of *Phytoseiulus persimilis*. *Biological Control* 27 (3) : 242-250

Stavrínides, M. C.; Skirvin, D. J. 2003. The effect of chrysanthemum leaf trichome density and prey spatial distribution on predation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Bulletin of Entomological Research* 93 (4) : 343-350

Walter, D.E.; Proctor, H. 1999. Mites: Ecology, evolution and behaviour. *CABI pub.*, 322 pp.

ACARIENS RAVAGEURS EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE : QUELLES METHODES de lutte BIOLOGIQUE ?

Catherine Mazollier , GRAB *

*GRAB Agroparc BP 1222 84911 AVIGNON Cedex 09

e-mail : maraichage.grab@freesbee.fr

RESUME :

Dans le sud de la France, l'acarien *Tetranychus urticae* constitue un problème préoccupant en maraîchage biologique, particulièrement en culture sous abris de Solanacées et Cucurbitacées : les pertes de rendement peuvent être très importantes, notamment en région à climat estival chaud et sec (Provence). Les méthodes de lutte en Agriculture biologique sont très restreintes et ne constituent pas des solutions fiables et économiquement satisfaisantes. Différents travaux de recherche (APREL, GRAB, CIVAM-BIO 66) ont été conduits sur Solanacées et Cucurbitacées : ils ont permis de tester différentes stratégies de lutte associant des produits biologiques et des auxiliaires (*Neoseiulus californicus*, *Phytoseiulus persimilis* et *Feltiella acarisuga*), en intégrant éventuellement la pratique des brumisations. En situation de climat sec (Provence), l'installation des auxiliaires dans la culture est souvent effective mais presque toujours insuffisante face à l'explosion des populations de tétranyques ; de plus, c'est une solution coûteuse. Les produits (soufre ou Eradicoat ®) ont une action insuffisante et peuvent présenter de nombreux effets secondaires. Seule la pratique des brumisations, qui permet de corriger le climat trop sec et trop chaud des abris, assure une action réelle : elle limite très fortement la gravité des attaques en retardant le développement des tétranyques ; elle ne semble cependant pas stimuler le développement des auxiliaires installés dans la culture. Elle présente d'autres avantages : meilleure installation d'autres auxiliaires (*Orius laevigatus*), meilleure croissance des plantes, qualité commerciale supérieure, confort de travail amélioré pour le personnel.

MOTS-CLES :

Agriculture biologique, protection biologique, *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus* (= *Amblyseius*) *californicus*, *Phytoseiulus persimilis*, *Feltiella acarisuga*, brumisation.

CONTEXTE ET PRESENTATION

En maraîchage biologique, la lutte contre l'acarien ravageur *Tetranychus urticae* représente un verrou technique majeur. En région méditerranéenne, dans les cultures de printemps/été sous abris, la pression est généralement forte dès le mois de mai. Les attaques conduisent à des pertes de rendement très importantes et les conséquences financières sont graves pour de nombreuses exploitations. Pour une même espèce, les cultures sous abris sont généralement plus attaquées que les cultures de plein champ.

Les acariens tétranyques piquent les feuilles à la face inférieure : ces piqûres provoquent un dessèchement du feuillage puis de la plante entière ; en cas d'attaque grave, celle-ci est recouverte de toiles fines et les fruits sont très dépréciés commercialement.

Les moyens de lutte sont en effet extrêmement limités, alors que ce ravageur est de plus en plus présent dans les cultures maraîchères, notamment sur Cucurbitacées (surtout concombre et melon) et Solanacées (surtout aubergine et tomate).

En maraîchage conventionnel, la protection biologique et intégrée contre tétranyques est possible grâce à différentes stratégies intégrant conjointement les auxiliaires et des applications de produits compatibles, peu toxiques vis à vis des auxiliaires.

En revanche, en maraîchage biologique, la lutte biologique contre tétranyques repose nécessairement sur la combinaison de différentes méthodes : les apports d'auxiliaires seront éventuellement complétés par l'utilisation de soufre poudrage et par l'amélioration du climat dans les abris (augmentation de l'hygrométrie, réduction des températures). Les méthodes prophylactiques doivent également être prises en compte.

1 - PREVENTION ET PROPHYLAXIE :

11- Choix des espèces cultivées :

Même si ce ravageur est très polyphage, il est préférable si possible de diversifier les cultures en intégrant des espèces moins attractives. Une enquête conduite au GRAB en 2002 auprès de 22 maraîchers biologiques de Provence et du Languedoc, a montré que les exploitations avec une faible diversité de cultures sont en général les plus touchées par ce ravageur. Elle a également confirmé que les espèces les plus attractives vis à vis des tétranyques sont les suivantes : concombre, melon, fraise, aubergine, haricot ; d'autres espèces sont moins attaquées, comme la tomate ou la courgette ; enfin des cultures comme le poivron sont souvent épargnées (MAZOLLIER C., VIGNEAU S., 2002).

12- environnement des cultures :

L'amélioration de l'environnement des cultures est un des fondements de l'agriculture biologique ; le choix d'espèces diversifiées et adaptées dans les haies de l'exploitation peut favoriser l'installation et le maintien des prédateurs naturels des ravageurs. Sur ce thème, les connaissances sont assez développées en ce qui concerne certaines cultures (arboriculture) ou certains ravageurs (pucerons) ; en revanche, très peu de travaux ont été réalisés concernant la recherche d'un environnement « idéal » dans la lutte contre les tétranyques en maraîchage biologique. Il est donc difficile à l'heure actuelle de définir un schéma d'aménagement adapté à la lutte contre ce ravageur.

13- nettoyage des structures :

Les formes hivernantes des acariens tétranyques se conservent notamment sur les structures des abris (arceaux) ; l'élimination de ces formes pourrait permettre de limiter la gravité et la précocité des attaques au printemps. Cependant, contrairement au maraîchage conventionnel, il n'existe pas en maraîchage biologique de produit de désinfection des structures autorisé qui ait montré une réelle efficacité. Une autre piste a été testée par le CIVAMBIO66 : il s'agit d'un décapage à forte pression des arceaux et supports de cultures, réalisé quelques jours avant la plantation (appareil type Karcher) : cette pratique n'a donné aucun résultat positif : l'attaque par les tétranyques a été aussi précoce et importante que dans les tunnels non nettoyés (ARRUFAT A., 1999).

2 - PRODUITS BIOLOGIQUES

Les produits acaricides sont très peu nombreux en maraîchage biologique. Le plus connu est le soufre, produit minéral dont l'action s'avère insuffisante ; différents travaux de recherche ont porté sur différents produits d'origine végétale.

21-Le soufre : poudrage ou mouillable :

- Le soufre poudrage :

C'est le principal produit utilisé contre les acariens phytophages mais son efficacité est limitée. Il agit par vapeur et exige pour cela une température minimale de 8°C ; son efficacité est optimale à 25°C. Son action s'avère essentiellement répulsive et sa persistance d'action est de seulement 3 jours (MAZOLLIER C., 2001). L'enquête citée précédemment (MAZOLLIER C., VIGNEAU S., 2002) montre qu'il est assez fréquemment utilisé en début de culture par de nombreux maraîchers, soit sous forme de petits tas répartis dans la serre, soit en poudrage sur les plantes ; appliqué ainsi préventivement, il pourrait retarder les 1ères

attaques, à condition de renouveler très fréquemment les apports.... Il est également apporté sur les premiers foyers sur lesquels il aura une légère action frénatrice du développement des populations. Cependant, seul un renouvellement fréquent peut présenter une action durable, ce qui est peu compatible avec les nombreux effets secondaires du soufre poudrage :

- répulsif ou toxique vis à vis des pollinisateurs et des auxiliaires, notamment *Neoseiulus*, *Phytoseiulus*, Anthocorides, *Encarsia* et Chrysopes,
- toxique pour l'homme,
- souvent phytotoxique (températures élevées, forte luminosité, feuillage mouillé),
- corrosif vis à vis des bâches de serres.

- **Le soufre mouillable :**

Il est essentiellement utilisé dans la lutte contre l'Oïdium, grâce à sa bonne efficacité contre cette maladie. S'il présente également des risques de phytotoxicité, ses effets secondaires sont en revanche bien moindres que ceux du soufre poudrage : toxicité faible vis à vis des auxiliaires, pollinisateurs et humains ; faible corrosion pour les bâches de serres (MAZOLLIER C., 2001). Il n'est pas cependant considéré comme efficace contre tétranyques dans la bibliographie ni par la plupart des maraîchers interrogés dans l'enquête citée précédemment. Cependant, une étude réalisée en laboratoire par l'unité d'acarologie de l'ENSAM (AUGER P. et al, 1999) montre une réelle toxicité intrinsèque du soufre mouillable vis à vis des formes mobiles de *Tetranychus urticae* : protonymphes (mortalité) et femelles adultes (mortalité, réduction de la fécondité et de la viabilité de la descendance, sauf à de faibles hygrométries et températures) ; en revanche, l'action du soufre est nulle vis à vis des œufs, sauf à de très fortes hygrométries (>75%). Il conviendrait de valider ces résultats en cultures (si possible avec une amélioration de l'hygrométrie par brumisation).

- **22- Autres produits :**

Certains produits ont été testés dans différentes conditions de cultures : ils n'ont pas apporté à ce jour une réponse réellement satisfaisante au problème des tétranyques :

- **Huiles minérales :**

Des essais d'huiles minérales (produit SYN 3LP, société Total), avec des traitements localisés sur foyers ou généralisés à l'ensemble de la culture ont montré une efficacité réelle mais insuffisante pour bloquer le développement des tétranyques (ARRUFAT A., 1999).

- **L'azadirachtine :**

L'azadirachtine est un insecticide homologué (contre pucerons notamment) dans certains pays d'Europe (Allemagne, Suisse, Italie), mais pas encore en France ; il est désormais autorisé au règlement européen de l'agriculture biologique. Son efficacité sur tétranyques a été récemment mise en évidence sur culture de tomate: il a induit une mortalité de 82%, 14 jours après le traitement à une concentration de 0.5% (PAVELA R., 2003). Il serait sans effet sur la plupart des auxiliaires présents en maraîchage (*Encarsia*, *Neoseiulus*, *Phytoseiulus*, *Macrolophus*) (SERBIOS, 2000).

- **Eradicoat® (société anglaise BCP) :**

Insecticide-acaricide constitué d'amidon et d'une combinaison d'extraits de plantes, il a un mode d'action physique : il obstrue les stigmates (orifices respiratoires) des insectes et acariens, et interrompt ainsi leur respiration.

Ce produit est donc polyvalent et efficace contre les formes mobiles de nombreux ravageurs (acariens, pucerons, thrips, aleurodes, mineuses) ; il est également toxique vis à vis des formes mobiles des auxiliaires présents lors de la pulvérisation, mais une fois sec, il n'a plus aucun effet résiduel; il est donc proposé en traitement de choc sur foyers afin d'assainir la situation avant introduction des auxiliaires. Produit de contact, il doit être pulvérisé sur toute la végétation pour atteindre toute la population de ravageurs. Il est

autorisé en Agriculture Biologique en Grande Bretagne et il est homologué en Suède et en Grande Bretagne.

Testé au GRAB en 2002 sur culture de melon (voir paragraphe 51), il a montré une efficacité réelle mais de courte durée, donc insuffisante : les populations de tétranyques, après une chute assez nette, sont remonté rapidement à un niveau élevé. Les applications n'ont pas pu être répétées afin de ne pas perturber l'action des auxiliaires apportés dans la culture (MAZOLLIER C. et al, 2002).

• **Extraits foliaires :**

Des tests réalisés en laboratoire avec des extraits foliaires de 3 plantes : navet, lupin et trigonelle, montrent que ces produits s'avèrent très toxiques sur œufs et formes mobiles de tétranyques ; ils sont moins toxiques sur l'auxiliaire *Phytoseiulus persimilis*, qui maintient bien son activité de prédation, sauf pour le lupin où il est significativement plus bas (BOULFEKHAR-RAMDANI H.,2002).

3 - AUXILIAIRES :

31- Les 3 principaux auxiliaires commercialisés contre tétranyques sont des prédateurs :

- 2 acariens : *Phytoseiulus persimilis* et *Neoseiulus californicus* (famille des *Phytoseiidae*) ;
- 1 cécidomyie : *Feltiella acarisuga* (= *Therodiplosis persicae*) (famille des *Cecidomyiidae*) : petite mouche de 2 mm de long, dont la femelle adulte recherche activement les colonies d'acariens et y dépose jusqu'à 100 œufs ; les larves qui éclosent au bout de 2 jours se nourrissent aussi bien des œufs, des larves que des adultes de tétranyques. Seules les larves sont prédatrices de tétranyques.

Tableau I Caractéristiques des auxiliaires utilisables contre *Tetranychus urticae* :

		<i>Phytoseiulus persimilis</i>	<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Feltiella acarisuga</i>
Développement : durée en jours	à 15°C	17	30	> 30
	à 20°C	5-8	11	15
	à 27°C	9	4-5	< 10
Températures	Optimale	25-30°C	21-33°C	20-27°C
	Minimale	15°C	15°C	8-10°C
	Maximale	35°C	40°C	30°C
Humidité relative	Optimale	70%	> 70%	70-90%
	Minimale	60%	50%	30-40%
Nombre d'œufs/jour	à 20°C	2,5	1,7	7,5
Taux de prédation journalier	à 20°C	20 œufs ou 5 acariens	7 œufs ou 1 acarien	80 œufs ou 30 acariens
Déplacements		Marche	Marche	Vol
Stade actifs du prédateur		Nymphe et adulte	Larve, nymphe et adulte	larve
coût unitaire		0.011 €	0.017 €	0.17 €

Source : J. Pijnakker

- Comme le montre le tableau I, *Phytoseiulus persimilis* exige une hygrométrie minimale de 60% pour son développement : cette « exigence » climatique induit un niveau d'installation, donc d'efficacité très contrasté selon le climat : il s'installe uniquement en climat suffisamment humide, comme le montrent les essais et observations en cultures :
 - ➔ En zone côtière méditerranéenne (zones côtières du Languedoc et du Roussillon), cet auxiliaire s'installe assez bien grâce une humidité ambiante suffisante; ainsi, sur aubergine sous abris, son installation a été longue mais réelle (jusqu'à 9 individus/feuille), et il a permis d'éradiquer une forte attaque de tétranyques (ARRUFAT, 1997).

- Dans des zones climatiques plus sèches (Provence), en culture basse comme le melon sous abris, la végétation est trop restreinte pour assurer une hygrométrie suffisante nécessaire à l'installation de *Phytoseiulus persimilis* (CAPY et al., 2001); c'est parfois également le cas en concombre sous abris, culture dans laquelle les fortes aérations destinées à éviter les attaques de mildiou seront défavorables à son installation (MAZOLLIER C. et al, 2001).
- Des essais sont conduits depuis quelques années dans différentes stations (CIVAM BIO66 ,Ctifl, APREL, GRAB) afin de tester différentes stratégies d'introduction des 2 autres auxiliaires, moins exigeants en humidité ambiante :
 - *Neoseiulus californicus* : hygrométrie minimale 50 % ; il supporte des températures plus élevés (40 °C contre 35 °C pour *P. persimilis*).
 - *Feltiella acarisuqa* : hygrométrie minimale 30-40 % ; en revanche, cet auxiliaire est peu adapté aux conditions trop chaudes (30 °C contre 35 °C pour *P. persimilis*).

Une méthode originale pour améliorer l'installation des auxiliaires :

la méthode des plantes pièges

Principe :

Les plantes pièges sont des plantes attractives pour un ravageur donné, et qui permettront, lorsqu'elles sont attaquées avant la culture en place, de repérer les premières attaques de ravageurs et de réaliser ensuite rapidement les premiers lâchers d'auxiliaires. Deux stratégies de lutte seraient ensuite envisageables avec ces plantes pièges :

- Destruction des plantes pièges après colonisation par les tétranyques pour éviter la migration ceux-ci vers la culture principale,
- Maîtrise des tétranyques par introduction des prédateurs (*Phytoseiulus persimilis*) sur les plantes pièges, qui servent ensuite de réservoir de prédateur pour des introductions sur les foyers de la culture.

Efficacité :

Malheureusement, ce dispositif ne se révèle pas systématiquement efficace :

- Ce principe attrayant peut s'avérer intéressant dans certaines situations, probablement si l'espèce cultivée est moins appétente pour les tétranyques que « la plante piège » ; c'est ainsi le cas de la tomate vis à vis du haricot : dans un essai mis en place par le CIVAM BIO66 sur tomate sous abris, culture moyennement attractive, la plante-piège était une culture de haricot nain, installée en bordure de l'abri, le long des structures, là où se conservent les formes hivernantes des tétranyques ; le haricot vert nain est non seulement appétent pour les tétranyques, mais occupe un faible encombrement et est éventuellement récoltable. Les premières attaques sont effectivement intervenues sur haricot ; des lâchers de *Phytoseiulus persimilis* ont été réalisés mais n'ont pas permis un contrôle satisfaisant des tétranyques ; l'arrachage des haricots a été nécessaire, mais les tomates, moins appétentes, ont été épargnées (ARRUFAT A., 1999). Un test similaire réalisé au CIVAMBIO 66 en 2003 a également montré l'intérêt potentiel de haricots comme plantes pièges sur concombre.
- Ce principe n'a cependant pas fonctionné dans des essais conduits au GRAB en 2001 et 2003 en Provence sur melon et aubergine; les espèces cultivées se sont avérées plus appétentes vis à vis des tétranyques que le haricot : elles ont été la cible des premières attaques de tétranyques, longtemps avant les haricots ... (MAZOLLIER C. et al, 2001, 2003).

32- Autres auxiliaires :

- un autre prédateur de tétranyques : *Stethorus punctillum*, petit coléoptère dont les larves et les adultes se nourrissent de tous les stades du ravageur, est actuellement développé par la société Biobest (stade pré-commercial). On a cependant très peu de référence sur son efficacité dans les conditions méditerranéennes de cultures maraîchères sous abris.

