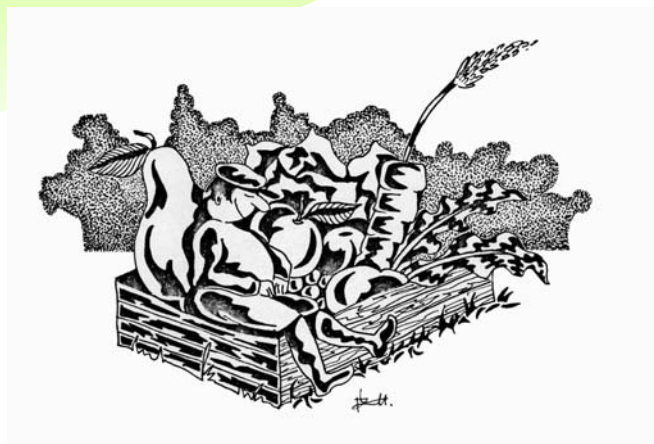


Les 30 nov. & 1er déc.



Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques 2004

A Saint-Pierre-des-Corps
(Tours)



SOMMAIRE

THEMES TRANSVERSAUX

POSSIBILITE D'UTILISATION DES PROPRIETES PESTICIDES DES ALLIACEES : APPLICATION A LA BIODESINFECTION DES SOLS AU MOYEN D'OIGNONS ET DE POIREAUX..... 9

PHYTOSTIMULANTS ET ELICITEURS POUR VEGETAUX. PROPRIETES ET GARANTIES REGLEMENTAIRES 19

ARBORICULTURE

CARPOCAPSE DES POMMES ET DES POIRES ET PRODUCTION BIOLOGIQUE..... 27

LES PLANTES INSECTICIDES 33

LE QUASSIA ET SON ACTION INSECTICIDE 39

EFFETS DE LA REDUCTION DE L'INOCULUM D'AUTOMNE SUR LE DEVELOPPEMENT DES EPIDEMIES DE TAVELURE EN VERGER DE POMMIERS BIOLOGIQUES..... 45

LES ARGILES KAOLINITES DU BASSIN DES CHARENTES..... 53

LUTTE AUTOMNALE CONTRE LE PUCERON CENDRE DU POMMIER : EFFICACITE DE L'ARGILE KAOLINITE 67

MYCORHIZES ET NUTRITION PHOSPHATEE DES PLANTES..... 75

MARAICHAGE

LIMACES ET ESCARGOTS EN BIO : COMMENT LIMITER LES DEGATS ? 83

LUTTE CONTRE LES LIMACES EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE TESTS DE DIFFERENTS PRODUITS 87

IMPACT DES AMENAGEMENTS PAYSAGERS ET DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES CARABES, AUXILIAIRES DE CULTURE..... 91

PRODUCTION DE SEMENCES POTAGERES BIOLOGIQUES DESHERBAGE DES PORTE-GRAINES 99

PROTECTION BIOLOGIQUE CONTRE LES MALADIES FOLIAIRES DU POIREAU 107

OIGNON DE SEMIS : DESHERBAGE THERMIQUE MODALITES ET STRATEGIES 113

MISE EN JEU DE PRODUITS CUPRIQUES DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE L'OIGNON (<i>PERONOSPORA DESTRUCTOR</i>) EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR REDUIRE LES APPORTS DE CUIVRE	121
OIGNON ROSE DE ROSCOFF ITINERAIRE DE CULTURE BIOLOGIQUE A PARTIR DE BULBILLES	131
CONDUITE CULTURALE DE L'OIGNON DE CONSERVATION.....	137
LA STERILITE MALE CYTOPLASMIQUE - CMS.....	149

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

Groupement de recherche en Agriculture Biologique

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...

BIOCIEL

GROUPEMENT DES AGRICULTEURS BIOLOGIQUES DE LA REGION CENTRE

BIOCIEL est une Association Loi 1901 à caractère professionnel. Depuis sa création en 1992, BIOCIEL fédère les 6 Groupements d'Agriculteurs Biologistes (GAB) de la région Centre. Constituée pour favoriser le développement de l'agriculture biologique, elle s'est investie dans l'organisation des filières jusqu'à porter en 1998 la création d'Inter Bio Centre. Depuis, BIOCIEL recentre ses activités sur des actions de développement et d'accompagnement de la production.

Suite au plan de développement de l'Agriculture Biologique lancé en 1998 par le Ministère, des financements spécifiques pour l'animation de la filière bio en région Centre sont obtenus dans le cadre du CPER 2000-2006. BIOCIEL se dote alors de ses propres moyens d'animation, et l'équipe de salariés augmente progressivement jusqu'à atteindre un effectif de cinq personnes fin 2002.

BIOCIEL poursuit aujourd'hui les objectifs suivants :

- Animer un réseau de producteurs, de conseillers et de techniciens sur le thème de l'AB;
- Mettre en place des actions de promotion du mode de production bio et l'accompagnement des candidats à la conversion (fermes de démonstration, guide à la conversion, sessions de formation, foires et salons ...)
- Accompagner les agriculteurs bio dans leurs projets de développement au sein des GAB (expérimentation, appui technique au travers de journées d'information ou de visites, ...)
- Représenter les producteurs bio au sein d'Inter Bio Centre et auprès des instances régionales (collectivités territoriales, administrations, organismes agricoles, ...)
- Participer aux activités du réseau national piloté par la FNAB (Fédération Nationale d'AB) et l'ITAB (Institut Technique de l'AB)

Depuis sa création et jusqu'au début de l'année 2000, BIOCIEL a bénéficié de la mise à disposition (à mi-temps en 1999) d'un agent de la Chambre d'Agriculture du Loir-et-Cher. En 2000, BIOCIEL s'est dotée de ses propres moyens d'animation grâce à des financements de la Région et de l'Etat (CPER 2000-2006), ainsi qu'à un co-financement « Emploi-Jeune » de l'Agence de l'Eau. Depuis, de nouvelles embauches ont eu lieu et l'équipe compte aujourd'hui cinq personnes :

GABBTO

GROUPEMENT DES AGRICULTEURS BIOLOGIQUES ET BIODYNAMIQUES DE TOURAINE

Le GABBTO, est une association, lieu de rencontres et d'échanges, qui regroupe les producteurs biologiques et biodynamiques d'Indre-et-Loire.. Affilié à la FNAB (Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique) via la fédération régionale BIOCIEL, ses rôles sont multiples :

- Soutenir les projets d'installation ou de conversion en AB (orientation et information, sessions d'initiation à l'AB, montage des dossiers CAD ...)
- Accompagner techniquement les producteurs bio par la mise en œuvre d'actions collectives (formations techniques, groupes d'échange, visites et tours de plaine ...)
- Diffuser une information régulière sur l'actualité des filières biologiques
- Mener des actions de communication auprès du grand public (foires, fermes-ouvertes ...)
- Représenter les agriculteurs biologiques auprès des instances officielles du département (Chambres d'Agriculture, administrations...)
- Relayer au niveau du département de l'Indre et Loire, les activités du réseau régional piloté par BIOCIEL
- Participer au développement des filières biologiques régionales en s'impliquant dans les activités de BIOCIEL et d'InterBio Centre.

Grâce aux soutiens des Chambres d'Agriculture, des Conseils Généraux et de l'Etat (via le CPER 2000-2006), chaque GAB¹ dont le GABBTO, est aujourd'hui doté de "vrais" moyens d'animation (au moins un mi-temps par département).

¹ GAB : Groupement d'Agriculteurs Biologiques

Thèmes communs

POSSIBILITE D'UTILISATION DES PROPRIETES PESTICIDES DES ALLIACEES : APPLICATION A LA BIODESINFECTION DES SOLS AU MOYEN D'OIGNONS ET DE POIREAUX

I. ARNAULT *, I. ANDRE *, S. DIWO ALLAIN *, J. AUGER **, F. VEY ***

* CRITT INNOPHYT

** Université de Tours

*** UFPS, LNPV Fleury les Aubrais

Résumé

Les propriétés biocides des *Allium* spp (ail, oignon, poireau, échalote ...) ou alliées sont attribuées aux composés soufrés volatils produits par la dégradation des tissus. Ainsi de nombreuses études font état du potentiel insecticide des composés soufrés issus des alliées. Ces molécules sont principalement des disulfures: le disulfure de diméthyle (DMDS), le disulfure de dipropyle (DPDS) et le disulfure de diallyle (DADS). L'utilisation possible de ces alliées en tant que biofumigants par exemple en enfouissant dans le sol des déchets, ou un précédent cultural, d'oignons et de poireaux a suscité plusieurs études, d'une part sur le potentiel fongicide des alliées et de leurs produits soufrés jusqu'alors assez peu exploré et, d'autre part sur le devenir de ces composés dans le sol. Les disulfures ont montré une activité fongicide variable sur un large spectre de pathogènes avec une plus grande efficacité du DMDS. Les écarts de tri d'oignons et de poireaux ont également montré un effet fongicide. Les métabolites soufrés identifiés dans le sol après enfouissement de déchets d'oignon et de poireau sont d'abord le DPDS et ensuite le trisulfure de dipropyle (DPTS).

Ces méthodes sont des alternatives possibles à l'usage du bromure de méthyle (BM).

Mots Clés : Alliées, biodésinfection, disulfures, insecticide, fongicide

INTRODUCTION

- Chimie des Alliées

Les alliées, lorsqu'elles sont intactes, contiennent de grosses quantités de composés appelés dipeptides de stockage, (γ -glutamyl-S-alk(en)yl-L-cysteines) qui sont transformés en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides (RCSO), ou appelés également les précurseurs, très spécifiques des alliées. La proportion de ces précurseurs varie selon l'espèce, l'organe, la variété, l'état végétatif et les conditions environnementales (Ferary et Auger, 1996).

Lorsqu'on brise une alliées, une enzyme, l'alliinase réagit avec les précurseurs pour donner des acides sulféniques qui se réarrangent de différentes manières selon la nature des RCSO (figure 1).

Dans le cas de l'ail, le précurseur majoritaire est l'alliine qui donne l'allicine, le thiosulfinate responsable de l'odeur très caractéristique de l'ail. Les thiosulfinates sont des molécules peu stables qui se transforment assez rapidement, surtout, en disulfures, ainsi l'allicine donne le DADS et 2 vinyldithiines.

Dans le cas de l'oignon et du poireau, les précurseurs présents sont nombreux mais l'isoalliine est prépondérante. Ce précurseur conduit à l'acide 1-propényl sulfénique qui se transforme en oxyde de propanethial, le facteur lacrymogène.

L'acide 1-propényl sulfénique se réarrange simultanément de façon spontanée en zwiebelanes (il existe 3 isomères). Les effluves d'oignons et de poireau sont donc constitués de zwiebelanes mais aussi d'autres thiosulfinates mixtes issus de la dégradation de la méthiine et de la propiine (PCSO). Ces molécules produisent les disulfures correspondants, surtout le DPDS, issu principalement des zwiebelanes.

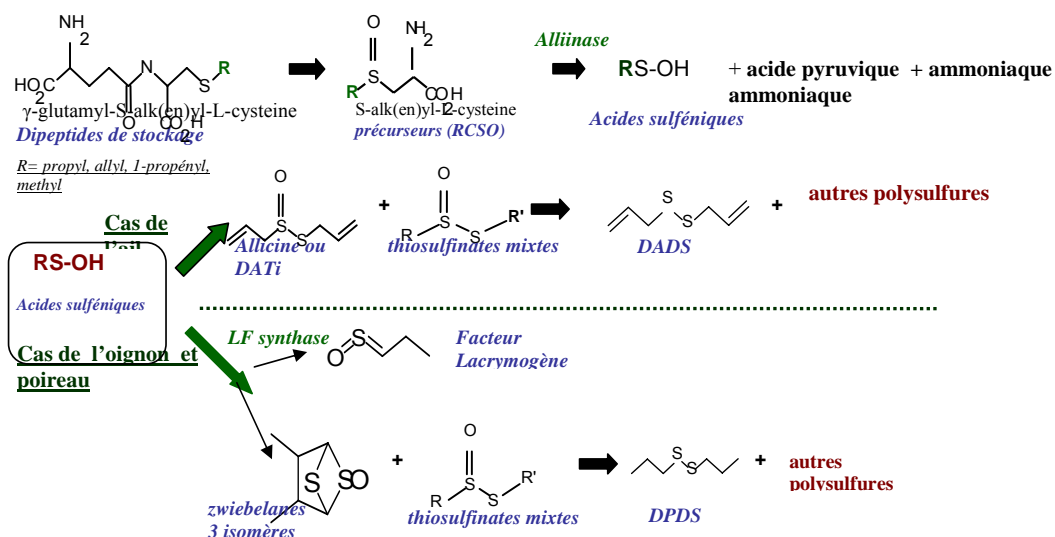


Figure 1- Biosynthèse des produits sulfurés chez les alliées.