- Des prédateurs d'autres ravageurs sont parfois secondairement prédateurs des tétranyques, notamment lorsque leur proie principale se fait plus rare :
 - *Macrolophus caliginosus* : principalement prédateur d'aleurodes, il consomme également tous les stades de tétranyques ;
 - *Neoseiulus cucumeris*, principalement prédateur de thrips, est également prédateur des œufs et jeunes larves de *Tetranychus urticae*, comme cela a été observé en culture biologique sous abris de concombre : au CIVAM BIO66, des populations de *Neoseiulus cucumeris* introduites pour prédater les thrips ont été observées sur les foyers de *Tetranychus urticae* (ARRUFAT A., 1996) ; de même, au GRAB, on a observé sur des foyers de tétranyques, de nombreux *Neoseiulus cucumeris* apportés pour lutter contre le thrips (MAZOLLIER C. et al, 2001). Cette espèce est cependant morphologiquement très proche de *Neoseiulus californicus* et la confusion entre les 2 espèces est possible.

Les 2 auxiliaires *Macrolophus caliginosus* et *Neoseiulus cucumeris* permettent de soutenir ponctuellement l'action des auxiliaires spécifiques des tétranyques, mais leur action est généralement insuffisante en cas de forte attaque.

4 - CLIMAT DES ABRIS : augmenter l'hygrométrie et réduire es températures ambiantes

En cultures sous abris, il est possible d'améliorer la protection contre les tétranyques par la réalisation de « bassinages », au moyen de 2 méthodes :

- réseau d'aspersion destiné à l'arrosage des cultures d'hiver ,
- réseau spécifique de brumisation : brumiseurs ou « foggers ».

41 - Aspersions :

- Principe :
 - ➔ Utilisation du réseau d'aspersion destiné aux cultures d'hiver (salades) ,
 - ➔ Réalisation de courtes aspersions avant ou pendant les heures les plus chaudes : fréquence et durée variables selon le dispositif d'irrigation, et selon les périodes et les cultures en place : en pratique, de 3 à 7 aspersions hebdomadaires de 10 à 30 mn.
- Caractéristiques et limites :
 - ➔ Effet généralement fugace : la montée de l'hygrométrie et la chute des températures sont nettes mais de très courte durée et l'impact sur le climat de la serre est donc réduit.
 - ➔ Risques sanitaires : il convient de pratiquer les aspersions avec prudence afin de ne pas favoriser les maladies fongiques et bactériennes : bactérioses (tomate, melon), Botrytis (tomate, concombre, aubergine), mildiou (tomate, melon, concombre).

Ce risque potentiel limite les possibilités d'utilisation de cette méthode ; ainsi, dans une culture conduite sur concombre au CIVAMBIO66, l'interruption des aspersions (réalisée pour réduire les risques de mildiou) a conduit à une remontée forte des populations de tétranyques (Arrufat, 1996).

En revanche, sur poivron, espèce peu sensible aux maladies fongiques et bactériennes, il est possible de réaliser davantage d'aspersions : cette pratique peut sensiblement améliorer l'installation des prédateurs des tétranyques (*Phytoseiulus persimilis*) et ceux du thrips (*Orius laevigatus*), comme le confirment de nombreuses observations en culture et en station d'essai (Arrufat, 1998).

42 - Brumisations :

L'augmentation de l'hygrométrie et la réduction des températures seront beaucoup plus importantes grâce à l'utilisation d'un réseau spécifique de brumisation, constitué de brumiseurs (ou « foggers »), de débit compris entre 5 et 20l/h à une pression de 3 à 7 bars : ceux-ci vont diffuser un brouillard qui augmente de manière constante l'hygrométrie et réduit les températures ambiantes, sans trop mouiller le feuillage (gouttelettes de 100 microns de diamètre).

Le niveau d'investissement pour un dispositif de brumisation est de 10000 à 15000 euros/ha selon les situations.

Grâce à une programmation spécifique, il est possible de programmer les créneaux et les séquences de fonctionnement de la brumisation qui sera discontinue, afin de ne pas augmenter de façon excessive l'hygrométrie et favoriser les problèmes sanitaires.

L'incidence de la brumisation sur les températures et les hygrométries a été mise en évidence dans différents essais ; ainsi, au GRAB, dans une culture de melon sous abris (MAZOLLIER C. et al, 2002), la brumisation a été utilisée afin de vérifier son intérêt dans la lutte contre les tétranyques (voir figure 1 et tableau II page suivante). Elle a fonctionné du 7 mai jusqu'à la fin de la culture (15 juillet), avec une interruption complète lors des journées couvertes ou pluvieuses ; le planning de brumisation était adapté aux conditions climatiques et saisonnières, avec un démarrage entre 8 H et 9 H en début de journée et un arrêt entre 17 H et 19 H ; les séquences « marche-arrêt » étaient variables selon les périodes : pauses de 90 à 150 secondes puis marche de 10 à 30 secondes.

L'incidence de ces brumisations sur les populations de ravageurs et de prédateurs est présentée dans le chapitre 5.

La figure 1 et le tableau II ci dessous présentent les humidités relatives et les températures ambiantes du 25 juin au 5 juillet, en culture de melon sous abris (MAZOLLIER C. et al, 2002), avec des brumisations :

- d'une durée de 20 secondes et espacées de pauses de 120 secondes,
- réalisées de 8 H à 19 H.

Figure 1 :

GRAB : LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE ACARIENS SUR MELON (essai 2002) :
température ambiante et humidité relative du 25/6/02 au 5/7/02 :
sans brumisation (en gris) et avec brumisation (en noir)
[brumisations de 20 s tous les 120 s - de 8 H à 19 H]

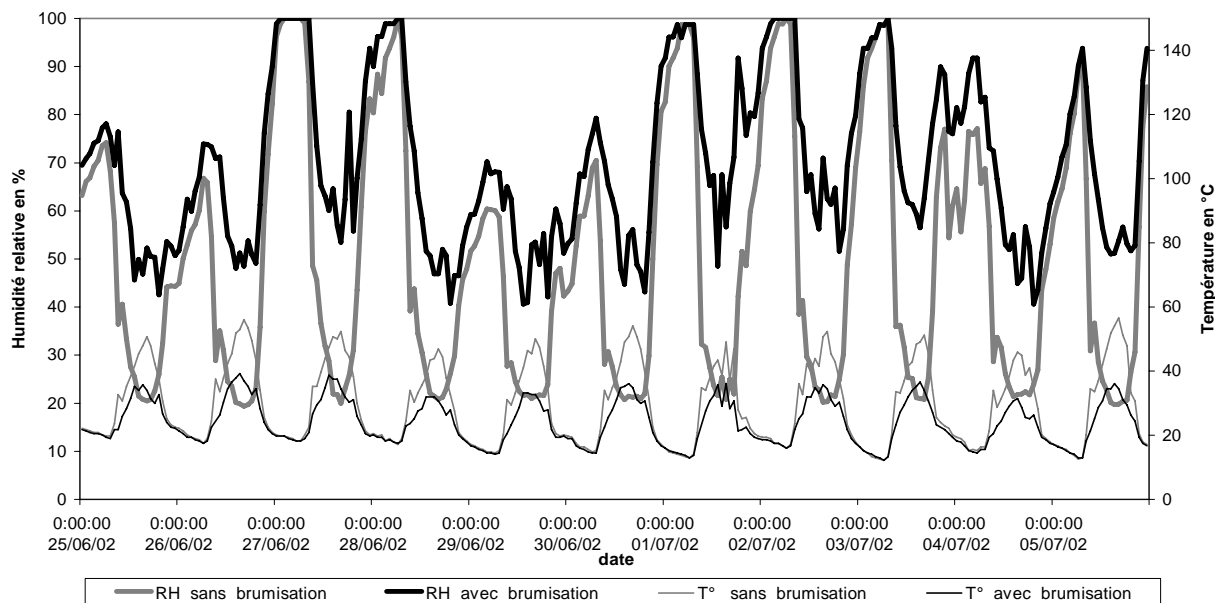


TABLEAU II : Valeurs moyennes, minimales et maximales journalières :

MESURES		AVEC BRUMISATION	SANS BRUMISATION
HUMIDITE en %	Moyenne	70	50
	Min	41	19
	Max	100	100
TEMPERATURE en ° C	Moyenne	24	29
	Min	12	12
	Max	39	57

Résultats :

- Humidité relative : la pratique des brumisations permet d'augmenter de 20 points l'humidité ambiante : sur cette période, elle procure une hygrométrie moyenne de 70 % contre 50 % sans brumisation ; l'hygrométrie minimale est de 41% avec brumisation contre 19% sans brumisation.
- Températures ambiantes : la brumisation limite nettement les montées en température, avec une température maximale de 39°C, contre 57°C sans brumisation.

La pratique des brumisations modifie le climat dans les abris et améliore :

- la lutte contre les tétranyques (voir chapitre 5) ;
- la lutte contre d'autres ravageurs ou maladies, comme le thrips (grâce à une meilleure installation des Orius) ou contre Oïdium.
- le développement de la culture et le rendement commercial, notamment sur aubergine, grâce à une réduction du taux de fruits ternes ou mal colorés (MAZOLLIER C. et al, 2003).

- le confort de travail pour le personnel.

Attention : les brumisations peuvent favoriser la croissance des adventices dans les allées, et le développement des gastéropodes.

5 - STRATEGIES :

Le chapitre 5 présente les résultats de différentes stratégies de lutte avec ces 3 prédateurs. En maraîchage conventionnel, la protection biologique et intégrée contre tétranyques est possible grâce à différentes stratégies intégrant conjointement les auxiliaires et des applications de produits acaricides compatibles, peu toxiques vis à vis des auxiliaires.

En revanche, en maraîchage biologique, la lutte biologique contre tétranyques repose sur la complémentarité de différentes méthodes : apports d'auxiliaires, application de produits biologiques, amélioration du climat dans les abris (augmentation de l'hygrométrie, réduction des températures).

Afin d'améliorer les références concernant le choix des stratégies, des essais de lutte biologique contre tétranyques ont été mis en place de 2000 à 2003 sur melon et aubergine par l'APREL et le GRAB ; les essais étaient localisés en Provence, dans des conditions de faible hygrométrie et de températures élevées (CAPY A. et al, 2000, 2001, 2002 - MAZOLLIER C. et al, 2000, 2001, 2002, 2003).

Les stratégies comparées ont été déterminées en concertation avec les sociétés de lutte biologique Syngenta ou Koppert.

Elles étaient constituées d'une association de différents auxiliaires, apportés à des doses et/ou des périodes différentes, combinées à des produits acaricides biologiques, et/ou à une modification du climat par brumisation :

- **3 auxiliaires** : *Neoseiulus californicus*, *Phytoseiulus persimilis*, *Feltiella acarisuga*
- **2 Produits** : soufre poudrage (essais 2001), Eradicoat® (essais 2002 et 2003),
- **Brumisation** : avec ou sans brumisation (essais 2002 et 2003).

51- SUR MELON :

TABLEAU III : Essais conduits sur melon (APREL ET GRAB) : de 2000 à 2002 :

stratégies comparées et résultats

Essais	STRATEGIES	RESULTATS
2000	<i>Phytoseiulus persimilis</i> (sur vermiculite, en flacons)	<i>Phytoseiulus persimilis</i> : installation médiocre , ⇒ explosion tardive des tétranyques
APREL Collab Syngenta Bioline	<i>Neoseiulus californicus</i> : 1 lâcher de 3/m ² à la floraison mâle <i>Phytoseiulus persimilis</i> : 2 lâchers sur foyers : 20 à 30 par m ² de foyer (sur feuilles de haricots)	<i>Neoseiulus californicus</i> et <i>Phytoseiulus persimilis</i> Installation convenable mais maîtrise insuffisante des populations de tétranyques
2001	témoin sans auxiliaires : soufre poudrage sur la végétation dès les 1 ^{ères} attaques	Efficacité très insuffisante du soufre
APREL Collab Syngenta Bioline	<i>N. californicus</i> : 1 lâcher de 3,6/m ² à la floraison mâle <i>P. persimilis</i> : 1 lâcher de 1,8/m ² de culture, concentré sur foyers. Conditionnement sur feuilles de haricots	<i>Neoseiulus californicus</i> : installation convenable ; maîtrise partielle mais insuffisante des populations de tétranyques <i>Phytoseiulus persimilis</i> : aucune installation

Essais	STRATEGIES	RESULTATS
2000 GRAB Collab. KOPPERT	<i>N. californicus</i> : dose moyenne = 6/m ² 2 lâchers : 3/m ² à la floraison mâle + 3/m ² sur foyers	<u><i>Neoseiulus californicus</i></u> : Bonne installation avec des apports précoces et importants : ⇒ Bonne maîtrise des populations de tétranyques
	<i>N. californicus</i> : dose forte = 12/m ² 2 lâchers : 6/m ² à la floraison mâle + 6/m ² sur foyers	
Essais	STRATEGIES	RESULTATS
2001 GRAB (2 sites d'essais) Collab. KOPPERT	témoin : soufre poudrage en tas sur paillage et sur végétation dès les 1 ^{ères} attaques, tous les 8 à 15 jours	Efficacité très insuffisante du soufre : développement importante des tétranyques
	<i>N. californicus</i> : dose forte = 9/m ² 2 lâchers : 3/m ² à la floraison mâle + 6/m ² sur foyers	<u><i>Neoseiulus californicus</i></u> : - installation convenable mais aléatoire - pas de différence entre les 2 doses - efficacité moyenne si attaque assez tardive ; insuffisante si attaque précoce <u><i>Feltiella acarisuga</i></u> : installation faible et lente, donc trop tardive par rapport aux tétranyques en culture courte.
	<i>N. californicus</i> : dose moyenne = 6/m ² 2 lâchers 3/m ² à la floraison mâle + 3/m ² sur foyers + <i>Feltiella acarisuga</i>	
2002 GRAB Collab. KOPPERT	1^{ER} FACTEUR : 2 stratégies :	<u>tétranyques</u> : attaque tardive Auxiliaires : <i>N. californicus</i> : Installation lente et tardive donc insuffisante pour freiner des tétranyques <i>F. acarisuga</i> : installation faible et lente : trop tardive par rapport aux tétranyques en culture courte <u>Eradicoat</u> : effet choc de courte durée
	Traitement Eradicoat ® généralisé puis <i>N. californicus</i> : dose moyenne = 5/m ² 1 seul lâcher de 5/m ² sur foyers <i>Feltiella acarisuga</i> : dose moyenne 2.5/m ²	
	<i>N. californicus</i> : dose forte = 7.5/m ² 2.5/m ² à la floraison mâle + 5/m ² sur foyers <i>Feltiella acarisuga</i> : dose forte = 7.5/m ²	
	2^{eme} FACTEUR : 2 climats : non brumisé et brumisé	

- **Résultats :**

- **Tétranyques :**

Dans tous ces essais, les tétranyques ont été présents systématiquement, à des niveaux et des périodes d'attaques variables. Leur développement a souvent été important et n'a pas été totalement arrêté, sauf dans l'essai GRAB 2000 où une très bonne installation de *N. californicus* a eu lieu ; par ailleurs, la brumisation a permis de limiter très nettement le développement des tétranyques dans l'essai conduit en 2002.

- ***Neoseiulus californicus* :**

Tous ces essais ont montré une réelle installation de *N. californicus*, quelle que soit la stratégie de lâcher ; il est même possible de l'introduire avant la présence des tétranyques dans la culture. En début d'attaque de tétranyques, on peut observer des foyers nettoyés par *N. californicus*, ce qui confirme son action de prédation en culture. Dans un essai (GRAB

2000), son action a même été très satisfaisante et il a limité très nettement l'attaque en tétranyques. Dans 2 autres sites (APREL 2001, GRAB 2001), l'apparition des tétranyques a été tardive, et leur progression a été plus lente lorsqu'il y a eu des lâchers de *N. californicus* que dans le tunnel témoin où seules des applications de soufre ont été réalisées (voir figures 2 et 3 des pages suivantes).

Cependant, dans la plupart des essais (APREL 2000 et 2001, GRAB 2001 et 2002), la réduction des foyers n'est pas systématique et *N. californicus* n'empêche pas l'apparition et le développement de nouveaux foyers, même lorsque les lâchers sont concentrés sur les foyers, avec des doses fortes. *N. californicus* est rapidement dépassé par la vitesse de multiplication des tétranyques et son action est globalement insuffisante pour enrayer leur développement. Dans l'essai conduit en 2002, la pratique des brumisations a très nettement retardé et limité le développement des tétranyques, mais elle n'a pas eu d'incidence favorable sur le niveau de populations des *N. californicus* (MAZOLLIER C. et al, 2002).

Figures 2 et 3 :

Lutte biologique contre tétranyques en culture de melon sous abris
 Pourcentage de feuilles occupées par les tétranyques et *Neoseiulus californicus*,
 échantillon de 30 feuilles au hasard.