Potentialités phytosanitaires des produits soufrés des alliées (Auger et Thibout, 2002).

Action des produits purs

Les effets négatifs des composés soufrés volatils étudiés chez les insectes concernent les effets physiologiques et plus précisément les effets toxiques. Ainsi, chez le moustique *Culex pipiens* (le maragouin domestique), les DADS et DATi sont larvicides. Chez les phytophages, le DPTi (thiosulfinate de dipropyle) a une activité répulsive sur *Ephestia khueniella*, la pyrale de la farine. Les composés volatils des *Alliacées* peuvent avoir des effets négatifs sur certains insectes entomophages, ce qui risque d'avoir des répercussions sur les populations d'insectes phytophages. Ainsi, les disulfures séquestrés par le criquet *Romalea guttata* s'alimentant sur l'oignon sauvage, *Allium canadense*, sont répulsifs pour deux espèces de fourmis prédatrices, *Tapinoma melanocephalum* et *Solenopsis invicta* (la fourmi de feu).

Plusieurs études ont porté sur le pouvoir insecticide des produits soufrés des alliées.

Les thiosulfates, plus toxiques que les disulfures, ont un pouvoir insecticide parfois supérieur au BM (tableau I).

	DMDS	DMTi	DADS	DATi	DPDS	BM
Isoptères						
<i>Reticulitermes grassei</i> : Le termite des Landes	150	-	-	-	4200	-
<i>Reticulitermes santonensis</i> : Le termite de Saintonge	100	-	-	-	5100	-
Coléoptères						
<i>Bruchidius atrolineatus</i> La bruche du Niebé	150	110	390	140	1500	-
<i>Sitophilus oryzae</i> : Le charançon du riz	1000	15	3200	1600	10100	800
<i>Sitophilus granarius</i> : Le charançon du blé	1100	70	800	500	-	-
<i>Callosobruchus maculatus</i>	850	190	400	120	2000	-
<i>Acanthoscelides obtectus</i> : La bruche du haricot	1400	-	18500	-	57700	-
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> : Le cucujide dentelé des grains	600	-	2700	-	42300	-
<i>Diadromus pulchellus</i>	400	-	3400	-	16000	-
<i>Dinarmus basalis</i>	230	-	300	-	-	-
Diptères						
<i>Drosophila melanogaster</i> : La mouche du vinaigre	150	-	540	-	1900	-
Lépidoptères						
<i>Acrolepiopsis assectella</i> La teigne du poireau	300	-	2700	-	17700	-
<i>Ephestia khueniella</i> : La pyrale de la farine	150	30	15	15	-	-
<i>Tineola bisselliella</i> : La teigne des vêtements	700	-	15	-	1000	-
<i>Agrotis ipsilon</i> : La noctuelle baignée	230	-	-	-	-	-

Tableau I-CL₅₀ (en ppm sur 24H) des produits soufrés des alliées sur plusieurs espèces d'insectes (synthèse de plusieurs publications)

DMDS: disulfure de diméthyle

DPDS: disulfure de dipropyle

DMTi: thiosulfinate de diméthyle

BM: bromure de méthyle

DADS: disulfure de diallyle

-: donnée non disponible

DATi: thiosulfinate de diallyle

La sensibilité des insectes aux produits est différente mais de manière générale le DMDS est plus toxique que le DADS, lui-même plus efficace que le DPDS. Les coléoptères testés sont surtout des ravageurs de denrées stockées et semblent moins sensibles que les lépidoptères et isoptères. La toxicité est donc de façon générale dans l'ordre croissant:

DPDS < DADS < DMDS < DATi < DMTi

Action des extraits d'alliacées

Les travaux utilisant les plantes ou leurs extraits ont été les premiers réalisés.

Des cas d'effets anti-appétants ont été observés. Des extraits d'ail perturbent la prise alimentaire du coléoptère *Epilachna varivestis*, la coccinelle mexicaine du haricot. Le comportement de ponte chez deux lépidoptères *Pieris brassica*, la piéride du chou, et *P. napi*, la piéride du navet, est inhibé par des extraits d'oignon. Pareillement, des extraits d'ail réduisent significativement le taux de ponte des femelles de psylle du poirier, *Cocopsylla pyricola*. Des extraits d'ail et d'oignon perturbent également l'établissement du puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, sur sa plante hôte et empêchent l'alimentation de l'insecte, entraînant le cas échéant la mort de celui-ci.

Divers ordres d'insectes sont sensibles aux effets insecticides des *Alliacées*, en particulier aux extraits d'ail. Ils se révèlent toxiques pour *Sitobion avenae*, le puceron des céréales, et *Rhopalosiphum padi*, le puceron bicolore des céréales, pour le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*, pour les larves de doryphore, *Leptinotarsa decemlineata*, et de piéride du chou, *P. brassicae*, pour la teigne de la pomme de terre, *Phthorimaea operculella*, pour cinq espèces de moustiques des genres *Culex* et *Aedes*, pour les puces, pour la mouche domestique, *Musca domestica*, et pour le dermeste des grains, *Trogoderma granarium*.

Chez la mouche blanche des serres, *Bemisia argentifolii*, les œufs, les nymphes et les adultes sont sensibles à la présence de divers extraits d'ail. De même les œufs, les larves et les adultes des coléoptères des stocks, *Tribolium castaneum*, le petit ver de la farine, et *Sitophilus zeamais*, le charançon du maïs, présentent une mortalité qui dépend de la concentration de l'extrait d'ail utilisé. Une action ovicide de l'ail frais a été mise en évidence sur la punaise *Dysdercus koenigii* et les noctuelles *Earias vitella*, *Spodoptera litura*, le ver du cotonnier, et *Helicoverpa armigera*, la noctuelle de la tomate. Les individus qui parviennent à éclore ne terminent leur développement qu'en très faible proportion.

Le poireau s'est révélé toxique pour *Drosophila melanogaster*, la mouche du vinaigre.

En plus des travaux sur les insectes, quelques résultats ont été publiés sur les nématodes et les acariens. Toutes les études sur les activités nématicides des alliacées ont eu pour cible le nématode *Meloidogyne incognita*. Isolés d'extraits d'*Allium grayi* et d'*Allium fistulosum* (la ciboule ou l'oignon d'hiver), le DPDS, DADS et DPTi se révèlent actifs sur les nématodes (GRAB, 2000).

Très peu d'études ont été publiées sur le pouvoir acaricide des *Alliacées* et de leurs composés soufrés. Il a été démontré cependant que des extraits d'ail et des préparations à partir de ces extraits présentent des effets répulsifs contre l'acarien *Tetranychus urticae*. Signalons un brevet de 1994, concernant l'effet d'extraits d'ail sur l'acarien *Varroa jacobsoni* nuisible aux abeilles.

Les effets fongicides

Les études parues portent surtout sur les champignons pathogènes vis à vis de l'homme. Cependant il a été rapporté que le DMDS empêche la germination d'*Aphanomyces euteiches*, responsable de la pourriture des racines de pois. A l'inverse, ces substances surtout DPDS et DADS induisent la multiplication des sclérotés de *Sclerotium cepivorum*, la pourriture blanche des *Alliacées*. De nombreux champignons phytopathogènes sont sensibles aux alliacées et à leurs extraits: *Alternaria tenuis*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium poae*.

Verticillium albo-atrum est sensible à l'oignon et à l'ail alors que *Phytophthora infestans* est sensible à la ciboulette. Une forte inhibition de la croissance des champignons *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum* et *Colletotrichum lindemuthianum* est obtenue avec des traitements par des jus d'ails à fortes teneurs en sulfure de diallyle et disulfure de diallyle (DADS). (Auger et Thibout, 2003)

Nous avons réalisé des essais en 2002, au LNPV pour connaître le potentiel fongicide des produits purs (DMDS, DPDS, DADS) sur une collection de souches de pathogènes du sol (figure 2). Les résultats ont montré un fort pouvoir fongicide du DMDS, et dans une moindre mesure du DADS. (Charpentier et al., 2003).

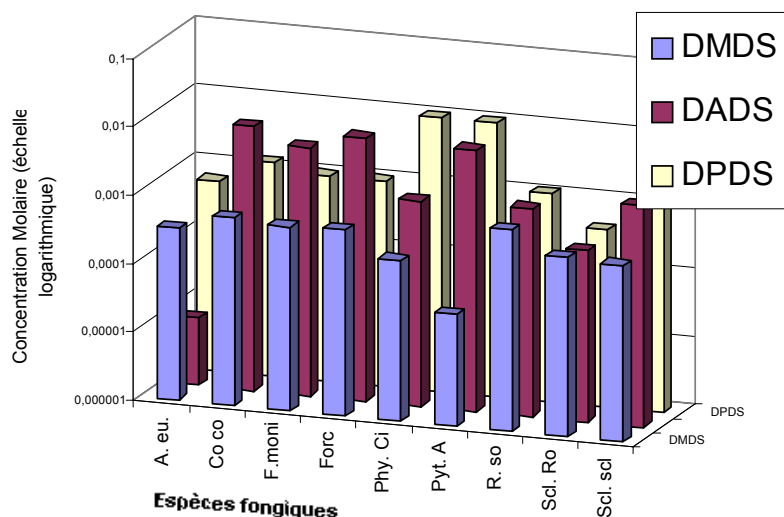


Figure 2: concentrations de disulfure nécessaire à l'inhibition de 90% de la croissance de différentes espèces de champignons telluriques (PDA, 20°C, 3-5 jours de fumigation)

Légende :

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| A. eu. :Aphanomyces euteiches | Pyt A : Pythium aphanidermatum |
| Co co : Colletotrichum coccodes | R. so : Rhizoctonia solani |
| F. moni : Fusarium moniliforme | Scl. Ro : Sclerotium rolfsii |
| Forc : Fusarium oxysporum | Scl scl : Sclerotinia sclerotiorum |
| Phy. Ci : Phytophthora cinnamomi | |

Nous avons ensuite cherché à transposer cet effet fongicide des produits purs, observé in vitro, à des tests, in vivo, avec les produits purs, puis directement avec les alliacées, en s'approchant au maximum de la réalité applicable au terrain.

I- MATERIELS ET METHODES

I-1 Tests fongicides

Le but de cette étude était de tester in vivo, en laboratoire, sous des conditions contrôlées, les propriétés biodésinfectantes de déchets de poireaux et d'écartés de tri d'oignons. Le pathogène choisi est *Pythium ultimum* car c'est un champignon qui s'attaque à un grand nombre d'hôtes (concombres, betteraves, tomates...) et qui est représentatif de la qualité sanitaire des sols. Sa présence provoque le dessèchement et la pourriture des racines, précédant la mort de la plante. Le terreau utilisé est inoculé artificiellement en *Pythium ultimum*. La présence de ce dernier dans le terreau est testée à plusieurs reprises afin d'obtenir un degré d'infection important, constant dans le temps et surtout une inoculation homogène.

Les tests in vivo (dans les bocaux de verre) au laboratoire sont réalisés en se rapprochant au maximum des conditions de terrain (la proportion quantité de déchet d'alliacées / volume de terre est respectée en tenant compte de la profondeur du labour). Le broyat est homogénéisé avec le substrat et humidifié afin de permettre la dégradation rapide des déchets. Le bocal est alors laissé ouvert mais est recouvert d'une feuille d'aluminium permettant les échanges gazeux mais limitant les contaminations. Pour chaque test est réalisé :

- un témoin sain ou témoin négatif : terreau stérilisé,
- une modalité traitée: terreau stérilisé inoculé en présence de déchets d'oignons ou de poireaux,
- un témoin infecté ou témoin positif : terreau contaminé.