FIGURE 2 : ESSAI GRAB 2001

FIGURE 2 A : Lutte biologique avec *Neoseiulus californicus*

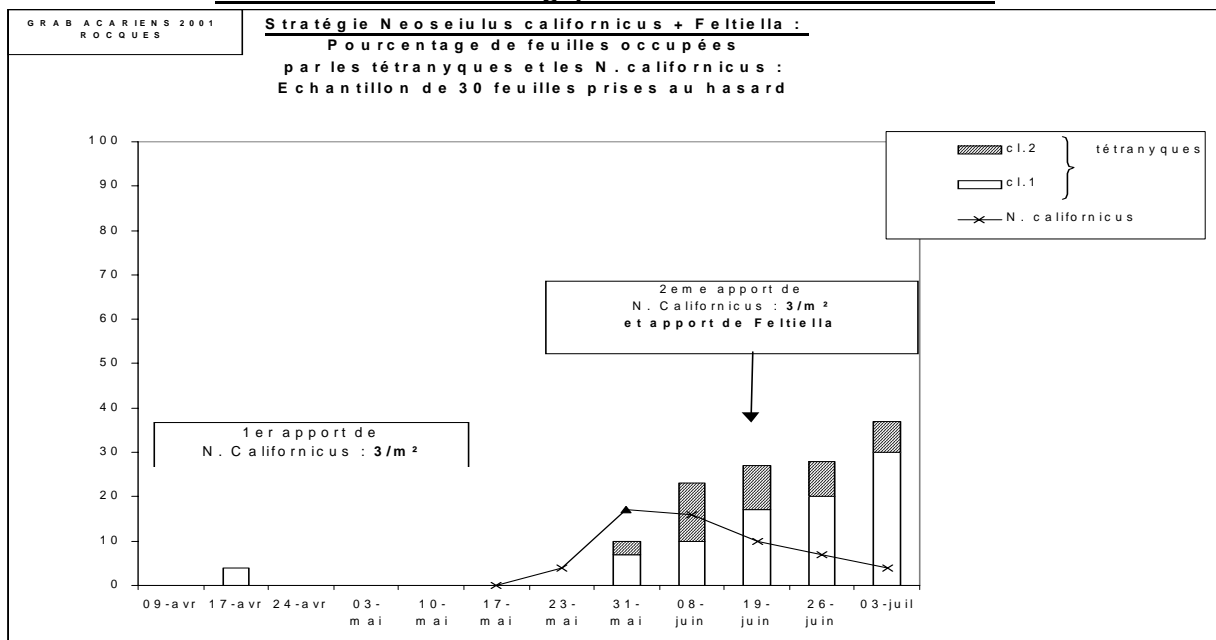
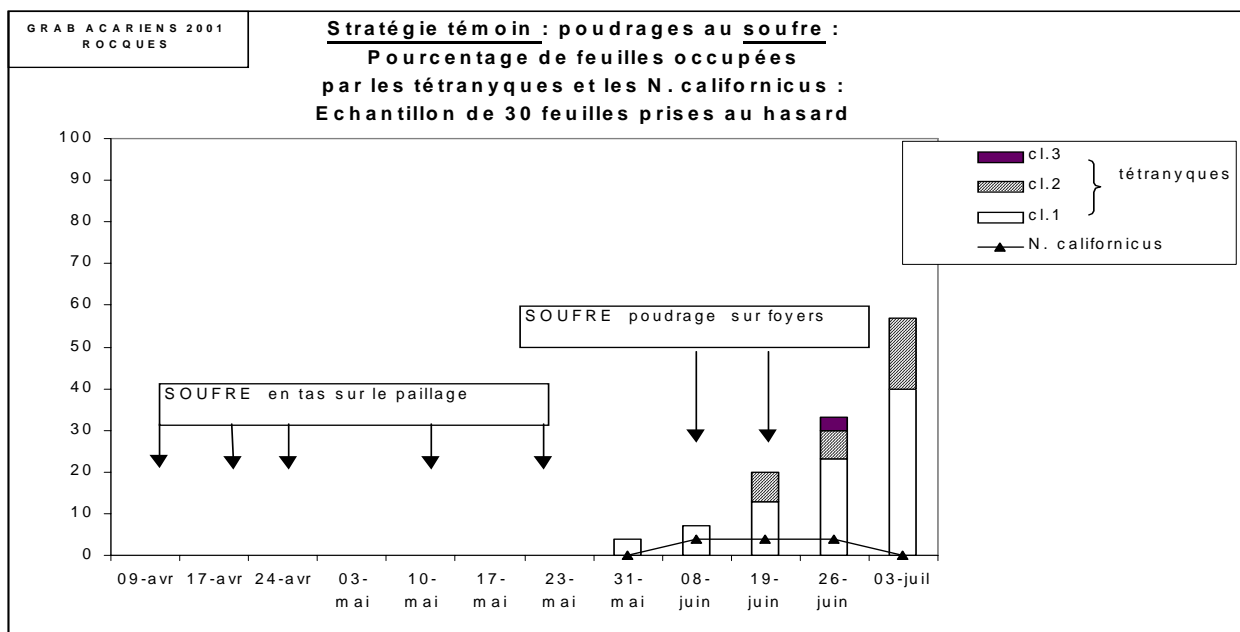


FIGURE 2 B : Lutte préventive avec soufre poudrage



Légende : classes de notation des tétranyques :

Pas de tétranyques	Classe 0
1 à 10 tétranyques par feuille	Classe 1
11 à 50 tétranyques par feuille	Classe 2
Plus de 50 tétranyques par feuille	Classe 3

Figure 3 : essai APREL 2001

FIGURE 3 A : Lutte biologique avec *N. californicus*

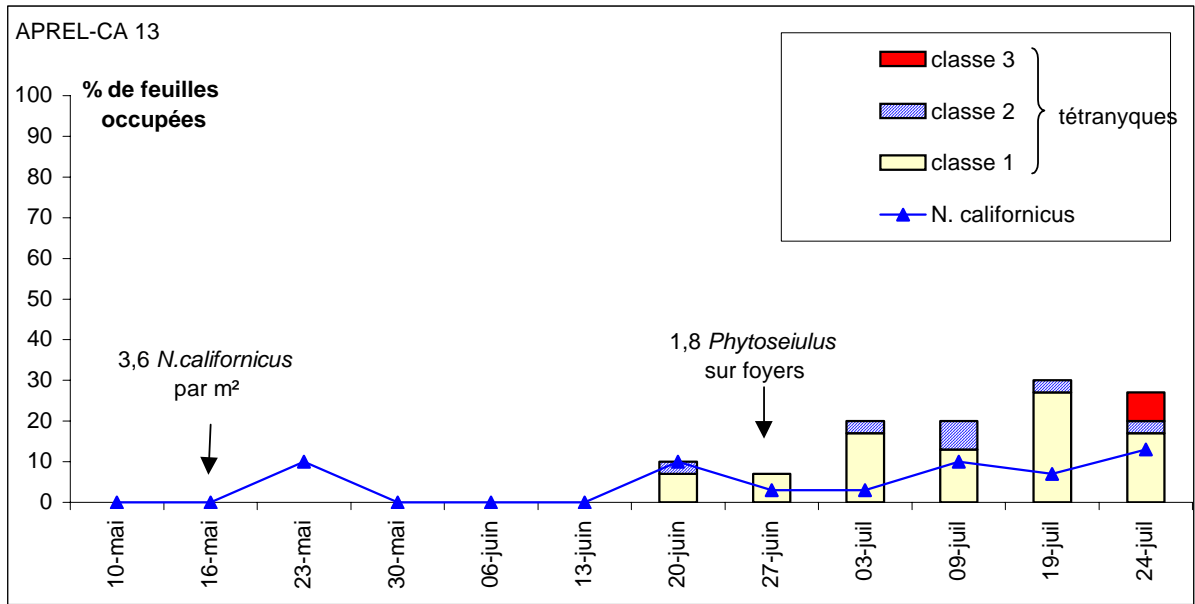
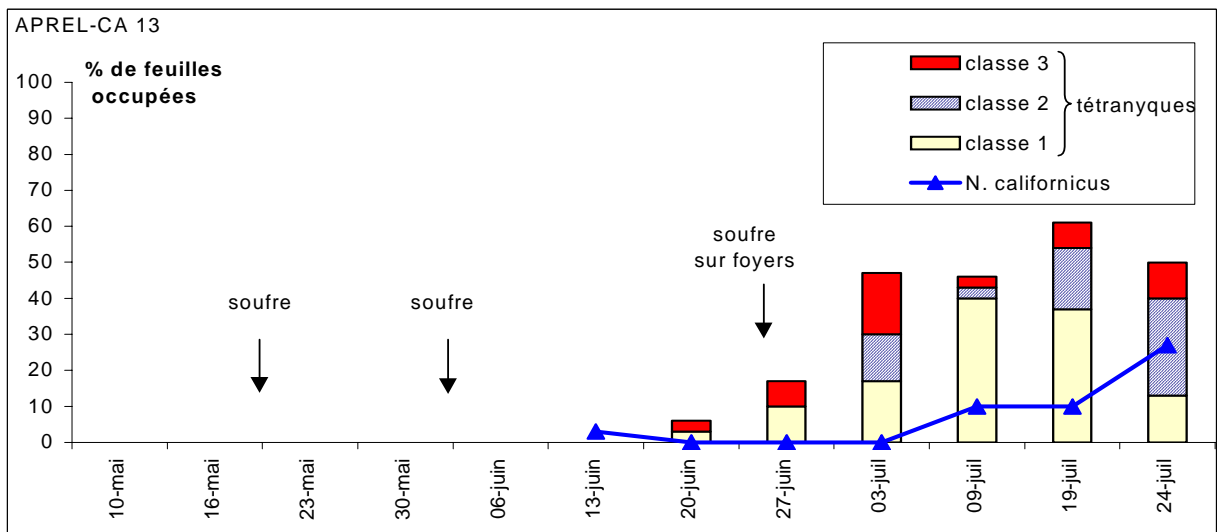


FIGURE 3 B : Lutte préventive avec soufre poudrage



Face à l'action insuffisante de *N. californicus*, d'autres essais ont été réalisés afin d'étudier l'intérêt d'apports complémentaires d'autres auxiliaires prédateurs : *Phytoseiulus persimilis* ou *Feltiella acarisuga*, installés sur les foyers.

→ ***Phytoseiulus persimilis***

L'installation de *P. persimilis* est très difficile dans les conditions chaudes et sèches des cultures de melon sous abri en Provence. Le conditionnement sur feuilles de haricot, associé à des conditions climatiques favorables lors des lâchers (temps couvert et humide, léger bassinage lors du lâcher) a permis dans l'essai APREL en 2000 d'obtenir une installation de l'auxiliaire, ce qui n'a pas été le cas dans l'essai APREL en 2001. Cependant, même lorsqu'il s'est installé, l'action de *P. persimilis* a été insuffisante pour résorber les foyers et enrayer le développement des tétranyques.

→ ***Feltiella acarisuga***

Des lâchers de pupes de *F. acarisuga* ont été effectués sur les premiers foyers, dès leur détection. Cependant, malgré une bonne émergence, très peu de pupes ont été observées sur les plantes, et toujours tardivement en fin de culture. Les températures très élevées expliquent peut être en partie cet échec. De plus, pour une culture courte comme le melon, le cycle de cet auxiliaire paraît donc trop long en comparaison de la vitesse de multiplication des tétranyques. Son développement est décalé par rapport à celui des ravageurs, ce qui n'est pas compensé par une dose élevée. Dans des conditions de cultures biologiques, des larves et des pupes de *F. acarisuga* indigènes peuvent être observées mais elles sont souvent associées à des niveaux de populations de tétranyques élevés. De plus, comme *P. persimilis*, *F. acarisuga* est un prédateur obligatoire qui ne peut être introduit qu'en présence de proies. Comme pour *Neoseiulus californicus*, son installation n'a pas été améliorée avec la brumisation dans l'essai GRAB 2002 (MAZOLLIER C. et al, 2002).

• **Conclusion des essais conduits sur melon :**

- ***Neoseiulus californicus*** s'installe parfois assez bien mais son efficacité est aléatoire et insuffisante, même à des doses élevées et coûteuses (1000 €/ha pour 6/m²).
- ***Phytoseiulus persimilis*** ne présente pas d'intérêt en culture de melon en Provence.
- ***Feltiella acarisuga*** s'installe dans la culture mais son cycle est trop long par rapport à la vitesse de développement des tétranyques ; son utilisation semble donc très aléatoire, notamment en culture courte comme le melon.
- **Le soufre poudrage** ne constitue pas une solution satisfaisante : résultats insuffisants, nombreux effets secondaires.
- **Le produit Eradicoat** n'a apporté qu'un effet choc de courte durée ; en tant que produit non sélectif, il ne peut être positionné qu'avant les lâchers d'auxiliaires et présente une toxicité vis à vis des auxiliaires indigènes.
- **La brumisation** a permis d'augmenter de façon sensible l'hygrométrie et de réduire les températures (voir figure 1 et tableau II page 12) : cette modification du climat a permis de retarder nettement le développement des tétranyques, mais n'a pas eu d'incidence sur les populations de *Neoseiulus californicus* et de *Feltiella acarisuga* (MAZOLLIER C. et al, 2002)

52- SUR AUBERGINE : (essai GRAB 2003)

- La recherche d'une stratégie de lutte sur aubergine sous abris, culture longue, a été réalisée au GRAB en 2003 : 3 stratégies ont été comparées (voir tableau IV), associant les 3 auxiliaires *N. californicus*, *P. persimilis* et *F. acarisuga* (MAZOLLIER C. et al 2003). Comme dans l'essai melon GRAB 2002, on a également étudié l'effet « brumisation ».

Tableau IV : ESSAI GRAB 2003 : sur aubergine sous abris (plantation 10/04) :
(Collaboration KOPPERT)

1 ^{er} FACTEUR :	RESULTATS
3 STRATEGIES COMPAREES	
<p><i>Neoseiulus californicus</i> : dose 3.3 /m² 1 seul lâcher à la floraison mâle</p> <p><i>Phytoseiulus persimilis</i> : 60/m² 3 lâchers sur foyers de 20 /m²</p>	<p align="center"><u>tétranyques</u> : attaque précoce</p> <p><i>Neoseiulus californicus</i> & <i>Phytoseiulus persimilis</i> : Installation réelle mais lente et tardive donc insuffisante pour limiter l'explosion des tétranyques</p>
<p><i>Neoseiulus californicus</i> : dose 3.3 /m² 1 seul lâcher à la floraison mâle</p> <p><i>Feltiella acarisuga</i> : 4 apports de 0.75/m² sur foyers</p>	<p align="center"><i>Feltiella acarisuga</i> :</p> <p>installation variable selon zones, à un niveau insuffisant pour limiter l'explosion des tétranyques</p>
<p><i>Phytoseiulus persimilis</i> : 35/m² 3 lâchers dès floraison de 5 /m² puis 1 lâcher de 20/m²</p> <p><i>Feltiella acarisuga</i> : 4 apports sur foyer de 0.75/m²</p>	<p align="center">Aucune des 3 stratégies n'est satisfaisante, malgré des doses élevées d'auxiliaires</p> <p align="center"><u>Début juillet</u> : régression inexplicquée des populations de tétranyques et d'auxiliaires</p>
<p>2^{eme} FACTEUR : 2 climats :</p> <ul style="list-style-type: none"> - non brumisé : 2 aspersions hebdomadaires de 30 mn - brumisé : brumisation du 12 mai jusqu'à fin de culture (10H à 17 H) 	<p align="center"><u>tétranyques</u> :</p> <p align="center">la brumisation a retardé et limité leur attaque</p> <p align="center"><i>N. californicus</i> et <i>F. acarisuga</i> :</p> <p align="center">pas d'incidence favorable de la brumisation sur leur développement</p>

- **Brumisations :**

La figure 4 et le tableau V ci dessous présentent les humidités relatives et les températures ambiantes sur la période du 19 juin au 7 juillet, avec des brumisations :

- d'une durée de 15 secondes et espacées de pauses de 120 secondes,
- réalisées tous les jours de 10 H à 17 H 30.

Figure 4 :

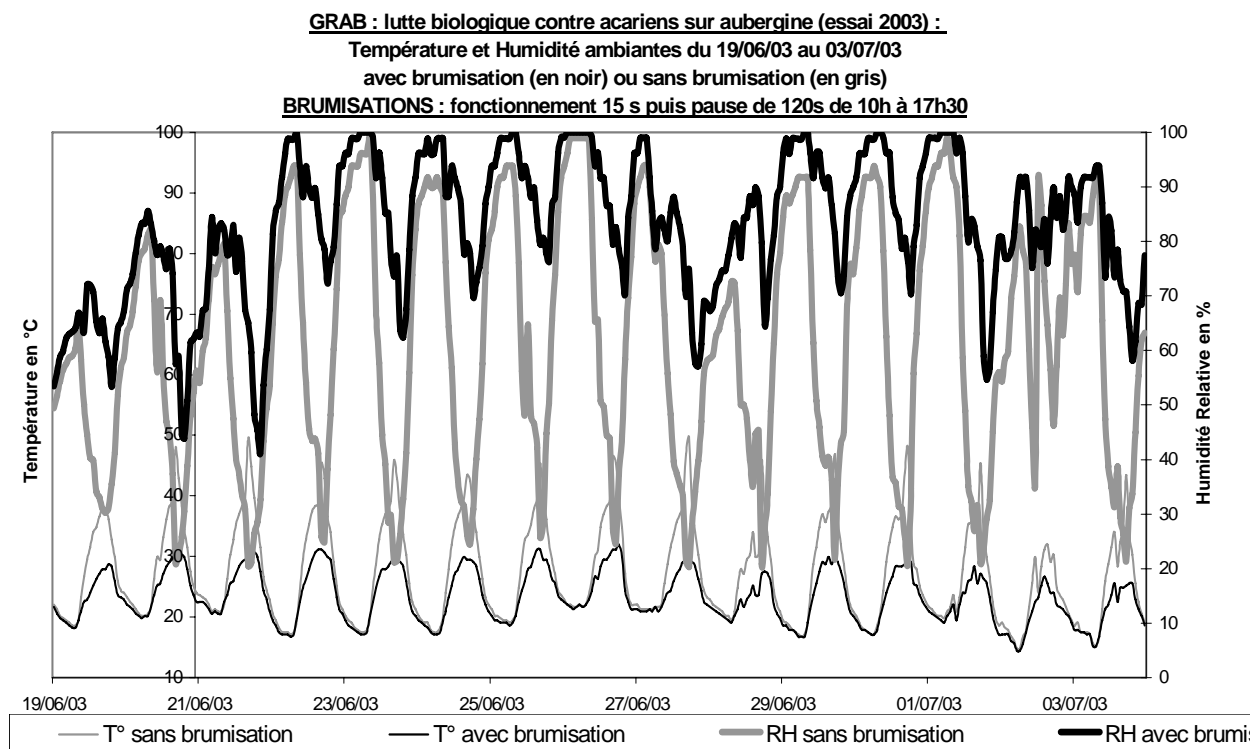


TABLEAU V : Valeurs moyennes, minimales et maximales journalières :

MESURES		AVEC BRUMISATION	SANS BRUMISATION
HUMIDITE en %	Moyenne	83	<u>61</u>
	Min	41	<u>20</u>
	Max	100	99
TEMPERATURE en ° C	Moyenne	23	27
	Min	14	15
	Max	32	<u>50</u>

Pendant cette période très chaude et sèche, la brumisation montre tout son intérêt : l'humidité relative est en moyenne de 83% contre 61% dans le tunnel non brumisé ; l'humidité descend jusqu'à 41% avec la brumisation, contre 20% en non brumisé. Parallèlement, dans le tunnel non brumisé, la température maximale est de **32°C** contre **50°C** dans le tunnel brumisé.

Dans le tunnel non brumisé, la réalisation de 2 aspersion hebdomadaires de 30 mn environ ne permet pas d'élever durablement l'humidité relative à un niveau convenable.

- **Résultats :** La figure 5 de la page suivante présente les niveaux de populations, avec ou sans brumisation, des tétranyques et des auxiliaires pour la stratégie associant *Neoseiulus californicus* et *Phytoseiulus persimilis*.

Figure 5 :

Pourcentage de feuilles occupées par les tétranyques et par les auxiliaires :
avec ou sans brumisation (échantillon de 30 feuilles au hasard)
 stratégie associant *Neoseiulus californicus* et *Phytoseiulus persimilis*

Figure 5A : sans brumisation (2 aspersions hebdomadaires de 30 mn)

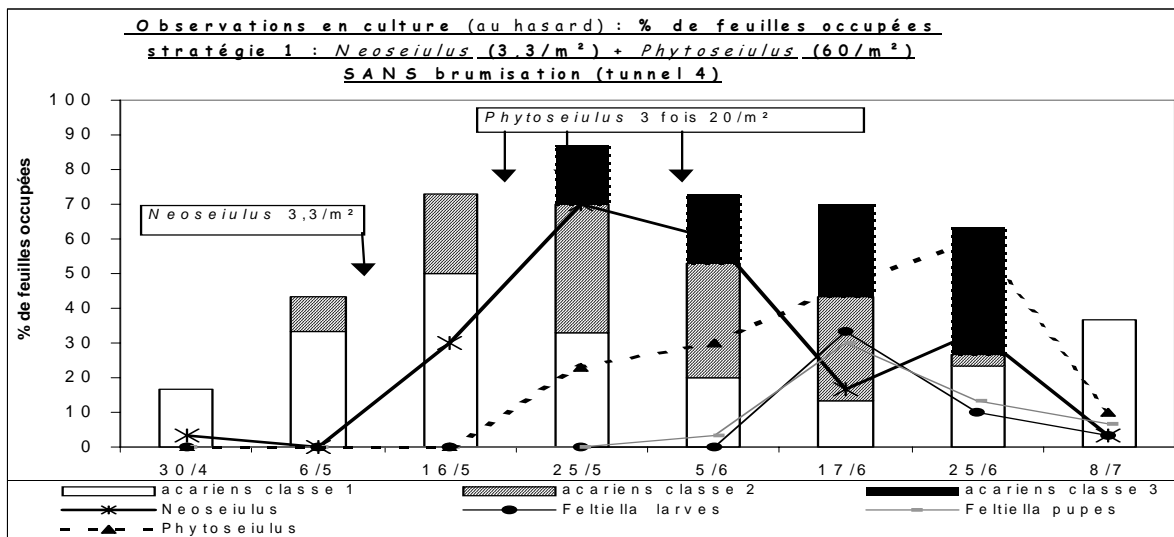
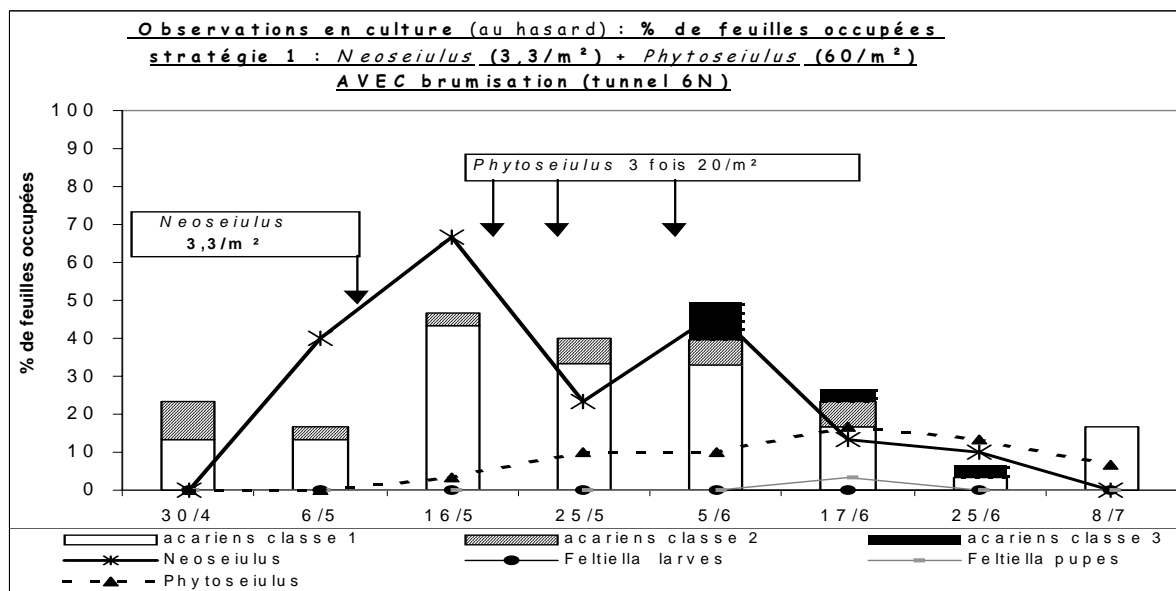


Figure 5 B : AVEC BRUMISATION



Légende : classes de notation des tétranyques :

Pas de tétranyques	Classe 0
1 à 10 tétranyques par feuille	Classe 1
11 à 50 tétranyques par feuille	Classe 2
Plus de 50 tétranyques par feuille	Classe 3

→ *Tétranyques* :

Leur présence est précoce : dès fin avril soit 3 semaines après plantation. Avec la brumisation, les populations restent cependant à un niveau très convenable dans les différentes stratégies. En revanche, elles progressent rapidement en mai et juin dans les tunnels non brumisés ; fin juin, 60 à 90% des feuilles sont occupées par des tétranyques dans les tunnels non brumisés contre seulement 30 à 40 % avec la brumisation.

Sans la brumisation, les niveaux d'attaques très élevés ont de graves conséquences sur la culture (baisse de rendement et de qualité des fruits), quelles que soient les stratégies d'apport d'auxiliaires.

Début juillet, la population de tétranyques régresse dans les 3 stratégies, en tunnel brumisé comme en tunnel non brumisé : cette régression « naturelle » n'est pas réellement expliquée par l'action des auxiliaires, puisqu'elle s'est également produite même là où leur installation était médiocre ; ce phénomène a également parfois été observé chez des agriculteurs. On ne connaît pas la véritable raison de cette régression : températures très élevées ? cannibalisme ?...

→ *Neoseiulus californicus* :

Ils sont présents à l'état indigène avant la réalisation du lâcher le 13 mai, mais leur population ne progresse pas de façon satisfaisante après ce lâcher : leur niveau est fluctuant et similaire avec ou sans brumisation.

→ *Phytoseiulus persimilis* :

Malgré des lâchers très importants, son installation est réelle mais très insuffisante ; comme pour *Neoseiulus californicus*, elle n'est pas améliorée par la pratique des brumisations.

→ *Feltiella acarisuga* :

Après les lâchers de pupes de *F. acarisuga* sur les premiers foyers, leur installation a été réelle mais insuffisante et très fluctuante selon les sites ; elle n'a pas été améliorée par la pratique des brumisations. Des larves et pupes de *F. acarisuga* indigènes ont été observées, là où aucun lâcher n'avait été pratiqué.

• Conclusion

L'attaque en tétranyques a été précoce et grave : elle a provoqué des dégâts importants sur les plantes dans les tunnels non brumisés, dans lesquels les 3 stratégies de lutte, malgré des doses très fortes et des coûts élevés, ont donné des résultats médiocres et similaires : dégâts importants sur les plantes, pertes commerciales.

En revanche, la pratique des brumisations a eu un impact très net : elle a réellement limité la progression des populations de tétranyques, sans favoriser le développement d'autres ravageurs (à part les escargots) ou de maladies (pas de *Botrytis* ni de *Sclerotinia*). Les populations d'auxiliaires n'ont pas été augmentées par les brumisations.

CONCLUSION GENERALE

Du point de vue économique, les coûts des apports d'auxiliaires contre tétranyques sont très élevés dans les différentes modalités sur aubergine comme sur melon pour des résultats très décevants en l'absence de brumisations (de 1000 € à 5000 €).

Neoseiulus californicus s'installe mais souvent trop tardivement et trop lentement pour garantir une efficacité suffisante. *Phytoseiulus persimilis* se développe très mal et ne présente donc pas d'intérêt en culture de melon en climat sec (Provence) ; son installation est réelle mais insuffisante en aubergine. La cécidomyie *Feltiella acarisuga* s'installe aléatoirement dans la culture et son cycle est trop long par rapport à la vitesse de développement des tétranyques ; son utilisation apparaît donc très aléatoire, notamment en culture courte comme le melon.

L'installation de la brumisation dans les abris pourrait s'avérer intéressante dans la lutte contre les tétranyques, en réduisant ou en supprimant les apports d'auxiliaires spécifiques de ces ravageurs. Elle pourrait également être utile contre d'autres ravageurs ou maladies (thrips, Oïdium..). Elle peut aussi améliorer les rendements commerciaux ainsi que le confort de travail. L'investissement en brumisation étant de 10000 € à 15000 €, un amortissement sur 5 ans équivaut à un coût annuel de 2000 à 2500 €, hors charges de fonctionnement.

REMERCIEMENTS :

Alain Arrufat (CIVAM BIO66), Anne Capy (APREL), Annick Taulet (GRAB), Yannick Trotin (Ctifl).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ARRUFAT A., 1996 - Concombre sous abri : lutte biologique ; publication CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT, 1997- Aubergine sous abri : lutte biologique ; publication CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT, 1997- Poivron sous abri : lutte biologique ; publication CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT A., 1999 - Tomate sous abri : lutte contre les acariens par décapage des structures; publications CIVAMBIO 66, Perpignan.
- ARRUFAT A., 1999 - Tomate sous abri : lutte contre les acariens par traitement généralisé ou traitement localisé (huiles minérales) ; publications CIVAMBIO 66, Perpignan.
- AUGER P., TIXIER M.S., KREITER S., VERGONJEANNE H. , 1999 - Effet acaricide du soufre mouillable sur *Tetranychus urticae* Koch en conditions contrôlées. Phytoma, la défense des végétaux - n° 515, avril 1999.
- BOULFEKHAR-RAMDANI H.,2002 - étude au laboratoire de la toxicité de 3 extraits foliaires vis à vis de *Tetranychus urticae* et effet sur le prédateur *Phytoseiulus persimilis*. 2^{ème} conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. Lille, 4 au 7 mars 2002.
- CAPY A. et al,2000 - protection biologique et intégrée contre les acariens - Compte-rendu d'essai- publication APREL - St Rémy de Provence.
- CAPY A. et al,2001 - protection biologique et intégrée contre les acariens - Compte-rendu d'essai- publication APREL - St Rémy de Provence.
- CAPY A., MAZOLLIER C., LENFANT C.,2002 - protection biologique et intégrée contre les acariens en culture de melon sous abri en Provence. 2^{ème} conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. Lille, 4 au 7 mars 2002.
- MAZOLLIER C., JORANDON J.M., 2000 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur melon sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., 2001 - Le soufre contre l'Oïdium en maraîchage biologique. Forum fruits et légumes biologiques, ITAB-GRAB-GABNOR, Lille. Publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A., 2001 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur melon sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A., 2001 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur concombre sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A., 2002 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur melon sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., VIGNEAU S., 2002 - Pression et méthodes de lutte contre les ravageurs aériens en maraîchage biologique méditerranéen. Publication GRAB, Avignon.
- MAZOLLIER C., LAMBION J. , TAULET A., 2003 - Lutte biologique contre acariens tétranyques sur aubergine sous abris. Compte-rendu d'essai ; publication GRAB, Avignon.
- PAVELA R., 2003 - The effect of commercial botanical insecticides from *Azadirachta indica* on *Tetranychus urticae* in Czech Republic - international Symposium on Greenhouse Tomato. Avignon, 17th, 18th, 19th September 2003.
- PIJNAKKER J.- *Feltiella acarisuga*, un auxiliaire prometteur contre les acariens - PHM n°432. SERBIOS (société italienne de produits phytosanitaires), 2000. Documentation technique sur le produit Dirachtin, à base d'Azadiractine.
- TROTTIN Y., CAPY A., 1999 - La protection intégrée du melon sous abri. Infos-Ctifl n°157, décembre 1999.

BEMISIA ET VIRUS, UN DANGER POUR LES CULTURES BIO?

L. SCHOEN

Sica CENTREX Ancien chemin de Pia 66440 TORREILLES

INTRODUCTION

En 2001 un phénomène de décoloration de tomates a été observé en Roussillon. Après investigation il s'avérait que ces dégâts étaient liées à la présence d'une population importante d'un ravageur "nouveau" sur tomate, concombre, poivron,.....: *Bemisia tabaci*.

A partir de ce moment un suivi systématique dans la région a été mené par différents organismes (Protection de Végétaux, stations régionales, CTIFL.....) et plusieurs autres foyers ont été identifiés.

En 2003, l'espèce est présente dans toute la France, avec une préférence pour le sud.

Cet aleurode, en dehors des dégâts directs est un redoutable vecteur de virus et à ce titre une menace pour plusieurs cultures autant en biologique qu'en conventionnel.

MOTS CLEFS: *Bemisia tabaci*, virus,

RECONNAÎTRE

Les adultes

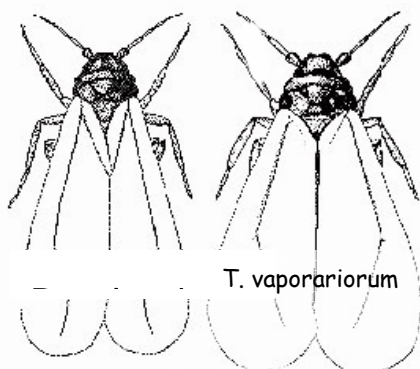
Bemisia tabaci fait partie de la même famille d'insectes que l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*) bien connue depuis des décennies.

La différence pratique entre les deux espèces réside surtout dans le fait que *B. tabaci* est vecteur de virus autres que ceux transmis par *T. vaporariorum*.

Il est donc très important d'identifier l'espèce présente dans les serres.

Pour les adultes, les différences visibles à l'œil nu, ou avec une loupe de terrain à faible grossissement, sont assez simples, tout en sachant que les critères utilisés ne sont pas très scientifiques. Dans la pratique de tous les jours, le risque d'erreur est tout à fait acceptable.

Pour une identification sûre, un examen à la loupe binoculaire est nécessaire.



La position des ailes des adultes au repos est différente (Fig. A), ce qui donne à *Bemisia* un aspect de « petit bâton » et à *Trialeurodes* de petit triangle ; de plus, en règle générale, *Bemisia* est plus petite que son cousin.

Avec un peu d'expérience, on a peu de chance de se tromper.

Les larves.

Pour les larves, les différences sont moins faciles à voir à l'œil nu, sauf peut-être la couleur jaune citron de

Bemisia contre le jaunâtre pour *Trialeurodes*. Cette caractéristique est cependant à prendre avec beaucoup de précaution, le parasitisme par *Eretmocerus* sp. donne aussi un aspect jaunâtre aux larves. De même, la plante hôte a une influence sur la couleur de la larve. Pour être sûr, un examen à la loupe binoculaire est indispensable. Le « modèle » des larves des

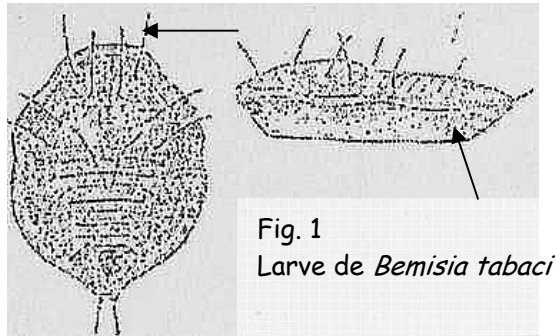


Fig. 1
Larve de *Bemisia tabaci*

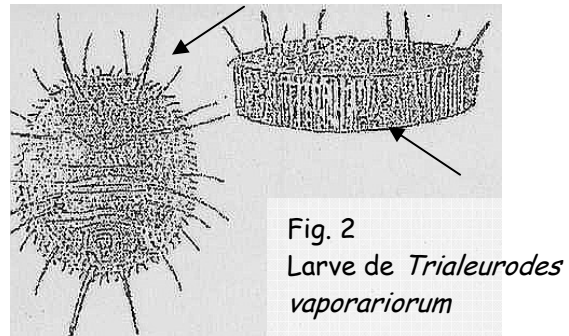


Fig. 2
Larve de *Trialeurodes vaporariorum*

deux espèces au stade âgé, autant vu « de dessus » qu'en vue latérale, est différent. Un deuxième élément est la différence entre les soies ornementales (Fig.1 et 2).

BIOLOGIE

B. tabaci est un insecte très polyphage, connu sur plus de 500 plantes hôtes comme le concombre, la courgette et la pastèque, les haricots, le tournesol, l'aubergine, la tomate, la pomme de terre, le poivron..... On le trouve également sur agrumes, et des plantes ornementales comme le poinsettia ou le lantana.

Le développement des stades larvaires est semblable à celui de l'aleurode des serres (*T. vaporariorum*), ce qui veut dire un premier stade larvaire mobile, les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stades, sédentaire, le 4^{ème} stade évoluant en « puparium » et puis l'adulte. *Bemisia* est un peu plus exigeant en température et se sent très bien au dessus de 25°C jusqu'à 35°C. La durée de vie de l'adulte est fonction de la température et peut varier de quelques semaines à température basse à une dizaine de jours pour des températures au dessus de 30°C.

Dans des conditions favorables, la femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs (sur concombre), mais le nombre est fonction de la plante hôte.