Lorsque le temps d'action des déchets de poireaux et d'oignons est atteint, le film aluminium est retiré et un test *Pythium* est réalisé. Il vise à caractériser l'aptitude d'une terre à induire des fontes de semis sur une culture. Pour cela, une plante sensible au *Pythium*, le concombre, est mise en contact avec l'échantillon de terreau à analyser. A l'issue de ce test biologique (13 jours) les plantes saines, nécrosées ou mortes sont dénombrées.

II-2 Devenir dans le sol

Les thiosulfates et zwiébelanes sont trop instables pour subsister dans le sol et sont transformés dès l'incorporation des déchets. Une première étude a permis de déterminer les vrais métabolites des thiosulfates et zwiébelanes issus des déchets d'oignons et de poireaux dans le sol, il s'agit essentiellement du DPDS (Arnault et al., 2004).

Après la mise au point d'une méthode d'analyse pour l'étude du comportement du DPDS dans le sol, l'évolution des concentrations de DPDS a été évaluée à partir de produit pur et à partir de tissus de poireaux. On exprime généralement la concentration en g/kg de terre durant une période T, en heures, c'est la notion de C.T. largement utilisée pour les fumigants. Les concentrations de DPDS sont obtenues par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) après un piégeage de la substance volatile par microextraction en phase solide (SPME) directement à l'intérieur des bocaux. La SPME est une technique de choix pour le piégeage des volatils. Les molécules sont adsorbées sur une phase de polydiméthylsiloxane puis désorbées dans l'injecteur chauffé chromatographe.

II RESULTATS

II-1 Tests fongicides

Les résultats, présentés en figure 3, 4 et 5, mettent en évidence la biodésinfection du terreau inoculé artificiellement en *Pythium ultimum* par les écartés de tri d'oignons et les déchets d'épluchage de poireaux. En effet, dès un mois de contact il y a 50% de plantes saines avec les oignons et le maximum d'efficacité est atteint à 2 mois (82% plantes saines). Les déchets

de poireaux possèdent eux aussi des propriétés intéressantes mais d'intensité plus faible. Cela pourrait être dû à la nature même des déchets (pour le poireau, il s'agit de déchets d'épluchage, soit uniquement la partie verte, alors que pour l'oignon, il s'agit d'écart de tris et donc de bulbe).

Les témoins sains et infectés montrent respectivement dans toutes les séries 100% de plantes saines et 100% de plantes mortes ou nécrosées pour toutes les durées des tests (15 j, 1 mois et 2 mois)

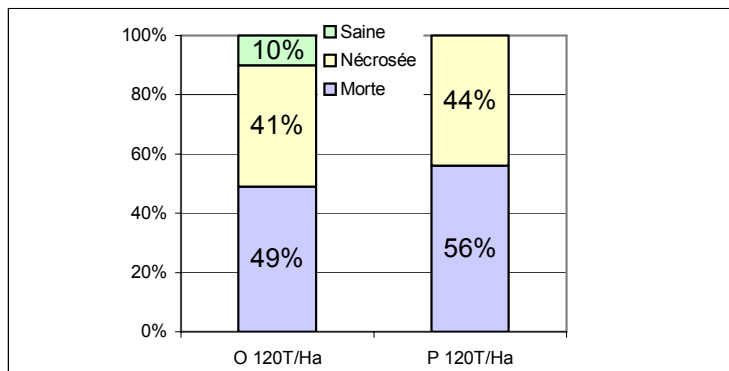


Figure 3 : Effets des écarts de tri d'oignons et des déchets d'épluchage de poireaux à la dose de 120 T/Ha sur la mortalité de plantules de concombre sur un terreau inoculé artificiellement en *Pythium ultimum*. - 15J

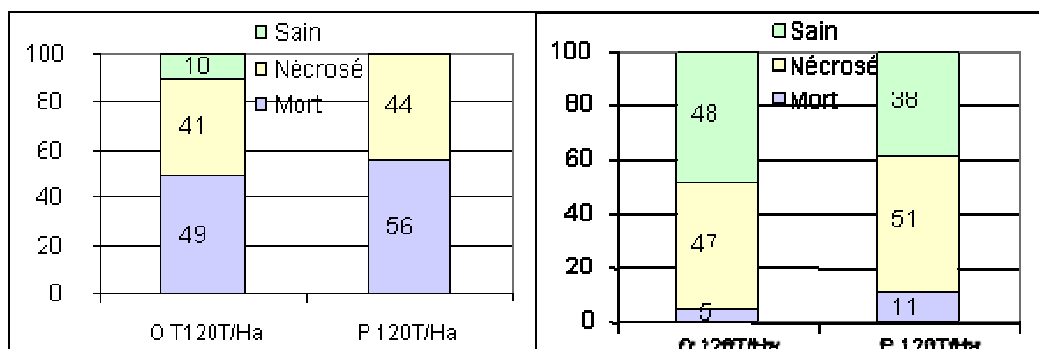


Figure 4- effets des écarts de tri et d'oignons et de poireaux à la dose de 120T/ha sur un terreau inoculé artificiellement en *Pythium ultimum* -1 mois

Figure 5- effets des écarts de tri et d'oignons et de poireaux à la dose de 120T/ha sur un terreau inoculé artificiellement en *Pythium ultimum* -2 mois

La dose d'apport de 240T/Ha de déchets est la plus intéressante (figures 6-7). En effet, à un mois nous obtenons 94% de plantes saines avec les oignons et 64% pour les poireaux. Cependant, lorsque nous augmentons l'apport à 360T/Ha l'efficacité diminue :

- pour les oignons, de 74 à 44 % au bout de 15 jours et de 94% à 75% au bout de 1 mois
- pour les poireaux, même efficacité au bout de 15 jours et de 64% à 17% au bout de 1 mois

Ceci peut s'expliquer par une éventuelle phytotoxicité des broyats à une telle dose d'apport. De plus, il paraît difficile de mettre en place ce dosage (360T/Ha) en plein champ, car cela impliquerait l'incorporation d'une couche de 40 cm de déchets ...

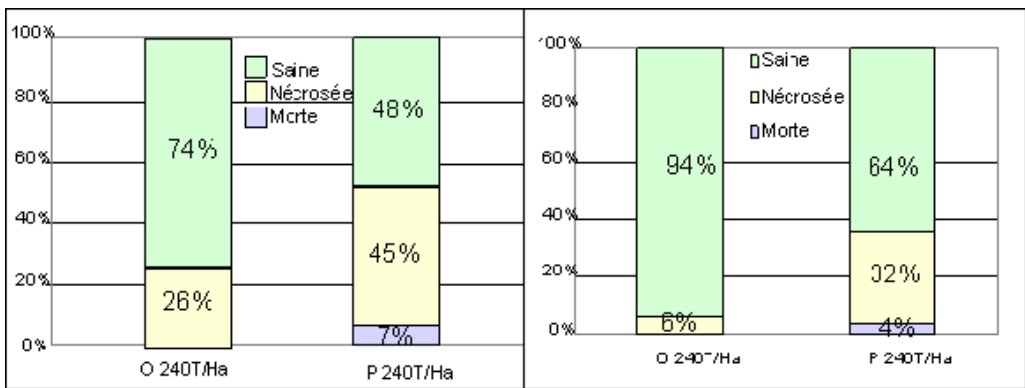


Figure 6- effets des écarts de tri et d'oignons et de poireaux à la dose de 240T/ha sur un terrain inoculé artificiellement en *Pythium ultimum* -15 jours

Figure 7- effets des écarts de tri et d'oignons et de poireaux à la dose de 240CT/ha sur un terrain inoculé artificiellement en *Pythium ultimum* -1 mois

Les propriétés biodésinfectantes des écarts de tri d'oignons et de déchets d'épluchage de poireaux sont bien mises en évidence. Les résultats obtenus à 240T/ha sont les plus intéressants, sous réserve de la faisabilité en plein champ car cela correspondrait à 25 cm d'épaisseur. Cependant, les tests révèlent dans les déchets la présence de bactéries, de *Penicillium* sp. (oignons) et de *Mucorales* (poireaux). Ces populations ne sont pas pathogènes mais leur présence en très grand nombre minimise probablement l'efficacité biodésinfectante des broyats d'oignons et de poireaux.

II-2 Devenir dans le sol

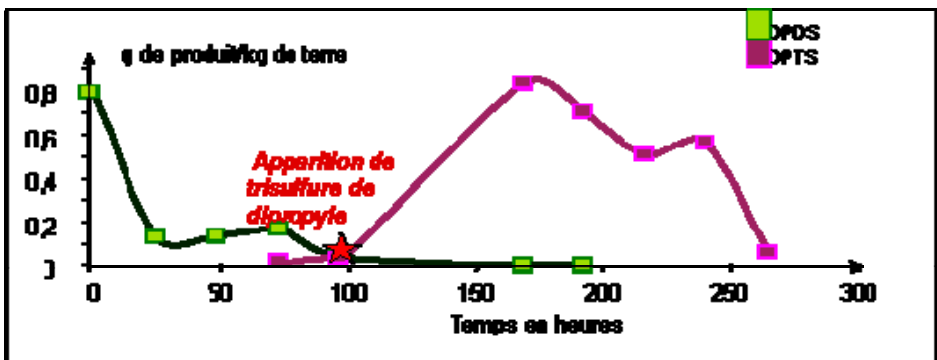


Figure 8 - Evolution dans le sol des concentrations de DPDS et DPTS à partir de tissu de poireaux

L'étude réalisée à partir du DPDS pur montre que la concentration décroît et devient indétectable à partir de 16 jours. Pendant cette décroissance, une augmentation simultanée en ions sulfate a été observée par dosage potentiométrique. La figure 8 indique la cinétique de dégagement du DPDS après enfouissement de poireaux dans un sol (environ 10% en masse). La substance volatile décroît fortement et devient indétectable après 6 jours. Vers 3 jours, une autre substance volatile fait son apparition, il s'agit du trisulfure de dipropyle (DPTS), issu de la même origine et déjà reconnu comme toxique sur une bruche *Bruchidius*

atrolineatus (Nammour et al, 1989). Sa présence diminue et devient indécélable vers 11 jours.

III DISCUSSION

Le DPDS, produit de dégradation de déchets d'oignons et poireaux après enfouissement dans le sol présente une activité insecticide et fongicide. Sa concentration dans le sol reste notable jusqu'à 3 jours, moment auquel une autre substance volatile apparaît : le trisulfure de dipropyle. Ce composé avéré toxique sur un coléoptère doit présenter un pouvoir insecticide général. Il pourrait prolonger l'action insecticide et fongicide du DPDS dans le sol.

Ces résultats sont encourageants et confirment la possibilité d'utiliser les alliées en biofumigation des sols. La technique d'épandage et d'incorporation de déchets d'oignons ou de poireaux montre sa limite dans les quantités à épandre.

C'est pourquoi, il serait intéressant de pouvoir sélectionner des espèces et des variétés d'alliées à fort pouvoir pesticide, comme cela a été réalisé en Italie pour les brassicées utilisées également en biodésinfection des sols (First International Symposium, "Biofumigation : a possible alternative to methyl bromide ?", "31 March - 1 April 2004, Firenze, Italia) Ces variétés spécifiques pourraient alors être utilisées en engrais vert.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNAULT I., MONDY N., DIWO S. et AUGER J., 2004 - Soil behaviour of natural sulfur fumigants used as methyl bromide substitutes. *Int. J. Environ. An. Ch.*, n° 84 (1-3), 75-82.
- AUGER J. et THIBOUT E., 2002 - Substances soufrées des Allium et des crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. *Biopesticides d'origine végétale*, Ed Tec et Doc, 77- 95.
- CHARPENTIER M., ARNAULT I., DIWO ALLAIN S., AUGER J. et REVERCHON S., 2003 - Potentiel fongicide de composés soufrés issus des Allium pour l'étude d'une alternative au bromure de méthyle, AFPP - Septième Conférence Internationale sur les Maladies des plantes, Tours.
- FERARY S. et AUGER J., 1996 - What is the true odor of cut Allium ? Complementarity of various hyphenated methods : GC/MS, HPLC/MS with particle beam and atmosphere pressure ionization interfaces in sulfenic acids rearrangement components discrimination. *J. Chromat.*, n° 750, 63-74.
- NAMMOUR D., AUGER J. et HUIGNARD J., 1989 - Mise en évidence de l'effet insecticide de Composés soufrés (disulfures et trisulfures) sur *Bruchidius atrolineatus* (Pic) (coleoptère, Bruchidae). *Insect Sci. Applic.*, n°10 (1), 49-54

PHYTOSTIMULANTS ET ELICITEURS POUR VEGETAUX. PROPRIETES ET GARANTIES REGLEMENTAIRES

J.C. FARDEAU, Chargé de mission INRA et Président de la CMFSC

Monique JONIS, ITAB 149 rue de Bercy – 75595 paris Cedex 12

On trouve, à la vente, des produits nommés éliciteurs, phytostimulants, bio-stimulants, bio-fertilisants. Pour leur très grande majorité, ils sont extraits d'organismes vivants. Ils ont pour origine le métabolisme d'organismes vivants, ou contiennent des organismes vivants. Ces produits, fréquemment commercialisés par des PME, sont destinés à une application sur les cultures ou les sols qui vont les porter. Parce qu'ils sont d'origine "naturelle", formulation qui sous-entend "fabriqués par le vivant", ces intrants biotiques sont particulièrement prisés par les producteurs des filières "biologiques". En effet, l'utilisation de ces produits, leur emploi pourrait permettre de réduire significativement la présence de xénobiotiques dans les chaînes alimentaires.