LE BIOTYPE

Dans l'espèce *B. tabaci* existent différentes « variétés », appelées « BIOTYPES », qui ont des caractéristiques différentes, entre autre concernant leur résistance aux insecticides et leur faculté de transmission de différents virus. L'identification du biotype est donc très important. Les différents biotypes peuvent être identifiés uniquement sur l'ADN des insectes à l'aide de procédures assez compliquées (PCR). Il existent beaucoup de biotypes différents dans le monde. Le premier décrit était le biotype « A », qui existe uniquement aux Etats Unies. En Europe le premier identifié est le biotype « B », qui, à son tour, à plusieurs endroits a été remplacé par un autre « non A, non B » ou « Q ». Le dernier est connu dans la littérature comme vecteur de virus le plus efficace, moins exigeant en température et plus résistant aux insecticides que le biotype « B » d'origine.

LES DÉGÂTS

Deux types de dégâts peuvent être distingués :

- **Les dégâts directs**

Le plus typique pour *Bemisia* comparé à *T. vaporariorum* sont les dégâts induits par l'injection de salive, qui, à des concentrations pour le moment inconnues, provoquent un défaut de coloration des fruits, assez similaire aux symptômes connus sous le nom de « blotchy ».

Les autres dégâts directs sont semblables à ceux causés par *T. vaporariorum*, c'est à dire affaiblissement de la plante dû au prélèvement de sève et, bien, sûr la production de miellat qui induit le développement de la fumagine.

- **Les dégâts indirects**

Ils sont liés au fait que *Bemisia* en général et le biotype Q en particulier, est un très bon vecteur de virus nuisibles aux plantes cultivées, dans nos régions, les tomates et les cucurbitacées sont particulièrement visées.

Sur tomate, 2 virus représentent une menace:

- Le Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)

Un cas a été identifié dans le Gard en 1999 sur de tomates de plein champ, mais immédiatement éradiqué. Dans la même région en 2000 et 2001 le virus n'a pas été retrouvé. Les symptômes sont très caractéristiques, avec les feuilles en « cuillère », l'apex bloqué et le jaunissement du feuillage.

Les bouquets initiés après l'infection sont pas ou mal fécondés. Les fruits déjà initiés avant l'infection se développent presque normalement, le calibre est cependant affecté. Le virus est toutefois détectable dans les fruits, malgré l'absence des symptômes.

Le TYLCV est un virus du type persistant, ce qui veut dire que le passage par *Bemisia* est obligatoire et que la transmission mécanique par des outils ou les mains n'est pas possible. D'autres plantes hôtes pour le TYLCV sont par exemple : le tabac, la morelle noire, le datura, le laiteron.....

- Le Tomato Chlorosis Virus (ToCV)

Ce virus se caractérise par un jaunissement du feuillage et un développement de la plante, retardé. Il est très difficile à reconnaître sans test au laboratoire et est souvent associé au TYLCV.

Sur concombre, deux autres virus sont d'actualité

- Le Cucumber Yellow Stunting Disorder Virus (CYSDV), déjà identifié dans le sud de la France

Ce virus provoque un jaunissement important du feuillage commençant par les feuilles du bas. Le jaunissement devient tellement important que la photosynthèse est pratiquement réduite à zéro, ce qui provoque la coulure des fruits. Une baisse très importante du rendement en est la conséquence. Les fruits déjà présents avant l'infestation se développent normalement.

- Le Cucumber Vein Yellowing Virus (CVYV) non encore identifié en France

Les symptômes de ce virus sont caractérisés par le jaunissement des nervures commençant par l'apex. L'aspect de la plante reste relativement verte, mais des marbrures sur fruits se manifestent très rapidement et rendent ceux-ci invendables.

En conclusion nous pouvons dire:

OUI, BEMISIA TABACI EST UNE MENACE POUR LES CULTURES BIO.

Bibliographie

CNLB. www.fruits-et-légumes.net/ESPACE_PROMOTION/Documents/communiqu.pdf

Berger P. L. 2001- *Le virus qui dévaste les tomates*. Réussir fruits et légumes n°194

Dalmon A. et Marchoux G. 2000- *Quelles plantes hôtes pour le Tomato Yellow Leaf Curl Virus ?* Phytoma n°527, p14.

Dubon G. 2002- *Bémisia est là*. Réussir fruits et légumes n°203, p66.

www.fruits-et-légumes.net/ESPACE_PROMOTION/Documents/communiqu.pdf

Prévention contre les pathogènes du sol en culture sous abris : rotations, engrais verts, solarisation

A. Arrufat*, M. Dubois**

*CIVAM BIO 66 19, avenue de Grande Bretagne 66025 Perpignan Cedex

**CENTREX Chemin du Mas Faivre 66440 Torreilles

Résumé :

Dans le cadre d'une expérimentation de longue durée ayant pour but de réaliser des comparaisons technico-économiques entre une conduite en agrobiologie et une conduite en protection intégrée, un dispositif original (baptisé BIOPHYTO) a été mis en place à Théza (66) en 1993. Le premier objectif, de ce site, est la limitation des intrants chimiques. Nous avons en particulier travaillé sur les problèmes phytosanitaires du sol et cela nous a permis de mettre en évidence l'influence de la solarisation, d'engrais verts et de rotations de cultures d'espèces différentes sur les pathogènes du sol.

Mots clefs :

Sclerotinia minor, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Meloïdogyne incognita*, maraîchage sous abri, solarisation, engrais vert, rotations de cultures.

"Biophyto", un dispositif original

Le fonctionnement de ce projet repose sur une mise en commun de moyens et d'intérêts complémentaires, associant le CIVAM BIO 66 et la CENTREX pour la mise en œuvre des protocoles, Agriphyto, le Lycée Agricole de Théza et le Centre National de Formation pour les aspects de formation.

Ce site est composé de 4 tunnels de 400 m², qui forment en tout 8 parcelles d'essai individualisées en demi tunnels. Deux tunnels (T1 et T2) sont conduits en culture intégrée et les deux autres (T3 et T4) en agriculture biologique. Un des tunnels bio (T3), ainsi que les deux tunnels intégrés reçoivent une rotation annuelle de deux cultures, une laitue en hiver suivie d'une cucurbitacée au printemps (melon jusqu'en 2001, puis concombre), dans le but d'accélérer l'apparition des problèmes de fatigue de sol. L'autre tunnel bio (T4) reçoit une rotation de cultures d'espèces différentes sur trois ans (laitue, melon, céleri, tomate, blette, fenouil). 2002-2003 correspond à la 10^{ème} saison de culture, tous les tunnels ont une même rotation salade/concombre.

Différentes stratégies de traitements de sol en été (solarisation, engrais verts, annuels ou en alternance...) sont testés seuls ou combinés, sur chaque parcelle tous les ans. La solarisation est réalisée sur une durée de 60 jours, d'août à Septembre.

L'engrais vert principalement utilisé est le sorgho fourrager, semé début août à 50 kg/ha puis broyé 2 mois plus tard. A partir de l'été 2000, d'autres engrais verts ont été introduits dans le dispositif (radis fourrager, tagète minuta et moha). Le T2 Nord reste en sol nu, c'est la parcelle témoin sans traitement du sol alors que le T1 Sud est notre référence solarisation annuelle. Les autres demi tunnels en agriculture conventionnelle reçoivent différents traitements, voir dispositif expérimental (Figure 1).

Figure 1 : dispositif expérimental

	Tunnels Conduite Biologique				Tunnels Conduite intégrée				
	T4		T3		T2		T1		
	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud	
Année 1 : 93-94	Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		1 ^{er} cycle
Traitements Été 94	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Sol nu	Basamid + Solarisation	Erzone + Trichoderma	Solarisation + Trichoderma	
Année 2 : 94-95	Céleri - Tomate		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 95	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Sol nu	Basamid + Solarisation	Erzone + Trichoderma	Solarisation + Trichoderma	
Année 3 : 95-96	Blette - Fenouil		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 96	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Sol nu	Basamid + Solarisation	Sorgho	Solarisation + Trichoderma	
Année 4 : 96-97	Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 97	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Sol nu	Sol nu	Sorgho	Sorgho	Solarisation	
Année 5 : 97-98	Céleri - Tomate		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 98	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Sorgho	Sol nu	Sorgho	Vapeur (Plaques)	Solarisation	
Année 6 : 98-99	Blette - Fenouil		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 99	Sorgho	Solarisation	Sorgho	Solarisation	Sol nu	Solarisation	Vapeur (bâches)	Solarisation	
Année 7 : 99-00	Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 00	Sorgho	Solarisation	Sorgho + Solarisation	Radis Fourrager + Solarisation	Sol nu	Solarisation	Sorgho	Solarisation	
Année 8 : 00-01	Céleri - Navet		Laitue - Melon		Laitue - Melon		Laitue - Melon		
Traitements Été 01	Solarisation	Tagete	Solarisation + Sorgho	Solarisation + Radis fourrager	Sol nu	Sorgho	Sol nu	Solarisation	
Année 9 : 01-02	Choux rave - Epinard		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		
Traitements Été 02	Moha	Moha	Moha	Moha	Sol nu	Solarisation	Sorgho	Solarisation	
Année 10 : 02-03	Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		Laitue - Concombre		
	Bio éthique				Intensif				3 ^{ème} cycle

Les données agronomiques (fertilisation, suivi nitrates en culture, rendements, ...) et phytosanitaires (mortalité, observation des systèmes racinaires, identification des pathogènes ...) sont enregistrées par demi tunnel.

Observations réalisées

Culture de laitue :

Comptage des pieds morts par *Sclerotinia minor* et autres pathogènes du sol sur l'ensemble de chaque demi tunnel.

Evolution de la mortalité par *Sclerotinia minor* depuis 1994.

Culture de melon et concombre :

Observations des systèmes racinaires de l'ensemble des pieds des deux rangs centraux de chaque demi tunnel, arrachés en fin de culture :

Notation *Pyrenochaeta lycopersici* responsable de la maladie des racines liégeuse (Corky-root) :

0 = pas de nécroses ; 1 = légères nécroses ; 2 = moins de 50% des racines touchées ;

3 = plus de 50% des racines touchées.

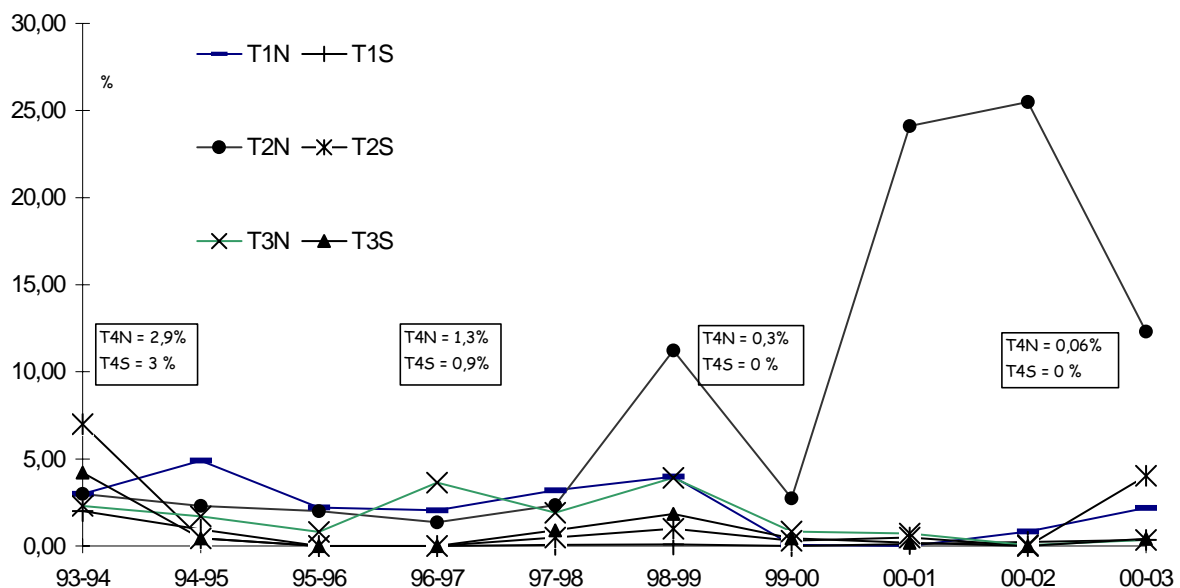
Notation nématodes à galles (*Meloïdogyne sp.*) :

0 = pas de galles ; 1 = moins de 10% des racines touchées ; 2 = de 10 à 50 % de racines touchées ; 3 = de 50 à 90 % de racines touchées ; 4 = totalité des racines atteintes.

Les résultats en cultures de laitue

Le graphique (Graphique 1) ci-dessous représente le pourcentage de mortalité par *Sclerotinia minor* pour l'ensemble des 8 demi tunnels. Le T4 n'apparaît que toutes les trois années en culture de laitue.

Graphique 1 : Evolution du pourcentage de mortalité des laitues par *Sclerotinia minor* - Biophyto 1993-2003.



Le dispositif BIOPHYTO a été mis en place en 1993 sur une parcelle du lycée agricole de Théza. Malgré le fait que cette parcelle n'ait pas reçu de salade depuis plus de cinq ans, dès la première année, nous avons observé une légère présence de *Sclerotinia sp.* Les premiers traitements de sol sont réalisés en été 94, après une année de rotation salade / melon dans tous les demi tunnels.

Pour la parcelle témoin sol nu durant l'été (T2N) la présence de *Sclerotinia minor* reste faible jusqu'en sixième année où elle explose pour atteindre 12 %. Après une baisse de mortalité l'année suivante, vraisemblablement due à un effet année, la mortalité de cette parcelle atteint à partir de 2001 des niveaux économiquement insupportables.

Tunnels en agriculture biologique :

Dans le tunnel 3 malgré le retour de la culture de laitue tous les ans, le niveau de mortalité reste faible. Pour la partie Sud, c'est l'utilisation fréquente de solarisation, dont l'efficacité est reconnue contre le *Sclerotinia*, qui permet ce résultat avec aucune mortalité en 96 et 97. L'arrêt de la solarisation pendant 3 ans fait légèrement remonter le taux de mortalité jusqu'à 3%. Dans la moitié Nord de ce tunnel, l'engrais vert cultivé tous les étés, a permis de maintenir la mortalité à des niveaux très faibles (inférieur à 5%) durant 6 années. Deux solarisations, l'une précédée d'un sorgho en 2000 et l'autre suivie d'un sorgho en 2001 ont permis d'éliminer les pertes dues au *Sclerotinia minor* dans cette parcelle.

Dans le tunnel 4 les rotations permettent quasiment d'éviter toute mortalité en laitue.

▪ Effet solarisation :

En début du dispositif, sur les 3 demi tunnels Sud, après 2 années de solarisation le niveau de mortalité devient nul. Il le reste pratiquement si la solarisation est maintenue (T1S), par contre, quand on arrête la solarisation, le *Sclerotinia* réapparaît (T2S et T3S).

La mise en œuvre d'une solarisation annuelle n'a jamais conduit à l'apparition de problème parasite ou physiologique pour la laitue. Il ne semble pas, au bout de 9 années de pratique, qu'il y ait de limite agronomique à la réalisation d'une solarisation annuelle.

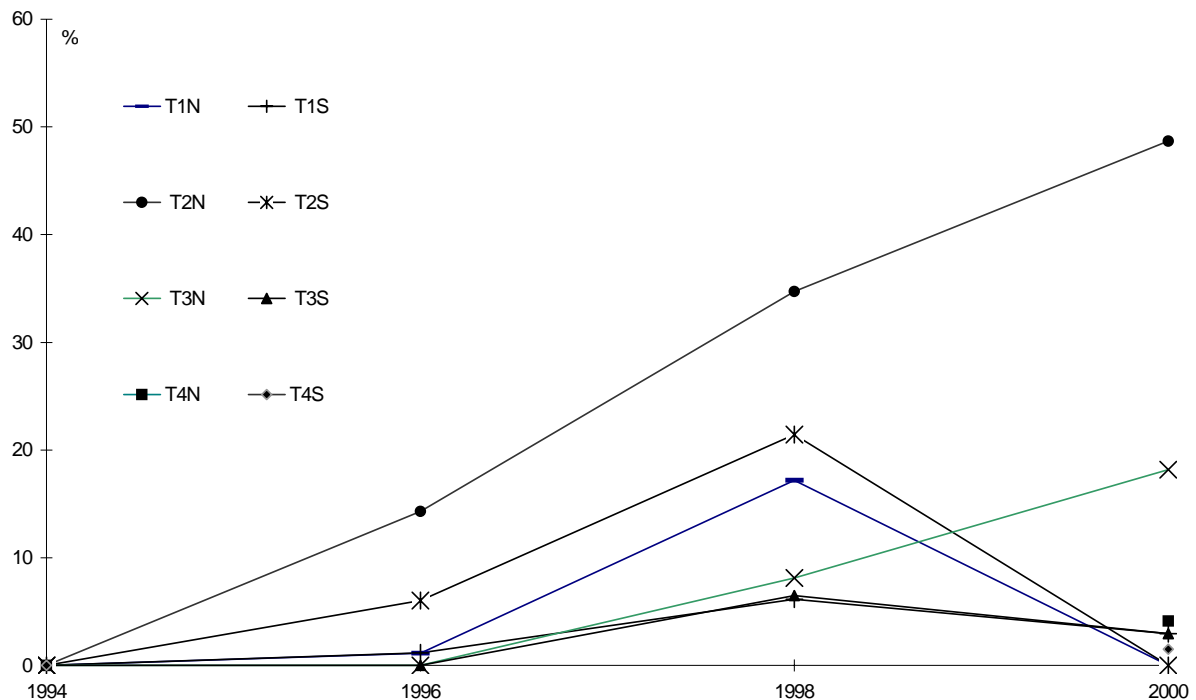
La cadence d'une solarisation tous les 3 ans permet de maintenir un niveau de mortalité dû au *Sclerotinia minor* inférieur à 3%, ce qui est économiquement acceptable.

Les résultats en culture de melon

Les observations réalisées à l'arrachage des cultures de melon font apparaître des lésions sur les racines. Le parasite responsable est *Pyrenochaeta lycopersici*. Dans le graphique présenté (Graphique 2), les effets « années » ont été masqués pour mettre en évidence les tendances lourdes.

Graphique 2 : Evolution du pourcentage de racines avec note > 1

Notation Corky-root entre 0 et 3 sur arrachage melon – Biophyto 1994 – 2000.



L'évolution des notes d'intensité d'attaque racinaires supérieure à 1 montre une augmentation constante dans le témoin pour atteindre 50% en 2000. Dans un même temps,

le tunnel T3N ayant reçu 6 années de culture de sorgho, présente une progression d'attaque plus modérée pour atteindre 20%.

Dans les autres parcelles les différentes désinfection pratiquées (solarisation, vapeur,...) permettent de contenir le Corky-root.

Le T4 en rotations présente au bout de 7 années de culture un niveau d'attaque quasiment nul.

En 2000 la présence de nématodes (*Meloidogyne incognita*) est repérée sur 8 plants de melon du T1 Nord.

En 2001 cette présence augmente en nombre de plants atteints et niveau d'attaque sur cette même parcelle, de plus la contamination s'étend sur quelques plants du T 2 Nord.

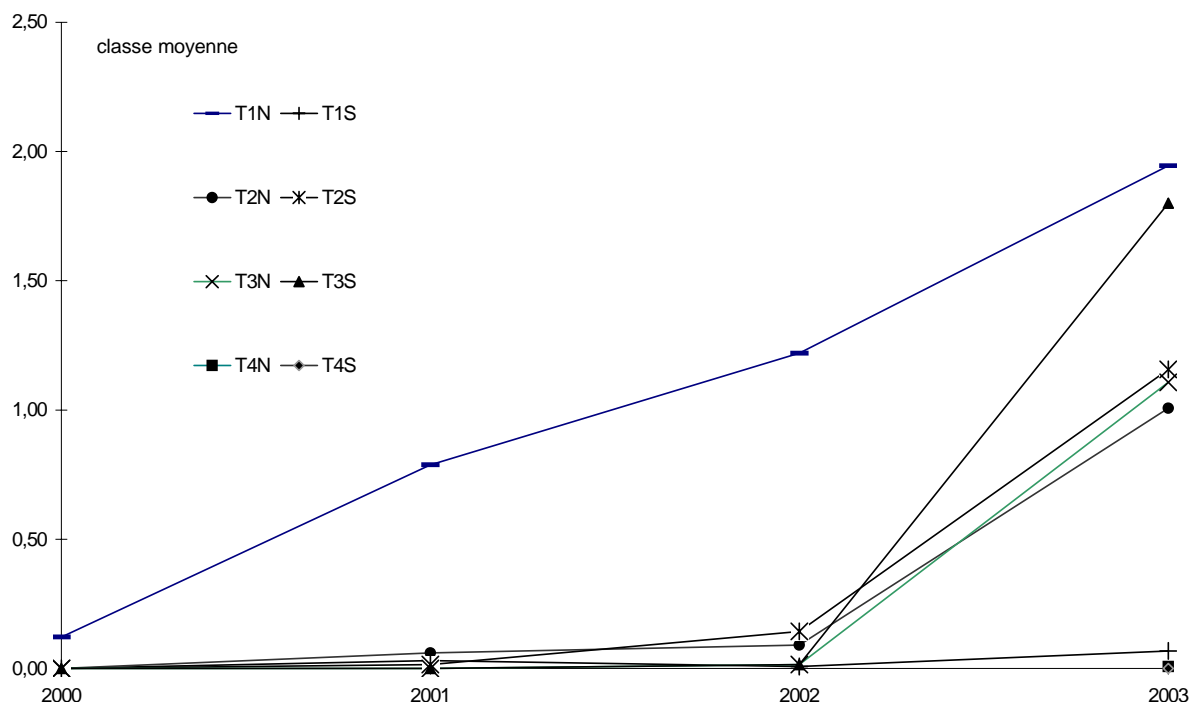
Afin de garder dans ce dispositif une représentativité des productions locales nous avons remplacé la culture de melon par du concombre en 2002.

Les résultats en culture de concombre

Bien qu'ayant théoriquement un système racinaire plus fragile que le melon, les racines de la première culture de concombre ont été nettement plus saines, en regard aux attaques de champignons pathogènes, que celles des melons de l'année précédente. On peut vraisemblablement attribuer cela au changement d'espèce bien que les deux cultures soient des cucurbitacées.

Pour cette culture, les nématodes sont, sur le site, le problème tellurique dominant avec une progression de l'intensité d'attaque depuis 2000 dans les parcelles atteintes et une colonisation des 6 demi tunnels intensifs dès 2002.

Graphique 3 : Evolution de la note moyenne d'intensité d'attaque par les nématodes. Comptage racinaire sur 130 plants par demi tunnel - Biophyto 2000 -2003.



Les observations de 2003 montrent une augmentation des dégâts dans toutes les parcelles, sauf pour le T1 Sud et le T4.

Le T1 Sud est la parcelle solarisée tous les ans. La poursuite du dispositif nous permettra de vérifier si la solarisation, qui est une technique efficace contre les nématodes dans des pays bénéficiant d'un ensoleillement nettement supérieur au notre, peut, sous nos latitudes, retarder la colonisation des parcelles.

Dans le tunnel bio en rotation (T4) qui a reçu cette année une culture de concombre, les nématodes n'ont été repérés que sur un seul plant. Cela confirme l'intérêt des rotations, d'autant plus que dans notre dispositif, le travail du sol des différents tunnels est réalisé avec les mêmes outils.

Poursuite de l'étude :

Dans le Tunnel 3, fortement colonisé deux stratégies sont mise en place.

T3 Nord : solarisation (2003) suivie d'une culture non hôte pour les nématodes à galle (oignon), suivie d'une autre solarisation (2004).

T3 Sud : solarisation suivie d'une culture de *Tagete minuta* (2003) suivie d'une culture non hôte pour les nématodes à galle (oignon), suivie d'une autre solarisation + *Tagete minuta* (2004).

La culture sensible reviendra au printemps suivant pour évaluer l'intérêt de ces stratégies combinées contre les nématodes à galle.

Conclusion

Ce dispositif d'étude sur du long terme nous a permis de confirmer l'intérêt des rotations et de mettre en évidence l'action des engrais vert contre les pathogènes du sol, deux pratiques qui sont des bases de l'agriculture biologique. Par le suivi dans le temps de parcelles solarisées nous avons affiné l'utilisation pratique de cette technique sans qu'aucune limite négative n'apparaisse.

Après 10 années de suivi les résultats obtenus nous paraissent suffisamment fiables en ce qui concerne la culture de laitue. La poursuite du dispositif se focalisera sur l'aspect protection contre les nématodes, qui sont des ravageurs telluriques de première importance en agriculture biologique et dont la lutte est de plus en plus difficile en agriculture conventionnelle.

Bibliographie consultée:

Anonyme- 2000. Biophyto 6 ans déjà, Journal l'Agri, supplément 6 juillet 2000.

Anonyme- 1994 à 2000. Biophyto dans Rapport d'activité annuel d'Agriphyto.

Arrufat A., Dubois M., 2001 à 2003. Alternatives aux désinfections chimiques. Compte rendus d'expérimentation. CENTREX – CIVAM Bio 66.

Arrufat A., Dubois M., Marcotte P., Martin C.-1998. Désinfection alternative des sols et coût de production. Culture légumière, Hors série octobre 1998.

Martin C; Davet P. Dubois M. Lagier J. – 1995. Prospect of integrated control of Sclerotia forming pathogens. IOBC wprs Bulletin, vol 18 (3) 57.59.

Martin C., Dubois M. 2000. Gestion raisonnée du risque parasitaire tellurique. Le Maraicher de France- PHM N° 416, 16 – 19 .

Thèmes communs

Thèmes communs

EVALUATION NUTRITIONNELLE ET SANITAIRE DES ALIMENTS ISSUS DE
L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Conclusions du rapport AFSSA

APPROCHE DE LA QUALITE PAR LES METHODES GLOBALES D'ANALYSES

Par B. TAUPIER-LETAGE (ITAB)

Evaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique

CONCLUSIONS DU RAPPORT AFSSA

L'agriculture biologique se définit comme un mode particulier de production qui, au niveau de l'exploitation agricole, privilégie, selon un système d'approche global respectueux de l'environnement et du bien-être animal, les pratiques de gestion plutôt que le recours à des intrants extérieurs. Ce mode de production repose sur des pratiques culturales et de conduites d'élevage étroitement encadrées par le règlement européen 2092/91, complété, en France, par un cahier des charges national. L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments a souhaité conduire une étude permettant d'évaluer les risques et bénéfices nutritionnels et sanitaires des produits d'origine végétale et animale issus de l'agriculture biologique au regard de ceux des produits issus de l'agriculture conventionnelle². L'approche de la dimension environnementale, qui caractérise le mode de production biologique, s'est limitée aux impacts de certaines pratiques en termes de sécurité sanitaire des aliments.

Il convient de souligner que, si certaines des pratiques sont propres à l'agriculture biologique (telles que l'interdiction d'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse, les OGM, les restrictions de traitements médicamenteux des élevages ou en matières de fertilisation...), d'autres, imposées par le cahier des charges en agriculture biologique, existent également en agriculture conventionnelle³.

Compte tenu de l'hétérogénéité des pratiques, particulièrement en agriculture conventionnelle, il importe d'évaluer les points d'impact des modes de production à pratiques culturales et d'élevage similaires, mais également de resituer la part de ces pratiques dans la diversité des conduites propres à chaque mode de production. Ce second aspect, peu abordé dans ce rapport, mériterait un approfondissement dans le cadre de réflexions spécifiques par filière.

L'évaluation en agriculture biologique selon une approche systémique prenant en compte, dans sa globalité, l'ensemble des pratiques de ce mode de production, rendrait mieux compte des différents systèmes de culture ou d'élevage mais reste difficile à mettre en oeuvre.

Les pratiques de transformations doivent prendre en compte les obligations du cahier des charges : interdiction des rayonnements ionisants, des OGM et de leurs dérivés, de l'enrichissement, sauf pour les produits pour lesquels c'est obligatoire. Par ailleurs, une liste très limitative d'additifs et d'auxiliaires technologiques nécessite une adaptation des procédés de transformation.

L'évaluation de la valeur nutritionnelle et des risques et bénéfices sanitaires des aliments issus de l'agriculture biologique a été, dans la mesure des études disponibles, réalisée en privilégiant les études comparatives avec des produits conventionnels qui permettent d'évaluer l'influence du seul mode de production et de transformation.

² Dans le présent rapport, le groupe de travail considère comme agriculture conventionnelle ou produits conventionnels, tout ce qui ne relève pas de l'agriculture biologique. Cette définition reprend celle du règlement européen 2092/91 du 24 juin 1991 concernant le mode de production biologique de produits agricoles et sa présentation sur les produits agricoles et les denrées alimentaires. Cette définition très large de l'agriculture conventionnelle inclut donc également toutes les filières certifiées autres que l'agriculture biologique, telles que le Label Rouge, la Certification Conformité Produit (CCP) et l'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC). Ces filières certifiées répondent également à des cahiers des charges spécifiques concernant le mode de culture ou d'élevage, mais autorisent l'utilisation de produits phytosanitaires et fertilisants de synthèse, ou de médicaments vétérinaires, contrairement à l'agriculture biologique.

³ Certaines filières telles que les productions labellisées, sont également soumises à des cahiers de charges en agriculture conventionnelle.

Lorsque ces données étaient absentes ou insuffisantes, la démarche déductive a également été utilisée. Cette démarche permet d'estimer, en l'absence de données spécifiques de la production biologique, les impacts et/ou les effets globaux possibles d'un facteur de production à partir, et dans la limite, des connaissances scientifiques dont on dispose. Elle s'appuie, pour les aspects nutritionnels, sur la connaissance des techniques de production et des différents facteurs de variation de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle et, pour les aspects sanitaires, sur la connaissance des risques et l'évaluation de l'influence des facteurs de production.

La faiblesse du nombre d'études disponibles dans certains domaines examinés dans le cadre de cette réflexion conduit à recommander la mise en place d'études complémentaires.

Les productions biologiques en pisciculture n'ont pas été abordées dans ce rapport. Ce point mériterait d'être abordé dans le cadre d'une évaluation plus globale de la filière piscicole.

1. ASPECTS NUTRITIONNELS

1.2. Impact du mode de production agricole sur la valeur nutritionnelle des aliments destinés à l'Homme

L'ensemble des données examinées dans le cadre de cette évaluation a montré, de manière générale, peu de différences significatives, et reproductibles, entre la composition chimique des matières premières issues d'agriculture biologique et celles issues d'agriculture conventionnelle.

Les résultats des études sont parfois contradictoires. Les nombreux facteurs de variation intervenant dans la composition chimique et la valeur nutritionnelle des aliments (variété/race, saison, climat, stade de maturité ou de développement, stockage, conduite d'élevage...) sont souvent plus importants que l'impact des facteurs liés strictement au mode d'agriculture (nature de la fertilisation, des traitements sanitaires...).

Les principales conclusions sont les suivantes :

- **La matière sèche.** Pour les légumes racines, bulbes et tubercules et les légumes feuilles, les études montrent une faible tendance⁴ à une teneur en matière sèche supérieure lorsqu'ils sont issus d'agriculture biologique. Cette tendance n'est pas retrouvée pour les fruits.
- **Les glucides.** Les résultats montrent des variations de teneurs contradictoires suivant l'aliment considéré, voire pour un même aliment. Les données disponibles ne permettent donc pas de mettre en évidence une influence du mode de production sur la teneur en glucides.
- **Les protéines.** La teneur en protéines des céréales issues d'agriculture biologique semble être plus faible que celle des céréales issues d'agriculture conventionnelle ; cette moindre teneur est sans doute liée à la limitation des apports azotés en production biologique. L'équilibre en acides aminés essentiels de ces protéines serait par ailleurs meilleur.
- **Les lipides.** Le mode d'élevage et de culture de l'agriculture biologique semble entraîner des modifications variables des teneurs en lipides totaux. L'activité physique accrue due au parcours, le recours à des fourrages et /ou au pâturage contribuent à réduire la vitesse de croissance, l'état d'engraissement de la carcasse et la teneur en lipides intramusculaires chez les ruminants, les porcs et les volailles. Des modifications notables des profils en acides gras, en particulier en augmentant les teneurs en acides gras poly-insaturés des produits animaux sont observées. Elles sont principalement le fait de la nature des acides gras consommés par l'animal.

⁴ Le terme « tendance » résulte de la comparaison entre le nombre de résultats d'études disponibles montrant une augmentation significative pour les produits biologiques, le nombre de résultats montrant une diminution significative pour les produits biologiques et le nombre de résultats ne montrant pas de différences significatives entre les produits biologiques ou conventionnels (cf. Chapitre 2 – 3.2.).

- **Les minéraux et oligo-éléments.** Les nombreuses études comparatives analysées s'accordent, pour leur très grande majorité, sur l'absence de différences significatives de teneurs en minéraux et oligo-éléments liées au mode de production. Une faible tendance positive pour le fer et le magnésium et négative pour le manganèse peut être évoquée pour certains légumes biologiques.
- **Les vitamines.** Peu de données sont disponibles concernant les vitamines autres que la vitamine C et le β -carotène. Il ressort de ces données que le mode d'agriculture biologique peut avoir un faible effet positif sur la teneur en vitamine C de la pomme de terre mais n'a pas apparemment d'effet sur les teneurs des légumes en β -carotène.
- **Les phytomicroconstituants.** Le mode de production ne semble pas influencer les teneurs en lycopène des fruits et légumes. En ce qui concerne les polyphénols, les données disponibles et validées concluent majoritairement à une teneur supérieure dans les fruits et légumes biologiques.

En l'état actuel des connaissances et devant la variabilité des résultats des études examinées, il ne peut être conclu à l'existence de différence remarquable, au regard des apports de référence disponibles (ANC), des teneurs en nutriments entre les aliments issus de l'agriculture biologique et ceux issus de l'agriculture conventionnelle. Concernant les polyphénols, les études montrent un potentiel intéressant de l'agriculture biologique à prendre en compte dans le cadre de réflexions plus générales sur cette catégorie de micorconstituants.

Il serait opportun qu'une réflexion globale soit conduite sur la prise en compte des critères nutritionnels dans la sélection variétale des végétaux pour l'alimentation humaine (en complément des critères DHS⁵ et VAT⁶).

1.3. Impact des technologies de transformation sur la valeur nutritionnelle des produits transformés

Peu d'informations sur les technologies spécifiques mises en œuvre en agriculture biologique sont disponibles.

Certaines technologies de transformation sont susceptibles d'avoir des conséquences sur la qualité nutritionnelle des aliments. A titre d'exemple, l'agriculture biologique utilise préférentiellement des procédés de broyage et de blutage du blé permettant une meilleure conservation du germe et des téguments du grain dans la farine, conduisant, après panification au levain, à des pains plus riches en minéraux, en fibres et en vitamines.

L'approche technologique en agriculture biologique privilégie, pour certains aliments (huiles de première pression à froid notamment), les technologies de transformation susceptibles de préserver au maximum les qualités nutritionnelles intrinsèques de la matière première, en limitant l'élimination des micronutriments.

1.4. Importance du régime alimentaire global

L'effet de l'alimentation sur le statut nutritionnel ou la santé d'un individu ne peut être restreint à l'étude d'un nutriment ou d'un aliment en particulier, mais doit prendre en compte l'équilibre du régime global. Par ailleurs, si l'équilibre alimentaire, tel qu'il est défini aujourd'hui par les nutritionnistes, est respecté, les besoins nutritionnels de la population générale sont couverts. Diverses études montrent cependant que certaines catégories de population n'ont pas toujours des apports équilibrés et suffisants.