Il s'agit, *de facto*, d'intrants impliqués dans le cycle de la production végétale et, *in fine*, dans la chaîne alimentaire. A ce titre, ces produits, comme tous les intrants à usages agricoles, ne peuvent pas être mis sur le marché sans contrôle et sans garantie pour l'utilisateur des intrants comme pour le consommateur final des biens alimentaires traités avec ces produits. Sauf exception rarissime, ces produits sont commercialisés sans contrôle amont ; ils ne bénéficient donc pas de garanties réglementaires, tant pour l'utilisateur que pour le consommateur. Tel est par exemple actuellement le cas très symbolique des purins d'orties.

Intrants destinés aux productions végétales : une nécessaire réflexion complémentaire

L'absence actuelle dans la réglementation française, voire européenne, des qualificatifs "éliciteur", "phytostimulant", "bio-fertilisant" fait qu'aucun produit ne peut aujourd'hui revendiquer officiellement ces qualificatifs. Les conséquences directes de cette situation sont que les fabricants de telles substances prennent le risque de les commercialiser sans contrôle réglementaire ou les commercialisent après homologation en tant que "matière fertilisante", mais présentent ensuite « sous le manteau » des propriétés non démontrées. C'est pourquoi la Commission des Matières Fertilisantes et Supports de Culture (CMFSC)², a décidé, à l'occasion de sa réunion d'octobre 2002, de créer un groupe de travail sur la thématique **éliciteurs et phytostimulants**.

Les raisons de cet indispensable travail de réflexion sont quadruples et complémentaires :

- la présence effective, mais souvent discrète sur le marché d'intrants destinés aux productions agricoles n'ayant pas subi "l'épreuve de la réglementation" leur permettant d'être commercialisées au moyen d'une autorisation de mise sur le marché, d'une autorisation provisoire de vente, d'une homologation ou d'une entrée par le biais de la normalisation ;
- des demandes de « labellisation » de ces substances émanant des fabricants - des demandes des utilisateurs qui souhaitent une reconnaissance de leurs pratiques agricoles employant ces produits afin d'aboutir à des productions "labellisées" ;

² Instance en charge de rendre au Ministre de l'Agriculture des avis sur des thématiques ayant trait aux problèmes de matières fertilisantes.

- l'inadéquation possible entre la réglementation actuelle et les propriétés de ces produits *a priori* non biocides, mais insuffisamment fertilisants et ; en effet ni la définition des produits phytopharmaceutiques, ni celle des matières fertilisantes ne s'appliquent vraiment *stricto sensu* à ces produits.

Eliciteurs et phytostimulants quelles définitions donner ?

Les phytostimulants et éliciteurs peuvent avoir une origine animale, minérale, végétale ou microbienne, voire être élaborés par synthèse industrielle. Ils peuvent être soit l'extrait brut (préparation à base d'insectes tel les trichogrammes), ou plus ou moins purifié du matériel d'origine, soit le résultat d'une fermentation de ces extraits (purin d'orties). A l'exception des produits obtenus par synthèse industrielle (acétate de 8-dodécényle utilisé comme agent de confusion sexuelle), qui peuvent alors ne comporter qu'une seule molécule active, il s'agit de mélanges souvent extrêmement complexes, et potentiellement variables, de composés organiques dont on n'a pas forcément identifié la ou les molécules actives.

Définitions fonctionnelles

Un **éliciteur** est une substance capable, dans certaines conditions, de stimuler des mécanismes de défenses naturelles : il garde, *de facto*, son sens premier et international. Ces défenses naturelles seraient dirigées soit contre des bio-agresseurs (maladies, ravageurs), soit contre des stress abiotiques, tels ceux provoqués par le gel. L'éliciteur n'étant pas, par lui-même, *a priori*, un composé biocide ou phytotoxique, une analyse écotoxicologique du type matière fertilisante devrait être suffisante.

Un **phytostimulant** est une substance qui, dans certaines conditions, va favoriser la nutrition ou la croissance et le développement de la plante. Son apport à un système de culture permettrait d'obtenir une récolte supérieure (qualitatif ou quantitatif) à ce qu'elle aurait été sans apport.

Un produit peut avoir simultanément les fonctions d'éliciteur et de phytostimulant.

Potentialités admises mais pas complètement reconnues

Les producteurs, les vendeurs et nombre d'utilisateurs des phytostimulants et éliciteurs leur prêtent des propriétés toutes plus favorables les unes que les autres pour les plantes. Les propriétés les plus souvent citées sont :

- d'accroître la résistance des plantes à certains agresseurs biotiques ou à des stress abiotiques,
- de favoriser la croissance et le développement des cultures.

Les documents publicitaires pour ces produits "naturels" sont souvent assez vagues sur la nature des effets escomptés, affirmant seulement que leur utilisation a pour conséquence de rendre les cultures "plus belles", "plus fortes".

Les potentialités supposées de ces produits ont évolué depuis quelques années en fonction des connaissances acquises sur certains d'entre eux. Les premiers effets avérés ont été ceux illustrant une lutte contre **les stress biotiques**. C'est-à-dire des effets de type éliciteur *stricto sensu*, induits par les premières attaques des parasites. Partant de ces faits avérés dans certaines conditions, l'idée est née que ces mêmes substances, ou d'autres substances synthétisées par les plantes sous condition de stress abiotique, pouvaient accroître également les défenses naturelles des plantes vis-à-vis de **stress abiotiques**. Deux types de stress abiotiques peuvent contraindre les plantes et en limiter les rendements : des contraintes nutritionnelles touchant aux éléments majeurs, secondaires et oligo-éléments et, des contraintes pédoclimatiques tels le gel, la sécheresse ou le sel.

L'accroissement des défenses naturelles vis-à-vis des stress biotiques commence à être documenté, et scientifiquement expliqué ; par contre, l'accroissement des défenses naturelles contre les stress abiotiques l'est nettement moins.

Les modalités d'action des éliciteurs et phytostimulants

Trois caractéristiques au moins permettent de les distinguer des matières fertilisantes et des phytopharmaceutiques.

- Ces substances agissent à de très faibles concentrations ; à ce titre, elles se différencient très nettement des engrais dont l'action sur le métabolisme s'explique par le prélèvement des éléments nutritifs contenus dans les engrais.
- Les mécanismes de mise en place des défenses naturelles peuvent être activés soit par des métabolites naturellement présents dans les pathogènes et "informant la plante de l'attaque", soit par des substances capables de provoquer le même effet. Autant la spécificité de réactions métaboliques est aisée à comprendre et à admettre dans le premier cas, autant elle est moins évidente dans le second. Pour être efficaces, ces substances doivent être utilisées préventivement afin que la plante puisse développer ou exacerber les mécanismes de défense avant que l'agression et/ou le stress potentiel n'ait lieu. Cette pratique de traitements préventifs pose au moins deux problèmes pratiques :
 - on peut être conduit à épandre ces produits sans raison, dans le cas où l'agresseur et/ou le stress ne se manifesterait pas. La mise en production par la plante de métabolites secondaires consomme du carbone qui n'est plus affecté à la production primaire, à l'image de ce qui advient chaque fois que l'on fait appel à la fixation symbiotique de l'azote qui consomme environ 20 % du carbone fixé par la plante et qui, de facto, ne sont plus affectés à la production de matière sèche. Quelle est l'incidence sur le rendement effectif des produits récoltés ?
 - Comment, pour des traitements préventifs, identifier les facteurs qui permettraient de déterminer, pour chaque traitement, le choix dans la date ? Il ne peut s'agir de l'apparition des premiers symptômes qui illustrent que l'attaque a déjà eu lieu. L'amélioration des «avertissements agricoles» est certainement une des voies les plus utiles.
- Ces substances n'ont a priori pas d'action biocide, elles n'agissent pas directement sur l'agresseur ou la cause du stress. Elles permettraient seulement à la plante soit de mettre en place ses moyens de défense (éliciteurs), soit de mieux utiliser les ressources de son milieu (phytostimulants).

Mécanismes d'action connus, ou supposés, des éliciteurs et des phytostimulants

Le déclenchement des modifications métaboliques au sein de la plante est expliqué, dans les conditions d'emploi préconisées, par la présence, au sein des mélanges "naturels", de molécules-signal reconnues par des plantes, ou des micro-organismes. Ces molécules signal, non toxiques par elles-mêmes, provoquent, sous conditions, une ou plusieurs réactions biochimiques qui modifient le métabolisme, les constituants et le comportement des plantes, ou des sols qui supportent les plantes.

• **Dans le cas de stress biotiques**, les éliciteurs permettraient d'activer, séparément ou non, au moins trois types de chaînes métaboliques impliqués dans :

- les biosynthèses de petites molécules non peptidiques à activité antibiotique, tels des composés phénoliques qui vont imprégner les pectines,
- les biosynthèses de peptides, protéines ou enzymes anti-microbiens,
- la création de barrières cellulaires accroissant la résistance mécanique à la pénétration des agents pathogènes. On observe par exemple la formation de gel de pectate de calcium dans les espaces intercellulaires face à des attaques du tabac par *Phytophthora*.

• **Dans le cas de stress abiotiques**, de type climatique tel le gel, les mécanismes proposés font appel à la présence dans les parois des cellules d'oligo-polymères d'un sucre, le xyloglucane, qui va accroître la résistance au gel.

• **Dans le cas des stress nutritionnels**, dont certains pourraient être traités par utilisation de phytostimulants selon les porteurs de ces concepts, les mécanismes proposés n'en sont encore qu'au stade des hypothèses, en effet, peu de tentatives de vérification ayant été entreprises. Cependant Chen *et al.* (2002, 2003) ont montré que l'addition d'un produit commercial, étiqueté "soil biostimulant", contenant un produit de fermentation et des oligo-éléments, modifiait le cycle de l'azote et du carbone dans le sol. Cette modification ne peut résulter que d'une modification du fonctionnement de la biomasse du sol, dans la mesure où seule la biomasse tellurique est en mesure de modifier les cycles de N et de C. On peut comprendre que les rendements des cultures en soient alors modifiés dans des situations où l'azote serait le premier des facteurs limitants.

Dans tous les cas, les effets "accroissement des défenses naturelles" et "stimulation de croissance" résulteraient d'une modification significative de la nature et/ou de la quantité des métabolites synthétisés lorsque les plantes, ou le sol qui les supporte, sont mises en présence d'un stress.

On est en droit de se demander, surtout pour la gestion raisonnée de ces produits, si :

- un stress donné, biotique ou abiotique, conduit systématiquement à l'accroissement des défenses naturelles et/ou à une stimulation de croissance ;
- la présence de molécules de stress est la traduction biunivoque d'un stress donné.

Utilisation de la réglementation actuelle sur les phytosanitaires et les matières fertilisantes ou mise en place d'un complément de réglementation pour des produits éliciteurs ou phytostimulants ?

Il est possible de proposer cinq orientations elles ne sont absolument pas limitatives, et leur recevabilité doit être discutée.

1. Il s'agit d'intrants destinés, *in fine*, à la production de biens alimentaires. Leur mise sur le marché ne peut se faire sans contrôle, tous les intrants à destination de la production agricole et en particulier les matières fertilisantes et les phytosanitaires étant eux-mêmes soumis à **une réglementation nationale, ou européenne**. L'objet de cette réglementation est, rappelons-le, d'assurer la sécurité alimentaire des consommateurs des produits récoltés et la protection des utilisateurs contre les malfaçons (l'instabilité fonctionnelle et/ou la toxicité de ces substances) . Mais **le niveau de l'épreuve peut certainement changer avec le produit** pour lequel on revendique un ou plusieurs effets.

2. La constance des produits est la seule garantie de la constance à la fois de l'innocuité et de l'efficacité. Or il ne faut pas sous-estimer la difficulté évidente d'une constance de composition, donc d'innocuité et d'efficacité, en faisant appel à des produits issus de végétaux, ou de fermentations, à coup sûr hétérogènes. On côtoie ici le problème bien connu des filières de

“productions biologiques” inscrites dans une démarche d’obligation de moyens alors que la réglementation vise une obligation de résultats.

3. Des arguments, souvent entendus, voire écrits, pour justifier une utilisation sans contrôle de ces substances, tels que "ce sont des produits naturels, biologiques", "ça marche chez le voisin, et dans le temps nos ancêtres cultivaient bien avec ça et ça marchait", "on ne met que de petites quantités", etc. ne sont pas recevables. Car de nombreux produits naturels sont toxiques, et cela dépend de la dose, aussi parce qu’il faut connaître les raisons de réussite chez le voisin pour étendre l’utilisation ailleurs, etc.

4. Les critères qu’il serait possible de revendiquer pour de telles substances peuvent correspondre à des effets tels que : stimulation de la croissance et/ou du développement des plantes, stimulations des défenses naturelles de la plante, et/ou augmentation de la résistance à des bio-agresseurs spécifiques ou à vaste spectre, amélioration de la germination, accroissement de la résistance à des stress abiotiques identifiés (gel, sécheresse), etc. Cette liste n’est pas limitative. **L’important est de garder en mémoire que tout critère revendiqué doit être démontré dans les conditions d’emploi préconisées, ce qui impose une description de celles-ci suffisamment précise.**

5. Les mécanismes d’action, démontrés ou supposés, des éliciteurs et des phytostimulants sont totalement différents de ceux des matières fertilisantes et de ceux des phytosanitaires. Schématiquement, ces produits sont annoncés comme étant non toxiques et non écotoxiques. C’est pourquoi un contrôle du type toxicité et écotoxicité appliqué aux matières fertilisantes reste une nécessité, mais semble suffisant.

Côté matières fertilisantes – action sur la nutrition, la croissance et le développement des plantes

Ici les mécanismes avancés pour les phytostimulants sont de deux types : modification du fonctionnement des micro-organismes du sol, ou modification quantitative, ou qualitative, des transporteurs cellulaires d’éléments nutritifs. S’il fallait à tout prix imaginer un risque lié à ces mécanismes et nécessitant une analyse particulière, ce risque pourrait se situer au niveau d’une modification de la biodiversité microbienne des sols. Ce sujet n’est pas spécifique à l’utilisation des éliciteurs et phytostimulants, et certains estiment que d’autres pratiques agricoles pourraient être plus agressives à l’égard de la biodiversité. Mais force est de reconnaître que les méthodes pour aborder systématiquement ce sujet dans les sols manquent cruellement. Cette situation conduit à des conclusions totalement opposées. En conséquence, pour une revendication avérée portant sur un effet nutrition des plantes, les démarches classiques semblent largement suffisantes pour assurer la sécurité alimentaire et la protection des utilisateurs.

Remarque : les apports des phytostimulants se traduisent par un apport de quantités d’éléments nutritifs très inférieures aux quantités exportées avec les récoltes. C’est pourquoi, des pratiques agricoles basées uniquement sur ce type d’approche ne peuvent pas se traduire par un développement durable puisque, sans autre restitution d’éléments nutritifs, la fertilité ne peut que diminuer.

Côté phytosanitaires – stimulation des défenses naturelles

Aux dires des supporteurs des éliciteurs et des phytostimulants, ces produits ne seraient pas toxiques et écotoxiques, ce qui est finalement aisé à vérifier sans a priori. Leur apport aux plantes les transforme en supports qui pour le moins limiterait le développement de certains parasites. En fait, tout le monde s’accorde à dire que ces substances modifient des chaînons de production des métabolites secondaires des végétaux jusqu’à leur faire produire des petites molécules antibiotiques, des protéines antibactériennes, ou des polymères de sucre. C’est pourquoi, on est en droit d’imaginer dans une telle situation que les tests d’écotoxicité devraient porter plus sur la récolte que sur le produit de traitement, dès lors que l’on a constaté l’innocuité du produit traitant.

En conclusion

On peut trouver sur des marchés européens des substances nommées éliciteurs, phytostimulants, bio-stimulants dont l'action semble concerner à la fois la protection et la nutrition des plantes. Tout intrant à usage agricole doit faire l'objet d'analyses toxicologiques et écotoxicologiques. Les producteurs de certaines de ces substances, non reconnues actuellement par la réglementation française sous le qualificatif d'éliciteur ou de phytostimulant, semblent en avoir mis quelques-unes sur le marché français, en ayant pris le risque d'échapper (en toute bonne foi ?) à ces réglementations, au prétexte que ces substances sont naturelles, et donc "forcément" sans risque écotoxicologique. Il est évident que, même lorsqu'elles dérivent de produits biochimiques naturels, ces substances ne peuvent être mises sur le marché sans contrôle ; et nombre de praticiens de l'agriculture biologique sont demandeurs de telles évaluations. Il en va d'ailleurs de la pérennité de ces pratiques.

Les différences entre les mécanismes d'actions des matières fertilisantes et des phytopharmaceutiques, qui ont servi de support à la réglementation actuelle, et ceux de ces substances plaident pour un aménagement raisonné de la réglementation, sous réserve d'une analyse plus exhaustive des risques entreprise avec tous les acteurs concernés. On peut alors imaginer que la part de marché de ces substances ne pourra croître que si les croyances font, petit à petit, place à la connaissance, donc à la reconnaissance de ces substances par le monde économique.

Cette analyse globale, forcément incomplète, plaide non seulement en faveur de l'utilisation de principes de la réglementation déjà acquis dans le cadre de la mise sur le marché des matières fertilisantes (constance, conditions d'efficacité, innocuité environnementale), mais aussi en faveur de l'introduction, -sous réserve d'une analyse plus exhaustive des risques-, de compléments à la réglementation qui porteraient sur une analyse toxicologique et écotoxicologique des matériaux végétaux ou des substances dont la synthèse est induite par des traitements favorisant la stimulation des défenses naturelles.

Bibliographie

Bertrand B., Collaert J.P., Petiot E. (2003) *Les plantes au secours des plantes. Purin d'ortie & C^o*. Editions de Terran. 31160 Sengouagnet.

Chen Shu-Kang, Subler S., Edwards C.A. (2002) Effects of agricultural biostimulants on soil microbial activity and nitrogen dynamics. *Applied Soil Biology* 19 : 249-259.

Chen Shu-Kang, Edwards C.A., Subler S. (2003) The influence of two agricultural biostimulants on nitrogen transformations, microbial activity, and plant growth in soil microcosms. *Soil Biology Biochemistry* 35 : 9-19.

Daire X., Poinot B., Boutejac M., Silué D., Pugin A. (2002) Stimulation des défenses de la vigne contre les pathogènes. Des résultats encourageants vis-à-vis du mildiou. *Phytoma. La défense des végétaux* 548 : 24-26.

Farmer E.E. (2000) Adding injury to insult : pathogen detection and responses. *Genome Biology* 1012.1-1012.13.

INPI (2000) Utilisation de polymères et d'oligomères de xyloglucane, et de composés dérivés, en tant que produits phytosanitaires et biofertilisants. *Demande de brevet d'invention 00 12315 en date du 27 09 2000 au nom de Liénart Yvette*.

Kauffman S., Dorey S., Fritig B. (2001) Les stratégies de défenses. *Pour la Science*, Janvier 2001 : 116-121.

Klarzynski O., Fritig B. (2001) Stimulation des défenses naturelles des plantes. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie* 324 : 1-11.

Kuwabara C., Takezawa D., Shimada T., Hamada T., Fujikawaga S., Arakawa K. (2002) Abscissic acid- and cold-induced thaumatin-like protein in winter wheat has an antifungal activity against snow mould, *Microdochium nivale*. *Physiologia plantarum* 115, 1 : 101-110.

Lherminier J., Benhamou N, Larrue J, Boudon-Padieu E, Milat ML, Blein JP. (2003) Cytological characterization of elicitor-induced protection in tobacco plants infected by *Phytophthora parasitica* or phytoplasma. *Phytopathology*, 93: 1308-1319.

Pioggesi A., Pollison B.D. (2003) Biostimulants : at the border between plant protection and plant nutrition. *New AG International*, June 2003.

Silvy C. & Riba G. (1999) Biopesticides contre les maladies, insectes, mauvaises herbes. *Dossiers de l'environnement de l'INRA – Lutte biologique* 19 : 157-200.

Arboriculture

CARPOCAPSE DES POMMES ET DES POIRES ET PRODUCTION BIOLOGIQUE

Fleureau L., Roubal C., Rouillé B.

SRPV PACA Quartier Cantarel – B.P. 95 - 84143 MONTFAVET CEDEX,

Cazal M. (FREDON PACA)

Quartier Cantarel – B.P. 95 - 84143 MONTFAVET CEDEX,

Le texte suivant est extrait de PHYTOMA, n°568. Il fait le point sur les principaux moyens de lutte contre *Cydia pomonella*, en agriculture biologique. Par rapport à ce document, publié en février 2004, on peut préciser quelques points, au vu des observations de la campagne 2004 :

* Les parcelles dites « sensibles », à proximité de stations de conditionnement, d'éclairage public, de zones résidentielles, doivent être considérées à part : non seulement elles présentent une attractivité forte, mais en plus elles occasionnent des écarts dans le développement des papillons, en particulier des levées de diapause anachroniques. Celle-ci ne peut pas être prévues par des moyens de modélisation. Des mesures particulières de suivi et de dates d'intervention doivent être prises, ainsi que des mesures prophylactiques maximales, dans la plupart des cas.

* L'ensemble des observations cumulées ces dernières années et en particulier cette campagne, laisse à penser que toutes les méthodes basées sur l'emploi des phéromones présentent quelques inconvénients en commun. Le producteur « bio » doit y être encore plus sensible, étant donnée la difficulté de rattraper des situations délicates :

- les bordures sont fortement exposées à des « recolonisations », et constituent des zones où des interventions complémentaires (traitements ou prophylaxie) doivent être très souvent envisagées.
- la fin de campagne présente des risques aléatoires, liés entre autre à des transferts de populations, qui sont mal protégés par les techniques à base de phéromones, sans que cela remette en cause, par ailleurs, la qualité des diffuseurs.

* L'INRA a entrepris un programme d'étude quantitatif intégrant les mesures prophylactiques. Entre autre ce programme vise à évaluer l'intérêt technique et économique de l'élimination/exportation des fruits piqués lors de l'éclaircissage dans l'entretien de bas niveaux de populations. (Pour de grosses attaques, la méthode entraîne des coûts rapidement prohibitifs). Même si l'aspect économique doit être évalué, cette technique mérite bien entendu d'être mentionnée.

En lutte biologique, un certain nombre de ravageurs, comme les araignées rouges, sont naturellement bien contrôlés par les auxiliaires présents dans les parcelles. Le carpocapse n'est malheureusement pas de ceux-là. Comme en agriculture conventionnelle, il reste le plus nuisible des ravageurs du pommier, mais le producteur biologique ne dispose pas des mêmes armes que ses confrères. Il ne peut, dans certains contextes, obtenir une production de bonne valeur commerciale qu'en utilisant un ensemble de mesures complémentaires, dont certaines sont très coûteuses en temps de travaux. Notre objectif est donc de faire le point sur les méthodes dont il dispose ou pourrait disposer, et de regrouper les éléments de décision qu'il possède pour atteindre le plus faible niveau d'attaque possible, sans pour autant « gaspiller » ses efforts en interventions inutiles.