⁵ Distinction, Homogénéité, Stabilité

⁶ Valeur Agronomique et Technologique

En ce qui concerne les aliments, bien que la majorité des études validées ne montrent pas de différences significatives des teneurs en nutriments, quelques études permettent de dégager des tendances vers des teneurs supérieures ou inférieures en certains nutriments selon le mode de production. Dans l'état actuel des connaissances, les écarts, lorsqu'ils existent, semblent cependant trop faibles, voire négligeables, pour pouvoir induire un effet sur le statut nutritionnel du consommateur, dans le cadre d'un régime alimentaire. On ne peut cependant pas préjuger de l'effet additionnel ou synergique de différences d'apports, même faibles, de nutriments d'intérêt sur la santé ou les marqueurs du statut nutritionnel dans le contexte d'un régime global. Un tel effet pourrait être recherché par des études d'observation⁷ ou mieux d'intervention⁸.

En ce qui concerne les produits transformés, la consommation régulière de certains produits moins raffinés, tel que le pain à base de farine complète, quel que soit son mode de production, produit par panification au levain peut présenter un intérêt nutritionnel par l'apport plus important de fibres et de minéraux, par rapport au pain blanc.

⁷ Les études d'observations comprennent deux types d'études : les études écologiques et les études analytiques. Les études écologiques (épidémiologie descriptive) permettent de mettre en évidence une corrélation statistique entre l'apport alimentaire de populations différentes soit géographiquement (études de corrélations internationales) soit temporellement (étude des migrants) et une ou plusieurs maladies. Elles reposent sur des données agrégées et il n'est pas possible d'affirmer une relation de cause à effet.

Les études analytiques sont basées sur des données individuelles permettant de mieux maîtriser les facteurs de confusion, mais la relation cause-effet reste sujette à des facteurs de confusion inconnus ou mal identifiés : Un groupe de population aléatoire ou sélectionné est classé quand à l'exposition à un facteur recherché (et aux facteurs qui peuvent lui être associés). En comparant les sujets exposés et non exposés vis à vis de l'apparition d'un état pathologique, on peut mettre en évidence une association entre ce facteur et la pathologie.

Ex: l'incidence de cancers ou de maladie cardio-vasculaire, ou la mortalité seront comparées entre des population se nourrissant exclusivement de produits bio et d'autre n'en ayant jamais consommé, tous autres facteurs de style de vie étant mesurés par ailleurs, pour ajustement statistique.

⁸ Les études d'intervention sont les seules qui peuvent éventuellement démontrer chez l'Homme un lien causal entre un nutriment et une pathologie. La méthode idéale est la comparaison d'un groupe traité et d'un groupe témoin aussi parfaitement apparié que possible, dans une démarche de double aveugle. Elles sont le plus souvent réalisées en utilisant un micronutriment présentable sous forme de capsule ou de gélule, car plus facile. Mais dans ce cas, elles ne reflètent pas la situation habituelle d'un apport de nutriment au sein d'un aliment et d'une alimentation complexe. L'approche nutritionnelle, qui paraît optimale actuellement, est plus difficilement applicable (Exemple : un échantillon de volontaires est soumis pendant 15 jours à une alimentation biologique, et des marqueurs nutritionnels sont mesurés. Après une période de 15 jours, il reprend une alimentation conventionnelle et les mêmes marqueurs sont évalués. On compare les deux séries de mesure. Ce type d'intervention est généralement conduit en protocole croisé, à savoir que dans la même période de temps, un échantillon comparable commencera par l'alimentation conventionnelle, puis l'alimentation biologique.

Au niveau nutritionnel, l'équilibre du régime global et la couverture des besoins nutritionnels demeurent les points primordiaux à considérer.

Les faibles écarts ou tendances pris individuellement, qui ont pu être mis en évidence pour quelques nutriments et dans certaines études entre la composition chimique et la valeur nutritionnelle des produits issus de l'agriculture biologique ou de l'agriculture conventionnelle n'apparaissent pas significatifs en termes d'apport nutritionnel au regard des apports nutritionnels conseillés.

Pour les polyphénols, en l'absence de valeur de référence (type ANC) et de connaissance suffisante sur l'apport en polyphénols de la population il est difficile d'évaluer l'impact physiologique des valeurs observées, supérieures dans les fruits et légumes biologiques. Ce domaine de potentialité reste à explorer.

Ainsi, compte-tenu des multiples facteurs de variabilité de la composition chimique des produits végétaux, il n'apparaît pas opportun de recommander la mise en place d'études comparatives de composition puisqu'il faudrait de nombreuses analyses pour de nombreux aliments et que l'on ne pourrait en déduire une traduction fonctionnelle chez le consommateur.

En revanche, l'acquisition de nouvelles données de composition, au regard de facteurs de variation précis (variété, degré de maturité...), permettrait notamment d'enrichir la banque de données de composition des aliments⁹ pour des éléments et des aliments vecteurs ciblés, comme les polyphénols ou certains minéraux et oligo-éléments dans les légumes (Ca, Mg, K, Fe, Zn).

En ce qui concerne la composition chimique des produits animaux, l'impact de l'alimentation est un facteur plus discriminant que le mode de production en lui-même. Des recherches sont actuellement en cours pour mieux préciser cet impact sur la qualité nutritionnelle des aliments (notamment modifications qualitatives et quantitatives des acides gras). Le développement de telles recherches est à poursuivre.

La recherche d'un impact nutritionnel sur le long terme nécessiterait la mise en place d'études comparatives auprès de consommateurs (forts consommateurs de produits biologiques vs. consommateurs de produits conventionnels), fondée sur des marqueurs biologiques et/ou cliniques pertinents. De telles études apparaissent difficiles à mettre en œuvre, mais sont réalisables, notamment des études d'intervention, à plus court terme, utilisant des marqueurs biologiques du statut nutritionnel validés.

2. ASPECTS SANITAIRES

2. 1 Risques liés aux contaminations croisées

La production, le stockage, le transport des matières premières d'une manière générale constituent des points critiques au regard du risque de contaminations croisées comme cela a été mis en évidence au travers des diverses crises sanitaires survenues ces dernières années. Ces points doivent faire l'objet d'une vigilance particulière.

L'un des principes de l'élevage biologique privilégie la production de la plus grande part des aliments sur l'exploitation, ce qui limite le risque de contamination croisée. Par ailleurs, l'agriculture biologique fonctionne sur des circuits de production et de distribution courts et fait intervenir un nombre limité d'intermédiaires. Il est donc probable que les risques de

⁹ Gérée par l'AFSSA dans le cadre du CIQUAL (Centre Informatique sur la qualité des aliments) pour la publication des tables de composition des aliments et pour la définition des apports nutritionnels de la population française.

contaminations accidentelles soient moins importants en agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle. Cependant, l'ensemble des productions alimentaires s'oriente vers des denrées de plus en plus élaborées et transformées. C'est la raison pour laquelle, la traçabilité des produits de la ferme jusqu'au consommateur doit être bien documentée et contrôlée par des organismes de certification.

2. 2 Risques liés aux contaminants

Les principes qui guident le mode de production biologique s'inscrivent dans une démarche de protection de l'environnement qui s'appuie sur une obligation de moyens.

2.2.1 Pesticides

Les règles de production des cultures issues de l'agriculture biologique interdisent le recours aux produits phytosanitaires issus de la chimie de synthèse. Le mode de production biologique permet donc d'éliminer les risques qui leur sont associés et concourent à une moindre pollution environnementale, notamment de la ressource en eau par le ruissellement et l'absorption par les sols.

La protection des végétaux produits selon le mode biologique repose sur des pratiques culturales préventives ; des traitements curatifs, à l'aide des produits autorisés selon une liste positive définie au niveau communautaire. Ces traitements sont mis en œuvre en cas de danger immédiat menaçant la culture. Le caractère naturel de ces pesticides n'exclut pas pour autant leur toxicité potentielle pour l'Homme, même si leur dégradabilité élevée peut réduire ce risque. Le faible nombre d'études visant à rechercher la présence de résidus de pesticides d'origine naturelle ainsi que la difficulté de détecter ces résidus justifient le développement d'études complémentaires.

L'ensemble des études disponibles montre que la grande majorité des produits biologiques ne contiennent pas de résidus de pesticides autorisés en agriculture conventionnelle. Les résultats positifs observés dans les produits biologiques sont à des niveaux proches des limites de détection des méthodes analytiques utilisées très inférieurs à ceux détectés dans les produits conventionnels (les niveaux de résidus des produits conventionnels restent dans la grande majorité des cas inférieurs aux Limites Maximales de Résidus). Ces rares contaminations des produits biologiques peuvent s'expliquer par l'historique de la parcelle, des pollutions environnementales, des pollutions technologiques ultérieures accidentelles, voire des mésusages. Il conviendrait donc de poursuivre la surveillance de possibles contaminations par des plans de contrôle adaptés afin de mieux distinguer les pollutions de type environnemental des pollutions liées aux mésusages ou en post-récolte qui signeraient un manque de vigilance (contamination croisée) ou un acte volontaire.

Par ailleurs, certains pesticides d'origine naturelle, tels que les sels de cuivre, le soufre, la roténone, les pyrèthres doivent faire l'objet, au même titre que de nombreux autres pesticides de synthèse, d'une ré-évaluation toxicologique selon les exigences actuellement en vigueur.

2.2.2 Métaux lourds

La pollution des sols par les métaux lourds (apports d'origine essentiellement industrielle ou agricole) constitue une source de contamination de la chaîne alimentaire.

Les quelques études disponibles ne permettent pas de mettre en évidence une différence de concentration en métaux lourds entre les produits issus de l'agriculture biologique et ceux issus de l'agriculture conventionnelle. Cependant, les restrictions imposées par le cahier des charges (période de conversion des parcelles, interdiction d'épandage des boues de station d'épuration, limitation de l'apport de fertilisants minéraux, limitation plus stricte pour les sels de cuivre) concourent à limiter le risque de contamination des denrées végétales et animales par des métaux lourds. La plupart des phosphates (phosphates naturels, superphosphates) sont des sources importantes de cadmium.

La possibilité de contamination des denrées alimentaires par des métaux lourds, d'origine industrielle, ne peut être écartée et concerne aussi bien les productions biologiques que conventionnelles si elles se trouvent à proximité de la source de pollution.

Quel que soit le mode de production, l'exposition aux métaux lourds reste toujours inférieure aux valeurs toxicologiques de référence.

2.2.3 Mycotoxines

Les mycotoxines constituent actuellement un sujet de préoccupation en termes de risques alimentaires et sont l'objet de divers travaux (toxicologique, méthodologie d'analyse, niveau de contamination et d'exposition du consommateur¹⁰). Ces familles de contaminants, métabolites secondaires sécrétés par des moisissures, peuvent apparaître dans les denrées alimentaires sous l'effet de différents facteurs (humidité, température...) notamment au moment de la récolte et du stockage.

Les conditions de stockage peuvent être contrôlées alors que les conditions de récolte sont soumises à de multiples aléas notamment climatiques.

Le mode de production biologique restreint le recours aux traitements fongicides mais privilégie des techniques défavorables à la contamination par les mycotoxines, comme la rotation des cultures, le précédent cultural, le travail du sol, la faiblesse des apports azotés et la non-utilisation de régulateurs de croissance.

Quelques données disponibles de contamination des produits biologiques par des mycotoxines montrent des niveaux de contamination variables avec quelques cas de fortes contaminations sans qu'il puisse globalement être dégagé de grandes différences avec les contaminations des produits conventionnels.

Compte tenu de la diversité des mycotoxines, des facteurs influençant leur apparition et du caractère très hétérogène de la contamination des denrées alimentaires, la représentativité des résultats disponibles reste discutable et justifie de poursuivre une surveillance attentive des contaminations par la mise en oeuvre de nouveaux plans de contrôle/plans de surveillance pour les deux modes de production. En effet, les données issues des plans de contrôle et de surveillance n'apportent pas actuellement d'éléments suffisants et ce quel que soit le mode de production. Les contrôles pourraient être ciblés à l'issue d'une analyse plus fine des produits les plus contaminés au regard de leur consommation.

Les résultats d'analyse observés justifient l'intérêt de la mise en place d'un guide de bonnes pratiques à l'attention de l'ensemble de la filière agricole, à l'instar de ceux actuellement en cours d'élaboration par le Codex Alimentarius. Le développement d'un tel guide, adapté aux spécificités des deux modes de production, pourrait permettre d'identifier les points critiques et d'assurer une meilleure maîtrise des contaminations par les mycotoxines.

2.2.4 Nitrates

Les nitrates s'accumulent dans les plantes sous l'effet de plusieurs facteurs (ensoleillement, température, pluviométrie, irrigation, régime de fertilisation azotée). Le régime de fertilisation azotée et l'ensoleillement sont des facteurs déterminants dans l'accumulation de nitrates dans les légumes, qui contribuent à 80 % de l'apport de nitrates dans l'alimentation humaine.

L'analyse des données disponibles montre que les modes de production des légumes en agriculture biologique conduisent à des teneurs en nitrates globalement plus faibles ce qui peut s'expliquer par l'interdiction de l'emploi des engrais azotés de synthèse (nitrate, ammonitrate, urée) et leur remplacement par des engrais et des amendements organiques (fumiers, composts...), ainsi que la limitation de leur apport. Cette réduction paraît intéressante dans la mesure où l'apport journalier moyen en nitrates est proche de la DJA et qu'une augmentation de la consommation de légumes est recommandée au plan national

¹⁰ Autosaisine de l'AFSSA

(PNNS, 2001). Elle nécessiterait cependant d'être confirmée par de nouvelles études compte tenu de l'évolution des pratiques agricoles (notamment de fertilisation azotée), et examinée à la lumière des conclusions des réévaluations en cours sur la toxicité des nitrates¹¹.

Diverses mesures pourraient concourir à diminuer les teneurs en nitrates :

- l'amélioration de la fertilisation azotée par une limitation des engrais organiques riches en azote rapidement assimilable, le suivi de la minéralisation de l'azote et le piégeage des nitrates,
- la limitation des cultures sous serre.

2.2.5 Dioxines et autres pollutions environnementales

L'alimentation animale et les denrées d'origine animale sont soumises réglementairement à des limites de contamination en dioxines notamment. Les animaux élevés en libre parcours peuvent être soumis de façon directe ou indirecte, à travers le sol et les végétaux, à des pollutions environnementales (dioxines par exemple) lorsqu'ils sont proches de sources de contamination. Ces contaminants peuvent ensuite s'accumuler dans les produits animaux (œufs, lait, viande). Les animaux en élevage confinés peuvent également être soumis à ce même type de contamination de façon indirecte par l'aliment (matières premières produites localement dans des zones exposées). Ce type de pollution n'est pas spécifique d'un mode de production particulier.

2.3 Médicaments vétérinaires et substances à base de plantes

L'utilisation de médicaments vétérinaires en élevage biologique est encadrée par un cahier des charges très restrictif. Le recours aux médicaments vétérinaires à titre préventif est interdit à l'exception de la vaccination dans certaines limites. Seul un nombre limité de traitements allopathiques chimiques de synthèse à titre curatif est autorisé chaque année par espèce en élevage biologique, et dans ce cas, les délais d'attente applicables en agriculture conventionnelle après traitement sont doublés. Des traitements antiparasitaires sont autorisés selon un décompte qui leur est propre.

Le cahier des charges privilégie le recours à des substances à base de plantes et aux traitements homéopathiques.

Il convient d'être vigilant sur le développement de l'utilisation de tels produits qui sont proposés aux éleveurs sans avoir, pour beaucoup d'entre eux, fait l'objet d'une autorisation d'emploi (en tant que médicament ou additif) après évaluation de dossiers sur le plan de la qualité, de l'innocuité et de l'efficacité pour les usages préconisés.

Ainsi, outre l'absence de connaissances sur les résidus potentiels de ces substances, leur emploi pourrait retarder le moment de l'utilisation d'un médicament dont l'efficacité aurait été évaluée et démontrée et entraîner chez l'animal l'installation d'une pathologie chronique.

L'utilisation de substances à base de plantes en alimentation animale n'est pas propre à l'agriculture biologique, mais est également observée en agriculture conventionnelle, notamment, depuis l'interdiction récente d'un certain nombre d'additifs anti-coccidiens de synthèse.

En ce qui concerne les antibiotiques, seuls les traitements curatifs sont autorisés en nombre limité en agriculture biologique ; leur utilisation en tant que facteur de croissance est interdite pour ce mode de production. Compte tenu de la problématique liée à l'antibiorésistance, des mesures restrictives sont progressivement adoptées au niveau communautaire à l'encontre

¹¹ Le JECFA a publié en 2003 un document de synthèse sur les nitrates (Safety evaluation of certain food additives, Who food additives serie: 50, 2003). Deux saisines sont actuellement en cours de traitements au sein de l'AFSSA, concernant les risques sanitaires pour le consommateur liés à la présence de nitrates dans l'eau, et concernant les nitrates et nitrites utilisés en tant qu'agent de conservation dans les charcuteries.

de ces produits¹². Les relations entre taux de résistance aux antibiotiques et pression de sélection sont complexes. Le recours aux antibiotiques en agriculture biologique uniquement dans le cadre de traitement curatif peut contribuer à réduire la pression de sélection aux antibiotiques.

2.4 Risques microbiologiques et parasitaires

Il existe très peu d'études scientifiques sur l'incidence des bactéries pathogènes et des parasites dans les systèmes de production en agriculture biologique et dans les produits qui en sont issus. Quel que soit le mode de production, le risque viral concerne essentiellement les denrées végétales contaminées par un environnement hydrique souillé. Les risques liés à de mauvaises pratiques hygiéniques lors de la manipulation ou de la transformation des denrées alimentaires ne sont pas abordés dans ce rapport.

Le mode de production biologique s'appuie sur la mise en œuvre de pratiques spécifiques dont certaines sont susceptibles de limiter ou d'induire des risques microbiologiques ou parasitaires pour l'animal lui-même, voire pour certains pathogènes, pour le consommateur de denrées végétales ou animales issues de ces productions.