Les interventions insecticides

Le virus de la granulose :

D'un profil toxicologique proche de l'idéal, cet insecticide biologique a la particularité d'avoir une sélectivité exceptionnellement élevée, le carpocapse des pommes étant pratiquement sa seule victime. Cette technique est largement utilisée aussi en agriculture conventionnelle, pour son faible délai d'emploi avant récolte. Elle est également souvent préférée dans les parcelles où les risques sont faibles, du fait de sa très faible toxicité pour l'utilisateur et pour l'environnement.

L'emploi de la carpovirusine ne peut cependant pas être généralisé à l'ensemble des situations, en effet :

* son efficacité au champ, bonne à moyenne, avec une partie variable de mortalité différée, ne permet pas d'assurer à coup sûr une récolte saine en présence de fortes populations.

* ses conditions de stockage sont plus contraignantes : il s'agit d'un produit vivant, qui doit être stocké au froid (5-6 degrés) ou au moins au frais (18 degrés maximum, sans écarts thermiques) si l'utilisation est proche. Une conservation supérieure à quelques semaines exige un stockage au congélateur à -18°C pour conserver toute ses qualités au produit.

* il doit être utilisé à une cadence plus resserrée (10 jours).

A l'heure actuelle aucune souche de résistance au virus de la granulose n'a été mise en évidence, mais on ne peut pas écarter totalement cette éventualité.

Employée seule, la carpovirusine peut suffire pendant des années, mais on constate sur le terrain, qu'on n'est pas à l'abri d'une pullulation du papillon, qui ne pourrait plus ensuite, être contrôlé par cette seule spécialité.

Le BT (*Bacillus thuringiensis*)

Les spécialités à base de BT ont une bonne efficacité sur les autres chenilles qui attaquent les feuilles ou l'épiderme des jeunes fruits au tout début du vol de carpocapse. Sur le terrain, l'efficacité du BT est généralement médiocre (insuffisante) contre le carpocapse des pommes. A part pour les interventions précoces, ces spécialités sont sans véritable intérêt sur carpocapse. Cela est lié au comportement de cet insecte qui pénètre rapidement dans le fruit, sans consommer la toxine en quantité suffisante. En mai, le stade « baladeur » est plus long, car les températures permettent à l'insecte de rester « à découvert » et il y a peu de fruits suffisamment développés et appétents. On a alors une efficacité secondaire sur carpocapse.

Les autres matières actives :

On peut citer à titre anecdotique les interventions à base de pyrèthre et de roténone, spécialités non autorisées sur carpocapse des pommes et des poires. De part leur profil toxicologique et leur impact sur la faune auxiliaire, ces solutions sont très peu utilisées en arboriculture biologique et sans intérêt sur le ravageur concerné.

L'utilisation des phéromones :

La confusion sexuelle

La confusion sexuelle est une méthode de lutte très efficace, à privilégier chaque fois que cela est possible, mais son domaine d'efficacité est lié à des contraintes bien précises de mise en œuvre.

Elle ne peut être envisagée raisonnablement que sur de faibles niveaux de population (moins de 1% de fruits piqués à la récolte), dans un environnement sain et sur des parcelles de grande taille (voir note nationale carpocapse des pommes/confusion sexuelle dans phytoma n° 559 d'avril 2003). En dehors de ces situations, les rencontres à faible distance débordent souvent complètement le dispositif, dès que des femelles sont fécondées. Le système perd alors toute son efficacité et l'arboriculteur biologique ne dispose pas de larvicides suffisamment efficaces pour « assainir » de fortes populations. Rappelons qu'en confusion sexuelle, un suivi régulier des parcelles est indispensable pour permettre au producteur de repérer l'apparition de piqûres et de réagir en conséquence (traitements larvicides, piègeage).

Les objectifs du producteur biologique étant différents, le seuil de 1% peut être légèrement réévalué, et nous proposons un seuil empirique de 4% environ. Dans ce cas, la confusion conserve statistiquement une efficacité partielle intéressante, si elle est renforcée au pic des éclosions par de la carpovirusine, mais il y a déjà des cas d'échec plus fréquents (voir article confusions sexuelle dans phytoma d'octobre 2003).

Passé ce seuil, la confusion n'apporte plus aucune efficacité supplémentaire, les rencontres mâles/femelles sont alors essentiellement visuelles. La méthode engendre un surcoût qui est une perte nette. Dans ces situations, mieux vaut ne pas employer la confusion et se diriger vers des

techniques d'abaissement des populations par piégeage en plus de la couverture larvicide avec de la carpovirusine, pour revenir ensuite à la confusion sexuelle quand cela sera possible.

Désorientation sexuelle

La technique n'est pas encore autorisée ni évaluée entièrement en France. Elle a fait l'objet d'une ADE en 2003, des essais ont été réalisés par le Service de la Protection des Végétaux et par la société BIOTOP. Développée en Italie par la société ISAGRO, son mode d'action est différent de celui de la confusion sexuelle. Les diffuseurs, à faible charge, sont mis en compétition avec les femelles de carpocapse, sans nécessité d'assurer comme pour la confusion, le maintien d'une concentration élevée de phéromone dans l'environnement de la parcelle. La désorientation est donc basée sur le principe des fausses pistes et bien qu'elle puisse atteindre de bons résultats, son mode d'action ne permet pas d'envisager une efficacité de 100%. Quelle technique de lutte peut être efficace à 100% aujourd'hui ? La désorientation peut s'avérer utile, en particulier là où la confusion sexuelle n'est pas applicable. Contrairement à la confusion sexuelle, son efficacité partielle peut théoriquement s'ajouter à l'efficacité partielle des autres spécialités utilisées en protection biologique. Théoriquement encore, son efficacité baisse progressivement en fonction des niveaux de population, et non pas par un décrochement brutal, comme c'est le cas en confusion sexuelle. Dans un environnement défavorable à la confusion, la méthode conserverait donc une efficacité. Cette technique présenterait donc un intérêt pour l'agriculture biologique, mais aussi en complément de la protection conventionnelle, là où la confusion sexuelle est en échec. Nous suivons donc attentivement les études et les travaux concernant cette méthode de lutte. Rappelons qu'il est très difficile d'estimer un pourcentage d'efficacité pour ces techniques qui ne peuvent être étudiées que sur de grandes parcelles, et sans analyse statistique.

Méthodes de réduction des populations de larves

Dans les situations où les stratégies confusion sexuelle + carpovirusine ne donnent pas satisfaction, seule une élimination des larves diapausantes permet d'assainir le verger et de redonner ainsi une chance à la confusion sexuelle, les années suivantes. Plusieurs techniques sont envisageables.

Le choix des palox :

Des expérimentations ont démontré que les chenilles s'installent pour diapauser dans les paloxs dès que ceux-ci sont installés dans les parcelles. Il convient donc de prendre deux précautions :

- Installer le plus tard possible les paloxs dans les parcelles, et les faire séjourner le moins longtemps possible dans celles-ci,
- préférer les palox en plastique à ceux en bois, qui offrent un support de diapause beaucoup plus attractif, comme des expérimentations l'ont démontré (Journal of economic entomology. , 2001,vol.94,n°6,pp.1511-1517)

Travail du sol :

En modifiant les possibilités de diapause dans le sol, ces techniques ont une influence sur la survie hivernale. Le travail du sol n'est pas souvent recommandable agronomiquement, mais il « maltraite » les larves hivernantes et les expose aux agents pathogènes. Un entretien mécanique sur le rang est par contre réalisable et facilite par ailleurs la pose de « pièges piquets » dont nous parlons ci après.

Entretien de l'enherbement :

Un contrôle assez ras de l'enherbement limite les diapauses dans les petits supports verticaux (chaumes de graminées, grosses tiges cannelées d'ombellifères...) et favorise donc un plus grand taux de capture dans les bandes pièges, et une plus forte mortalité sur de mauvais sites de diapause, au contact de l'humidité du sol (feuilles mortes, brindilles, pommes sèches).

Le broissage des troncs

Les individus qui diapausent dans les anfractuosités des écorces ont une meilleure survie hivernale que ceux qui diapausent « à même le sol ». Le broissage des troncs des vieux arbres

(avec un gant de fer ou une brosse métallique) que réalisent certains producteurs est donc une mesure complémentaire qui présente un intérêt... lorsqu'ils disposent du temps pour la réaliser.

Les bandes pièges sur l'arbre

Dans les parcelles propres, où les troncs sont lisses », une forte proportion de carpocapse est « piégeable » dans les classiques bandes de carton ondulé enroulées sur le tronc (photo n°1). La pose et le retrait des bandes sont fastidieux, mais la technique est intéressante dès lors que les autres moyens de protection sont en échec et peut donc s'avérer être un bon complément. Si les dégâts sont supérieurs à 4% ou s'ils sont compris entre 1% et 4% mais répartis sur l'ensemble de la parcelle, on doit recommander la pose de bandes pièges sur l'ensemble de la parcelle. Si les dégâts sont localisés, on doit soupçonner une zone privilégiée de diapause, et on peut tenter de limiter le piégeage à la zone à risque. Ces seuils sont empiriques, et ne constituent qu'une suggestion.

Il est important de bien serrer les bandes de carton ondulé, car les larves aiment un contact étroit avec le support. On constate des captures d'un niveau plus faible sur les bandes qui sont simplement fixées avec un adhésif que sur celles qui ont été serrées avec un lien.

Avant de renoncer à cette technique fastidieuse, il faut bien considérer qu'elle équivaut à un traitement sur une génération complète, pratiquement sans risque de résistance, non lessivable.



Une nouvelle technique : les piquets pièges

Nous avons imaginé un piquet piège actuellement à l'étude au SRPV d'Avignon. L'objectif initial du projet était de trouver un dispositif plus rapide à mettre en place, se substituant aux bandes pièges. Il est possible dès à présent d'utiliser cette technique afin de réduire significativement les populations de larves diapausantes dans les parcelles. La photo n° 2 illustre le prototype très simple que nous avons utilisé. Installée sur le rang de part et d'autre de l'arbre, la silhouette

verticale du piquet attire la larve qui recherche un site de diapause, et elle peut alors entrer dans la bande piège installée sur le piquet, comme elle le ferait sur un tronc d'arbre. Les piquets pièges doivent être brûlés à l'automne, tout comme les bandes pièges posées sur les arbres. A priori, et d'après les données bibliographiques, le support doit être préférentiellement ligneux. Nous avons utilisé la canne de Provence afin de réaliser les essais, en raison de sa disponibilité sur notre site. D'autres supports, plus rugueux, sont probablement plus intéressants. Les bandes pièges sont fortement serrées sur le support, et le bas du carton ondulé doit presque affleurer le sol.

En 2002 nous avons juste essayé notre piège et constaté qualitativement son efficacité. En 2003 une étude plus approfondie de cette méthode de lutte prophylactique a été réalisée (2000 pièges posés).

Les résultats provisoires sont étonnants : les piquets pièges ne permettent pas de remplacer les bandes pièges. Dans l'essai mis en place cette année, ils capturent une partie de la population qui n'est pas capturée par les bandes pièges. On arrive ainsi, en associant les deux techniques de piégeage, à un taux de capture très élevé. Ce résultat provisoire est cohérent avec les commentaires de Causse (1976), qui signale l'existence d'une population qui diapause sur place et d'une population de dissémination. Nous avons obtenu le taux de capture le plus élevé en mettant une bande piège sur l'arbre et un piquet à 20 centimètres de part et d'autre de l'arbre, sur le rang. Cette technique peut d'ores et déjà être recommandée pour le nettoyage des foyers. Il faudra désormais rechercher le piège le moins coûteux et le plus efficace (en travaillant en particulier sur la hauteur et la nature du support), et optimiser le protocole de piégeage afin de limiter le nombre de piège au minimum nécessaire adapté aux caractéristiques de la parcelle, et au rapport résultat/coût de notre méthode.

Conclusion :

Nous espérons que cette revue des moyens de lutte utilisables ou à l'étude en agriculture biologique donnera quelques éléments de réflexion aux producteurs, qu'ils soient « bio » ou pas, d'ailleurs. Nul doute, de toute façon, qu'il faille aller vers une considération plus générale des moyens de lutte, étant donné la généralisation du phénomène de résistance, et la difficulté de trouver de nouvelles matières actives qui répondent aux exigences de la société actuelle. Le mirage du traitement miracle devra être oublié, par la force des choses, et la production raisonnée évoluera petit à petit, associant les mesures prophylactiques, l'influence des techniques agronomiques, et les traitements phytosanitaires.

Remerciements :

Nous tenons à remercier les arboriculteurs qui ont mis à disposition des parcelles pour nos essais et nos suivis de population, et particulièrement Mme Van Batten et M. Gautier.

LES PLANTES INSECTICIDES

Eric PETIOT

Consultant – Jardin au pied du Mont – 840 route de col – 01170 CROZET

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 poser 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.

ALLIUM sativum. Liliaceae.

Ail

Eldon L. Reeves et S.V. Amonkar, chercheurs (ou plutôt trouveurs !) à l'Université de Californie ont fait de récentes découvertes sur l'ail. En effet celle-ci serait un insecticide puissant (nous pouvons l'attester par nos recherches et applications sur le terrain).

Ces chercheurs ont éradiqué en totalité cinq espèces de larves de moustiques en pulvérisant une huile à base d'ail.

Greenstock David, détruit 89% des aphidiens (pucerons) et 95 % des mouches de l'oignon avec une émulsion d'ail.

Tremper 100 gr d'ail haché dans 2 c. à soupe d'huile (huile de lin, huile blanche à 95% de paraffine) pendant 12 heures. Ajouter un litre d'eau de pluie. Mélanger puis filtrer la préparation et garder la dans un récipient en verre ou en plastique.

Pour le traitement, diluer au 1/20.

Contre les **acariens (araignées rouges)** sur les fraisiers et autres plantes sensibles, traiter début mai trois fois à trois jours d'intervalles (décoction : 70 gr / litres d'eau et pulvériser en dilution au 1/7).

Principes actifs : L'Allicin, mélange de substances dont principalement des sulfures d'allyles, produites par des enzymes dans le bulbe, où leur efficacité dépend de la présence de soufre assimilable.

Le soufre est produit dans le sol par des micro-organismes, dont certains champignons microscopiques qui ne peuvent vivre sans humus (encore un intérêt de cultiver avec des engrais organiques).

Partie utilisée : Gousse d'ail.

Plantation : Plantation en terrain humifère.

Cultures associées : Fraisiers, pommes de terre, tomates (acariens).

PTERIDIUM aquilinum - Hypolépidadacées

Fougère aigle

DRYOPTERIS filix mas - Aspidiacées

Fougère mâle

Agit en décoction ou en extrait fermenté contre les **pucerons lanigères des arbres fruitiers** et la **cicadelle verte de la vigne** (pulvérisation au 1/10 ième). Deux traitements à intervalles de trois jours permettent d'empêcher le développement des pucerons lanigères.

On ajoute pour accroître l'efficacité des marrons d'Inde broyés ou la peau verte des noix.

Récolte : Couper les frondes à maturité.

Composition : Acide gallique, acide acétique, tanin. (Voir plantes stimulantes).

NICOTIANA tabacum - Solanaceae

Tabac

Agit bien comme insecticide.

Infusion légère contre les **araignées rouges**.

Henri de la Blanchère (lycée Condorcet) utilisait en fumigation le tabac, le buis sec, l'if, le Datura stramonium, la belladone, la jusquiame et le pétunia contre les pucerons lanigères qui étaient inévitablement tués (mais les plantes aussi dans beaucoup de cas !.)

En décoction ces plantes peuvent être de redoutables insecticides.

Le tabac fut utilisé à partir du 17^{ème} Siècle comme insecticide contre les pucerons, la mouche blanche, la cicadelle, la mouche de la carotte et les thrips.

Des feuilles de tabac séchées puis broyées en adjonction à une solution de bentonite (argile en provenance de Basse Normandie et qui contient environ 50 % de montmorillonite, 15 à 20% d'illite et 5 à 10% de kaolinite. Cette argile est issue de la dégradation des tufs volcaniques à l'ère tertiaire) peut être pulvérisée sur les pommiers pour éloigner les pyrales de la pomme (cela reste un poison violent pour les insectes et particulièrement toxique pour les animaux.)

Principes actifs : La nicotine, alcaloïde synthétisé au niveau des racines puis migrant vers le feuillage (suc vacuolaire), elle se forme dès la germination de la plantule.

Plantation : Le tabac aime pousser sur un compost élaboré à partir de ses propres feuilles. Il a une préférence pour un pH de l'ordre de 6.

Il est préférable de le semer toujours au même endroit.

Quassia amara.

Contre l'Aphrore écumeux (Aphrophora spumaria), hémiptère de la famille des Lécadéllides. Nuisible aux fraisiers, oeillets, saules etc...

La larve sécrète une écume blanche destinée à protéger ses téguments mous.

Traitement : Infusion de Séné .En pulvérisation. : 15 gr / litres. 10 litres / hectare

Contre les pucerons et autre insectes : En décoction, 150 gr dans 10 litre d'eau, non dilué.

Le bois de quassia peut être utilisé plusieurs fois et l'infusion peut être préparée à l'avance.

Contre le puceron vert du pêcher : 1,5% dans de l'eau

Contre le puceron lanigère et punaises : eau : 9 litres 9 litres / hectare
savon blanc râpé : 170 gr
alcool à brûler 90 degrés : 1,5 l

(Faire dissoudre le savon dans l'eau puis ajouter l'alcool).

On peut aussi pratiquer une macération de 750 gr de bois de quassia par hectolitre d'eau additionnée de savon noir (celui-ci outre son effet insecticide est un synergisant pour le quassia).

Ne pas dépasser 0,6 gr / litre car le savon tache et attaque les feuilles des plantes qui sont brûlées.

De plus les solutions trop concentrées ont l'inconvénient de former à la surface des organes végétaux traités une espèce de vernis qui, bouchant les stomates, empêche les feuilles de respirer, ce qui peut expliquer les mauvais résultats de certains insecticides contenant trop de savon noir.

Les solutions de savon noir à 1,32 % tuent les feuilles.

La quassine est très peu soluble dans l'eau et l'alcool permet de solubiliser cette substance active.

Principes actifs: Substance extraite du bois amer du quassia (plante tropicale).

L'infusion de bois est un poison paralysant, moins fort que les pyréthrine, qui agit par contact et par ingestion sur les insectes.

Elle est inoffensive pour l'homme.

Tanacetum cinerariifolium. Asteraceae.

Pyrèthre.

Plante originaire d'Albanie et de l'ex Yougoslavie, cultivée en Europe pour ces fonctions insecticides.

Extrait de fleurs qui paralyse le système nerveux de tous les insectes sauf les abeilles provoquant ainsi l'effet "knock-down", (effet pouvant être réversible si la dose est faible.)

C'est un puissant ichtyocide. Sa rémanence dans le sol est de courte durée.

Absolument pas dangereux pour l'homme et les animaux domestiques ainsi que les abeilles.

Toxique pour les poissons!

Traiter le soir ou le matin tôt pour plus d'efficacité. (Les pyréthrine sont rapidement biodégradées par l'oxygène de l'air et les rayons du soleil.). Les fleurs de pyrèthre doivent être séchées sur des journaux dans un endroit bien aéré.

Par temps froid, rajouter 0,5 gr d'alcool.

Pour obtenir une poudre contenant les principes actifs des pétales de pyrèthres, il faudra récolter celles-ci entre le 5^{ème} jour et le 9^{ème} jour après le début de la floraison.

Les fleurs du centre contiennent plus de pyrèthrine que les fleurs du pourtour.

Dans de bonnes conditions, un plant peut donner de 80 à 100 fleurs.

10 kg de fleurs fraîches donnent de 2,50 à 3,3 kg de fleurs séchées.

La finesse du broyage des fleurs sèches influence l'efficacité du pyrèthre mais aussi sa longévité.

Les tiges peuvent être broyées avec les fleurs.

Les principes actifs sont décomposés presque immédiatement en milieu alcalin, d'où l'importance de la qualité de l'eau.

On peut conserver la teneur en principes actifs pour une durée de plus de six mois en gardant les fleurs broyées au froid (- 2°C et - 5°C)

Les fleurs séchées se conservent pour quelques mois dans un contenant hermétique. Les fleurs fraîches pendant 10 jours dans le même contenant.

Pour la préparation, on laisse tremper 20 gr de pyrèthre (fleurs sèches et broyées) dans dix litres d'eau tiède pendant trois heures et on pulvérise par la suite.

On l'utilise contre les **pucerons, les aleurodes, les acariens, la mouche du chou etc...**

On trouve des préparations dans le commerce qui peuvent être plus ou moins efficaces et voir dangereuses à long terme (pyrèthroïdes de synthèse) ou bien la substance naturelle ajoutée à du pipéronyl-butoxide (synergisant).

On peut l'utiliser contre le puceron lanigère en perfusion (15 ml pour une circonférence de 8 à 10 cm à 1 mètre du sol)

Exposition : Le pyrèthre aime la chaleur et la lumière même un peu tamisée.

Symphitum uplandicum .Borraginacées. Consoude de Russie.

Symphitum officinale. Consoude officinale.

Contre les **puçerons**, faire bouillir huit feuilles de consoude (hachées) pendant 20 minutes dans un litre d'eau de pluie.

Laisser refroidir et puis laisser reposer pendant 12 heures. Filtrer. 10 litres hectare. J'utilise un terpène pour "l'accroche" sur le feuillage.

URTICA dioica. Urticacées - Grande ortie.

Les biodynamistes utilisent également les tisanes d'ortie en traitement insecticide pour lutter contre les invasions **d'acariens jaunes et rouges**. (Christian paluenzela biodynamiste)

Infusion de feuilles sèches à raison de 200 gr pour 10 litres d'eau pour 5000 m².

A. Réaut, producteur de champagne biologique, obtient, avec ce traitement, un résultat remarquable : **97 % de mortalité des acariens (araignée rouge)**.

Comptage de contrôle effectué 3 jours après l'épandage.

Profitant de cette capacité à repousser les insectes ou à les tuer, l'ortie est utilisée dans le **traitement naturel des semences**.

Baignées dans des infusions ou des compost de plantes, les semences sont protégées et le début de leur croissance est stimulé.

Azadirachta indica - Neem

Le Neem est un insecticide végétal dont la matière active est l'azadirachtine, isolée à partir d'extraits des graines de l'arbre.

Le Nem est particulièrement efficace contre les principaux insectes défoliateurs.

En application tant foliaire que systémique (perfusion), le neem est efficace contre la mouche à scie, en particulier le Pamphile introduit du pin.

En laboratoire, l'extrait de graines de neem contenant l'azadirachtine a été très efficace contre les larves défoliatrices de 13 espèces de lépidoptères et de mouches à scie (hyménoptères). Les mouches à scie se sont révélées beaucoup plus sensibles que les lépidoptères.

Dans le cadre d'essais sur le terrain, des applications foliaires de neem effectuées à raison de 50 gr d'azadirachtine / ha à l'aide d'un pulvérisateur dorsal motorisé ou d'un pulvérisateur à air comprimé se sont révélées efficaces sur le pin contre le charançon du pin blanc, le Pamphile introduit du pin et le diprion importé du pin.

Appliqué sur l'épinette et le sapin à la dose de 100 gr / ha, le neem a fourni une protection acceptable contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Concentré émulsifiable en pulvérisation bas volume.

Les extraits de graines ont également des propriétés systémiques contre les mineuses et les défoliateurs forestiers lorsqu'ils sont inoculés dans le tronc des arbres (perfuseur).

Dans le cadre d'essais (les recherches se sont déroulées en laboratoire et sur le terrain, le potentiel du neem a été évalué dans des plantations de pins gris au nord de Sault Ste Marie (Ontario), sur des pins blancs près d'Owen Sound, Parry Sound, Paisley, Sault Ste Marie et Markdale (Ontario), dans des plantations de pins rouges près de Craighurst et Sprucedale (Ontario), dans des vergers à graines et des plantations d'épinettes blanches à Sioux Lookout, Dryden et Balsam Lake, dans des plantations de thuya occidental dans l'île Joseph (Ontario) et dans des peuplements de sapins baumiers près de Cmerbrook , à Terre – Neuve sur le terrain ciblant le Pamphile introduit du pin , l'inoculation dans le tronc de petits pins rouges, de formulations non diluées de concentrés émulsifiables à raison de 0,05 gr d'azadirachtine par arbre

a conféré une excellente protection aux aiguilles de l'année et aux vieilles aiguilles avant l'éclosion des oeufs.