- Certes l'interdiction en agriculture biologique de l'utilisation des boues d'épuration des eaux usées pour l'amendement des sols élimine ces facteurs de risque pour les cultures et les pâturages ;
- Toutefois, les techniques de fertilisation peuvent constituer une source de contamination. Les fumiers et les effluents d'élevage représentent des vecteurs de dissémination d'agents microbiens et parasitaires particulièrement en cas d'infestation des élevages dont ils sont issus. La pratique du compostage permet par l'élévation de la température pendant un temps suffisant une réduction, voire une élimination des bactéries pathogènes non sporulées. Selon le stade libre des parasites (ookystes, œufs, larve), la résistance des parasites au compostage est variable. En ce qui concerne les spores bactériennes, elles subsistent vraisemblablement dans les composts ;
- Les pratiques d'élevage en production biologique limitent le recours aux traitements médicamenteux et privilégient une gestion sanitaire fondée notamment sur la sélection de races rustiques, l'accès au plein air, une faible densité d'élevage, la rotation des animaux sur les pâtures. L'accès au plein air par le libre parcours ou le pâturage augmente la probabilité d'exposition des animaux aux différents parasites et aux vecteurs et hôtes intermédiaires ou agents infectieux persistants dans le sol. Ces risques ne sont pas spécifiques à l'agriculture biologique mais concernent également les productions conventionnelles en plein air. Cependant, en cas d'infestation d'un élevage, les approches thérapeutiques restrictives privilégiées par l'agriculture biologique constituent très vraisemblablement vis-à-vis de certains agents pathogènes une limitation dans la maîtrise du risque.

2.5 Organismes génétiquement modifiés

Les OGM et leurs dérivés sont interdits d'emploi en agriculture biologique. Compte tenu de cette interdiction, la problématique des risques potentiels liés aux OGM ne se pose pas directement pour les produits issus de l'agriculture biologique. Elle ne peut se poser qu'indirectement à travers la dissémination fortuite provenant de cultures OGM conventionnelles, les contaminations croisées (cf. avis de l'AFSSA du 23 juillet 2001), les difficultés d'obtention de substances additives (vitamines, lécithines...) non issues d'OGM.

¹² Les quatre antibiotiques facteurs de croissance actuellement autorisés seront supprimés dès 2006 et il est envisagé que les anticoccidiens puissent relever du domaine du médicament vétérinaire (certains d'entre eux sont actuellement autorisés en tant qu'additifs).

2.6 Encéphalopathie spongiforme bovine

L'interdiction des farines animales en élevage biologique et l'existence de circuits de production et de distribution spécifiques limitant ainsi les contaminations croisées au niveau des élevages ont probablement contribué à limiter l'émergence directe de cette maladie en agriculture biologique. D'ailleurs les seuls rares cas de vaches issues d'élevage biologique ayant déclaré une encéphalopathie spongiforme bovine en France, correspondaient toujours à des vaches nées dans des élevages conventionnels dont la contamination a été découverte après leur conversion en mode d'élevage biologique.

Le mode de production biologique, en proscrivant le recours aux produits phytosanitaires de synthèse, élimine les risques associés à ces produits pour la santé humaine et concourt à une moindre pollution environnementale, notamment de la ressource en eau.

L'ensemble des études disponibles montre que la grande majorité des produits biologiques ne contiennent pas de résidus de pesticides autorisés en agriculture conventionnelle.

Compte tenu des rares contaminations de produits biologiques relevées, il convient de poursuivre la surveillance des productions par des plans de contrôle adaptés afin d'identifier les pollutions de type environnemental, des pollutions résultant de contaminations croisées ou de mésusages.

En ce qui concerne les mycotoxines, si les données disponibles montrent des niveaux de contamination variables mais globalement similaires entre les deux modes de production, la diversité des mycotoxines et des facteurs influençant leur apparition nécessite un approfondissement des connaissances de ces contaminations et l'acquisition de nouvelles données de contrôles afin d'assurer une meilleure représentativité des résultats.

Par ailleurs, l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques à l'attention de l'ensemble de la filière agricole identifiant les points critiques de chaque mode de production au regard de ces contaminations est à encourager.

Concernant les nitrates, l'interdiction d'emploi des engrais azotés de synthèse concourt à une moindre pollution environnementale. Les données disponibles montrent globalement des teneurs en nitrates plus faibles dans les légumes. Ces résultats nécessiteraient cependant d'être complétés par de nouvelles études.

La mise en œuvre de certaines pratiques culturales ou de conduite d'élevage est susceptible de limiter ou d'induire des risques microbiologiques ou parasitaires sans être nécessairement spécifique d'un mode de production.

- En ce qui concerne la fertilisation des sols et des pâturages, l'interdiction en agriculture biologique des boues de station d'épuration écarte les risques de contamination qui leur sont associés. L'utilisation de fumier ou d'effluents d'élevage, quel que soit le mode de production, constitue un vecteur de dissémination d'agents microbiens et parasitaires (particulièrement en cas d'infestation des élevages dont ils sont issus). La pratique du compostage, privilégiée en agriculture biologique, si elle est bien conduite, contribue à la réduction ou à l'élimination de certains agents infectieux.

- Les pratiques d'élevage en plein air, quel que soit le mode de production, augmentent la probabilité d'exposition des animaux à différents parasites.

Les approches thérapeutiques restrictives préconisées en agriculture biologique limitent la maîtrise du risque parasitaire en raison de l'interdiction de traitement préventif et le recours privilégié à des traitements curatifs (homéopathie, phytothérapie notamment) dont peu d'entre eux ont été évalués en termes de sécurité et d'efficacité pour les emplois préconisés, et pour lesquelles des études et recherches adaptées devraient être mises en œuvre.

Les traitements et les produits à base de plantes proposés aux éleveurs devraient faire l'objet d'une évaluation rigoureuse des usages préconisés dans le cadre réglementaire d'autorisations de mise sur le marché préalables, sur présentation de dossier scientifique industriel justificatif.

Il reste difficile de quantifier les risques microbiologiques ou parasitaires compte tenu de l'insuffisance de données. Bien que dans l'état actuel des connaissances, on n'ait recensé à ce jour aucun foyer épidémiologique de pathologies microbiologiques ou parasitaires issus de l'agriculture ou de l'élevage biologique, il serait souhaitable de mettre en place une surveillance des agents pathogènes les plus sensibles en termes de risques sanitaires pour l'homme et de réaliser des études afin de mieux objectiver l'impact de l'ensemble des pratiques et des mesures mises en œuvre dans le cadre de l'agriculture biologique.

Approche de la qualité par les méthodes globales d'analyses

B. Taupier-Létage – Commission Qualité ITAB

Les méthodes globales d'analyses de la qualité sont des méthodes qui ont été principalement développées dans le milieu de l'agriculture biologique car elles avaient pour objectifs d'appréhender le vivant dans une approche globale (holistique).

Elles sont basées, pour certaines d'entre elles, sur un ensemble de concepts qui sont peu ou pas reconnus par le courant dominant de la pensée scientifique actuelle.

Les consommateurs de produits biologiques sont très demandeurs de ce type d'analyses, ce qui justifie que la Commission Qualité de l'ITAB s'intéresse à ce sujet.

Tout d'abord, qu'est-ce que la qualité ?

« La qualité est l'ensemble des propriétés et des caractéristiques, mesurables ou non, d'un produit ou d'un service, qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites de son utilisateur » (Définition AFNOR).

On le voit, le producteur, le transformateur, le distributeur ou le consommateur s'attacheront chacun à des aspects différents de la qualité: certains d'ordre quantitatif (agronomique, technologique, nutritionnel, sanitaire), d'autres plus qualitatifs (organoleptique, écologique, global,...).

Certains de ces aspects (composition nutritionnelle par exemple) peuvent être étudiés par des méthodes analytiques classiques qui ne sont pas adaptées à l'étude du vivant car elles nécessitent de faire subir à l'échantillon à analyser toute une série de procédés destructifs pour pouvoir l'analyser (protéines, matière sèche, vitamines, minéraux, oligoéléments, ...). Or, un aliment issu d'une plante ou d'un animal est aussi, en plus de sa composition biochimique, le résultat d'une activité d'organisation globale liée à des forces de croissance et de vie. Cette activité ne peut pas être mesurée, mais s'exprime par la croissance, le développement, la reproduction et aussi par la façon caractéristique que l'organisme vivant a d'évoluer tout au long de son cycle, de sa naissance à sa mort.

La connaissance de ce processus d'organisation est complémentaire de celle de la composition de l'aliment.

Le domaine du vivant exige donc des méthodes spécifiques pour son étude, des méthodes qualitatives, non destructives du vivant.

Souvent, ces méthodes ne font pas appel à des mesures ou données chiffrées, mais à des descriptions qualitatives, avec une échelle de valeur, qui pourrait s'apparenter au langage utilisé dans l'analyse sensorielle ou l'œnologie.

Ces méthodes d'analyses globales ne sont pas opposées mais complémentaires aux méthodes analytiques classiques. Elles apportent d'autres informations ou niveaux d'informations.

Nous présentons ici quelques unes de ces méthodes en utilisant une classification proposée par M.F. Tesson.

1 - Méthodes qualitatives « techniques » :

Elles font appel à des appareils de mesures plus ou moins complexes, et semblent plus faciles à objectiver.

1 – 1 – La bioélectronique (L. C. Vincent)

C'est une technique d'analyses de liquides (eau, jus, salive, sang, urine,...) ou de solutions de sols, qui permet de concrétiser et de préciser la notion de « terrain biologique ». Elle utilise les mesures de trois constantes physico-chimiques classiques :

- le pH, qui détermine le caractère neutre, acide ou basique d'une solution,
- le rH₂, qui informe sur les capacités oxydantes ou réductrices d'un milieu,
- le rhô, résistivité électrique, qui mesure la concentration en électrolytes d'une solution.

En reportant ces données sur un graphique à trois dimensions (bioélectronigramme) on peut comparer diverses solutions entre elles ou bien suivre leur évolution en fonction de divers facteurs.

La bioélectronique s'utilise en agriculture (vin, lait, sols, etc.), en agroalimentaire, en médecine, dans l'analyse de l'eau, etc. Elle est actuellement en cours de développement.

1 – 2 – L'électro-bio-photographie (ou photo Kirlian)

Grâce à un appareillage précis, la photographie Kirlian mettrait en évidence un champ électromagnétique qui est associé à toute substance vivante. Des zones plus ou moins brillantes apparaissent sur la photographie, interprétées comme des déséquilibres énergétiques plus ou moins spécifiques du terrain. La méthode est peu répandue en France. Elle est plus utilisée dans le milieu médical comme outil de diagnostic qu'en agriculture sur des plantes ou animaux.

1 – 3 – La biophotonique (F. A. POPP)

Popp pense que la mesure de l'énergie calorique (Joules) ne permet pas de rendre compte totalement du maintien des processus vitaux dans une plante, mais qu'une information énergétique (ou énergie structurale) peut mieux y contribuer. Cette théorie est basée sur les découvertes de Schrodinger (1945), Prigogine (1978) et Saunders (1986) qui ont établi que chaque cellule vivante transmet une lumière de très faible intensité. Ces photons sont stockés dans l'ADN durant la photosynthèse, et sont émis en permanence par toute cellule vivante.

Grâce à des appareils sophistiqués et très sensibles, on peut mesurer ces émissions de rayonnement cellulaire ultra faible (photons). Plus le nombre de photons émis par les cellules de l'échantillon à étudier est élevé, meilleure est la qualité du produit, pour un niveau identique d'énergie calorique.

Cette technique est étudiée en Allemagne, mais quasi inconnue en France.

2 – Les méthodes morphogénétiques.

Ces méthodes partent de l'hypothèse que toute substance organique est élaborée par un « agent organisateur ». Elles reposent sur le fait que « toute partie ou extrait d'un organisme vivant (jus, cellules, substance protéique, etc.), lorsqu'il est séparé de l'organisme lui-même, conserve, sous certaines conditions des caractéristiques du processus formateur qui l'a élaboré » (J.P. Gelin).

Ces méthodes sont génératrices d'images qu'il faudra ensuite interpréter.

Nous ne présenterons que les plus importantes, car de nombreuses variantes existent.

2 – 1 – La morphochromatographie

Cette méthode consiste à faire migrer radialement par capillarité, dans des conditions de température et d'humidité contrôlées, une solution de substance organique à travers un papier filtre disposé horizontalement. Au préalable, on aura fait migrer sur le papier filtre une solution minérale de nitrate d'argent. Le passage sous rayonnement UV permet de révéler et stabiliser une image caractéristique en rapport avec la qualité de la substance organique.

2 – 2 – La méthode des gouttes sensibles (Schwenk)

Selon un protocole précis, on fait tomber une goutte d'eau distillée (conditions standardisées) dans la solution à étudier additionnée de 10% de glycérol. Une photographie est prise juste après le contact de la goutte avec le mélange ; ensuite celle-ci est interprétée en comparaison avec un référentiel.

Cette méthode apporterait une information sur la « vitalité » de l'eau testée. Elle pourrait intéresser les sociétés distributrices d'eau.

2 – 3 – La cristallisation sensible (Pfeiffer).

La cristallisation sensible ou cristallisation au chlorure de cuivre est une des méthodes les plus employées en France, en agriculture comme dans le milieu médical.

Dans une coupelle constituée d'une plaque de verre sur laquelle a été ajouté un anneau pour maintenir le liquide, on fait cristalliser une solution de chlorure de cuivre dans laquelle on a ajouté l'extrait à analyser.

Puis, à l'intérieur d'une enceinte, dans des conditions standardisées (température, humidité, absence de vibrations), on fait lentement évaporer la solution (extrait + solution de chlorure de cuivre à concentration déterminée), et on obtient une image avec des cristaux plus ou moins bien différenciés, ramifiés, organisés.

C'est cette image globale qui est interprétée dans son ensemble à l'aide de quelques critères spécifiques (équilibre des différentes zones ou couronnes, différenciation plus ou moins poussée des cristaux, etc.). Les critères d'interprétation peuvent être différents selon les praticiens.

Il est indispensable d'acquérir une certaine expérience pour pouvoir interpréter ces images en comparaison avec un référentiel.

Les utilisations possibles sont nombreuses : en agriculture et agroalimentaire, étude des procédés de transformation, de la fraîcheur des aliments, des méthodes de production, signature des terroirs, etc.; en milieu médical, diagnostic précoce de maladies, connaissance du terrain biologique des malades.

Des recherches ont lieu actuellement pour interpréter ces images en utilisant des logiciels de reconnaissance de formes.

3 – Autres méthodes globales

3 – 1 – Tests de préférence alimentaire

On donne à manger, de façon aléatoire, à des lots d'animaux (lapins, rats, poulets), les aliments que l'on veut tester, selon un protocole précis. Ensuite on compare les quantités ingérées par les animaux, des différents produits testés. On peut constater que des produits considérés comme équivalents par les analyses classiques peuvent être discriminés par les animaux.

3 – 2 – Test d'alimentation sur animaux

On donne à manger à des animaux des aliments que l'on veut tester, pendant une durée déterminée. Ensuite on étudie, en les comparant, les capacités de réaction de leur système immunitaire ou leurs capacités de reproduction.

3 – 3 – Tests de dégradation forcée. (Ahrens)

Cette méthode n'est pas employée en France à notre connaissance.

Des fruits ou des légumes sont mis dans des conditions de stockage standardisées (humidité, température) qui favorisent la dégradation, le vieillissement des produits.

Des différences importantes sont observées en fonction des méthodes de fertilisation ou de production.

Conclusion

Ces méthodes, comme on l'a vu, sont très variées. Elles ont en commun d'apporter des informations sur cette notion du vivant, des informations différentes selon les méthodes. Elles ne s'opposent pas entre elles mais se complètent plutôt pour arriver à une connaissance plus globale de la qualité d'un produit.

Ces méthodes renferment un fort potentiel de développement. Elles nécessiteraient des recherches plus poussées (en tout cas en France), à la fois pour bien caractériser les informations qu'elles apportent et pour mieux connaître les domaines d'utilisation les plus pertinents (comparaison de systèmes de production, influence des techniques de culture, des procédés de transformation et de conservation des produits, etc.).

Eléments de bibliographie

Balzer-Graf U., 2000. Vitalquality- quality research with picture-forming methods. FIV, Forschungsinstitut für Vitalqualität.

Fougerousse A., 1991. La méthode bio-électronique Vincent. Sc. du Vivant N°4, pp 40-51.

Garel J.P., 1990. La thésigraphie : outil de contrôle de la qualité alimentaire. Colloque : Journées techniques de l'agriculture biologique, Fruits et Légumes, ACAB – GRAB, Avignon 1990, pp 223-227.

Gelin J.P., 1994. Les méthodes morphogénétiques dites sensibles et l'étude du vivant. Les Cahiers de l'Institut Kepler N°1, 1994.

M.E.F.I., Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Commission des recherches scientifiques et techniques sur la sécurité et la santé dans les industries extractives. Colloque cristallisations sensibles, Juin 1998.

Plochberger et Vélímírov, 1992. Tests de préférence alimentaire : une méthode alternative pour tester la qualité des aliments. Colloque GRAB – Les fruits et légumes en agriculture biologique en Europe. Vaison la Romaine, 1992, pp 157-172.

Popp F.A., 1989. Biologie de la lumière – Bases scientifiques du rayonnement cellulaire ultra-faible. M. Pietteur, Editeur.

Tesson M.F., Bravo M.A.F., 2002. Cristaux sensibles - Contribution théorique et pratique à une science du vivant. Editions du Fraysse.

Vogtmann H., 1990. New approaches to the determination of food quality. In: Food quality - concepts and methodology, ed. Elm Farm Research Centre, Newbury, pp 44-49.



**Institut Technique de l'Agriculture
Biologique**

149, rue de Bercy
75595 Paris Cedex 12
Tél. : 01 40 04 50 64 - Fax : 01 40 50 66
E mail : itab@itab.asso.fr
Site Internet: www.itab.asso.fr

FRAB LR

FRAB Languedoc-Roussillon

Mas de Saporta
34875 Lattes cedex
Tél. : 04 67 06 23 48
Fax : 04 67 06 23 49
frab-lr@wanadoo.fr
Site Internet : www.frablr.asso.fr



GRAB

Site Agroparc - BP 122 Bât B
84911 Avignon cedex
Tél. : 04 90 84 01 70
Fax : 04 90 84 00 37
direction.grab@freesbee.fr



CIVAMBIO 66

15 av de Grande Bretagne
66 000 Perpignan
Tél. : 04 68 35 34 12
Fax : 04 68 34 86 15
mas.civam.66@wanadoo.fr