L'inoculation dans le tronc de grands pins rouges 25-30 cm de diamètre (hauteur de poitrine) et 20 m de hauteur a également fourni une excellente protection.

Inoculée dans le tronc de grandes épinettes blanches à raison de 0,1-0,2 gr / cm de dhp (diamètre de hauteur de poitrine), l'azadirachtine a donné de bons résultats contre les chenilles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Utilisée à la dose de 0,1 gr / cm de dhp sur le thuya occidental, elle a réduit considérablement les effectifs de la mineuse du thuya.

Les applications de neem peuvent également être persistantes. La forte mortalité induite par l'inoculation d'une dose de 0,1 gr / cm de dhp dans le tronc de pins blancs de 20 cm de dhp s'est maintenue pendant au moins 77 jours chez le diprion importé du pin.

On peut utiliser le neem sur les arbres fruitiers (sauf le poirier Guillot, car il brûle) en pulvérisation.

On peut l'utiliser contre le puceron lanigère en perfusion (0,1-0,2 gr / cm de dhp).

Utilisation des composés soufrés

Effets contre les insectes

Le genre *Allium* (Alliacées) a une action insecticide, nématocide 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) *cytisus* (cytise).

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

Botrytis albi : toxique en perfusion.

Pucerons : en perfusion (Eric Petiot) 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.

Cerambyx cerdo : (le grand capricorne du chêne) en injection sous basse pression au monoxyde de carbone dilué dans du terpène de menthe solubilisé (société Natum) dans les trous en curatif.

En perfusion comme solution préventive ou quand l'infestation est moindre.

On peut réaliser les deux techniques en même temps sur de grands sujets.

Lucanus cervus : (le Lucane cerf -volant) en injection sous basse pression. On peut l'associer avec *Cinnamomum camphora* (le Camphrier) dilué dans du terpène de menthe solubilisé (Eric Petiot) dans les trous.

En perfusion comme solution préventive ou quand l'infestation est moindre.

On peut réaliser les deux techniques en même temps sur de grands sujets.

Cossus cossus : (le cossus gâte -bois) idem ci-dessus.

Coroebus fasciatus : (le bupreste du chêne vert) idem ci-dessus ou en perfusion

Varoa jacobsoni : Pour information, l'huile essentielle d'ail est très efficace contre ce parasite des abeilles. Il suffit de réaliser des languettes de tissus imprégnées d'huile essentielle d'ail.

Deux par ruches, disposées sur les cadres extérieurs du corps de ruche.

Cinq gouttes par languettes de tissus. Ne pas disposer dans le couvain.

Allium sativum - Ail et Pimenta dioica - Piment.

L'association des deux permet de lutter contre les chenilles en perfusion et les larves de longicornes en injection sous basse pression au monoxyde de carbone.

Très efficace par contact sur fourmis, pucerons. L'ail dans ce domaine serait le plus efficace comme insecticide. Agit bien sur Aphis pomi (puceron vert du pommier).

Le piment dilué dans l'alcool puis assimilé par des rameaux infestés de pucerons est efficace.

Utilisation des composés soufrés

Effets contre les bactéries

Allium sativum : en perfusion contre *erwinia amilorova* (Feu bactérien) et *Agrobacterium tumefasciens* en adjonction avec d'autres huiles essentielles.

LE QUASSIA ET SON ACTION INSECTICIDE

Sophie-Joy ONDET

GRAB- AGROPARC, BP 1222, F- 84911 AVIGNON Cedex 9

Le quassia, extrait de l'arbre tropical *Quassia amara* L, se révèle être un insecticide fort intéressant. Il est testé par le GRAB depuis 2001, sur certains ravageurs de nos vergers et les résultats obtenus montrent des efficacités très différentes selon l'insecte ciblé.

1/ Aspects réglementaires.

Le quassia extrait de *Quassia amara* L. est bien inscrit au cahier des charges européen de l'agriculture biologique (règlement CEE N° 2092/91). Aucun produit commercial n'est homologué en France. Par contre chez deux de nos pays voisins, on peut trouver des produits homologués pour usage insecticide en arboriculture et en maraîchage :

- en Suisse : Andermatt Biocontrol AG avec le produit « Quassan »
 - ◆ en arboriculture : autorisé sur fruits à pépins et sur prunier contre hoplocampes et pucerons avec un délai avant récolte de 3 semaines.
 - ◆ en maraîchage : contre pucerons avec un délai avant récolte de 7 jours en plein champ et de 3 jours sous abri.
 - ◆ sur plantes ornementales : contre pucerons
- en Allemagne : Trifolio-M GmbH avec le produit « quassia extract »

Il est à noter que ce dernier produit est extrait du *Quassia amara* L. mais aussi d'un arbre proche : le *Picrasma excelsa* Lindley (voir paragraphe 3).

Actuellement (octobre 2004, date de rédaction de ce document), une firme française et quatre autres firmes de pays d'Europe soutiennent la notification de la quassine (liste des matières actives notifiées au niveau de la Commission Européenne en Mars 2003). Cela signifie que seule cette firme (si elle continue dans cette voie en faisant une demande d'homologation de son produit) permettra d'avoir un produit homologué sur certaines cultures au niveau français.

2/ Les matières actives du quassia

Le quassia est cité pour avoir un effet insecticide mais aussi répulsif.

Les deux principales matières actives contenues dans le bois du *Quassia amara* L. sont la quassine et la néoquassine, accompagnées d'une multitude d'autres quassinoides.

La source d'une certaine confusion vient du fait que le nom commun de « quassine » ait été donné pour l'ensemble de ces quassinoides, regroupant donc la quassine et la néoquassine.

On parle en effet ici, non pas d'un produit phytosanitaire contenant une à deux matières actives chimiquement bien définies mais d'un produit issu d'une extraction d'une partie d'une plante (ici de copeaux de bois) à composition complexe : plusieurs matières actives de concentrations différentes et pouvant inter réagir entre elles !

La quassine est un neurotoxique agissant par contact ou ingestion.

La quassine issue de *Quassia amara* L. ou de *Picrasma excelsa* Lindley, est utilisée comme arôme dans l'alimentation humaine, pour donner de l'amertume (la quassine peut donner 50 fois plus d'amertume que la quinine). Elle figure dans la liste de l'annexe II de la directive 88/388/CEE. Les concentrations maximales autorisées selon cette directive européenne sont :

- 5 mg de quassine / kg dans les aliments et les boissons
- 50 mg de quassine / kg dans les boissons alcoolisées
- 10 mg de quassine / kg dans les pastilles

3/ La quassine extraite de *Quassia amara* L. et non pas de *Picrasma excelsa* Lindley

Ces deux arbres font partis de la même famille botanique : les Simaroubacées. L'un est appelé Quassia du Surinam, c'est le *Quassia amara* L. et l'autre est nommé Quassia de Jamaïque, c'est le *Picrasma excelsa* Lindley.

La matière active principale extraite de *Picrasma excelsa* Lindley est la picrasmine, qui est de la famille des quassinoïdes et qui est regroupée sous le nom commun de quassine, d'où les confusions éventuelles auxquelles il faut prendre garde.

4/ L'action insecticide du quassia testée au GRAB

L'effet insecticide de la quassine a été testé sur Hopocampe du pommier (*Hoplocampa testudinea*) en 2001, sur Hopocampe du prunier (*Hoplocampa minuta*) en 2002, sur la Cécidomyie de l'abricotier (*Contarinia pruniflorum*) pendant deux ans et enfin sur *Metcalfa pruinosa* ces deux dernières années.

4.1/ Une décoction de bois de quassia, souvent plus efficace que le produit commercial à base de quassia – tests sur Hoplocampe du pommier et Cécidomyie de l'abricotier.

Dans ces essais, la décoction de bois de quassia se prépare au moins la veille du traitement.

Pour traiter un hectare, on fait préalablement tremper 20 à 30kg de copeaux de bois de quassia dans de l'eau pendant 24h, que l'on fait bouillir ensuite pendant une heure. Les copeaux peuvent être récupérés et remis dans de l'eau que l'on fait de nouveau bouillir pendant une heure. Les deux extractions sont mélangées et sont utilisées pour traiter un hectare de verger (mouillage 1000 l/ha).

◆ test sur Hoplocampe du pommier (*Hoplocampa testudinea*)

En 2001, une décoction de quassia préparée à partir de 30kg de copeaux d'écorce de quassia pour un hectare, a été comparée aux produits commerciaux : « quassan » et « quassia extract » et à un témoin. L'insecte (Hoplocampe du pommier) provoque d'importants dégâts sous sa forme larvaire en creusant des galeries sous l'épiderme du fruit avant de pénétrer plus en profondeur dans la partie charnue. Une même larve peut ressortir du premier fruit et aller s'attaquer à d'autres fruits (jusqu'à 4-5 fruits) avant de se laisser tomber au sol, s'y enfouir sous 5 à 10 cm de terre, se nymphosier et y passer 9 à 21 mois.

Les traitements ont été réalisés deux fois sur RubINETTE/M9 : le premier 2 à 3 jours avant le début des éclosions (stade G : premières chutes des pétales) et le second 15 jours après.

D'après les résultats obtenus, la décoction de quassia a permis de diminuer de façon significative d'un point de vue statistique les attaques sur fruits avec une efficacité atteignant 86%.

Tableau 1 : Efficacités données par rapport au témoin

Modalité	% de fruits atteints	Efficacité / témoin
Témoin	39,5 %	
« Quassan »	11,5 %	71%
« quassia extract »	16%	59%
Décoction de quassia (30kg/ha)	5,6%	86%

En 2002, l'essai a porté sur la comparaison d'un témoin à une pulvérisation sur prunier d'une décoction de bois de quassia (de concentration un peu plus faible qu'en 2001 : 20 kg/ha), sur Hoplocampe du prunier (*Hoplocampa minuta*) Le traitement a été réalisé à la fin de la chute des pétales, période de sortie des larves.

Une importante chute prématurée de fruits n'a permis d'effectuer qu'un seul comptage. Celui-ci a permis de montrer une relative diminution des dégâts, puisque l'on passe de 13,5% de fruits piqués sur les témoins à moins de 4% sur les arbres traités avec la décoction. L'efficacité obtenue,

atteint 71% sans pour cela que l'analyse statistique puisse montrer une différence significative (seuil de 5%) entre les deux modalités comparées.

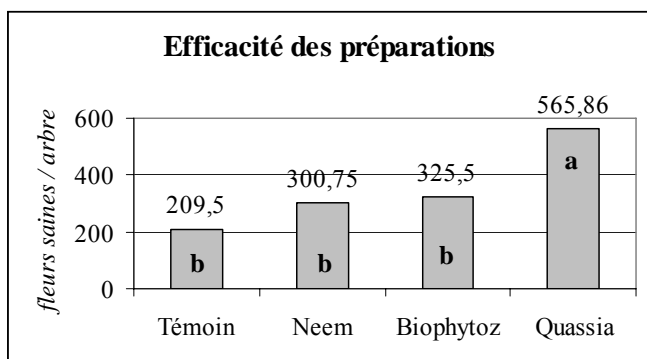
◆ **tests sur la Cécidomyie de l'abricotier (*Contarinia pruniflorum*)**

En 2002, plusieurs insecticides ont été comparés sur abricotier (Orangé de Provence / Myrobolan) pour diminuer les attaques de larves apparaissant peu avant la floraison et empêchant l'éclosion des fleurs (grignotage des pièces florales).

Les trois insecticides comparés à un témoin non traité sont :

- biophytoz (3l/ha) + huile blanche (10l/ha)
- neem (3l/ha) + huile blanche (10l/ha)
- décoction d'écorce de quassia (25kg/ha) + huile blanche (10l/ha)

Le traitement a été réalisé au stade pointe rouge qui correspond à la fin du vol des adultes, juste après la ponte afin d'atteindre les jeunes larves.

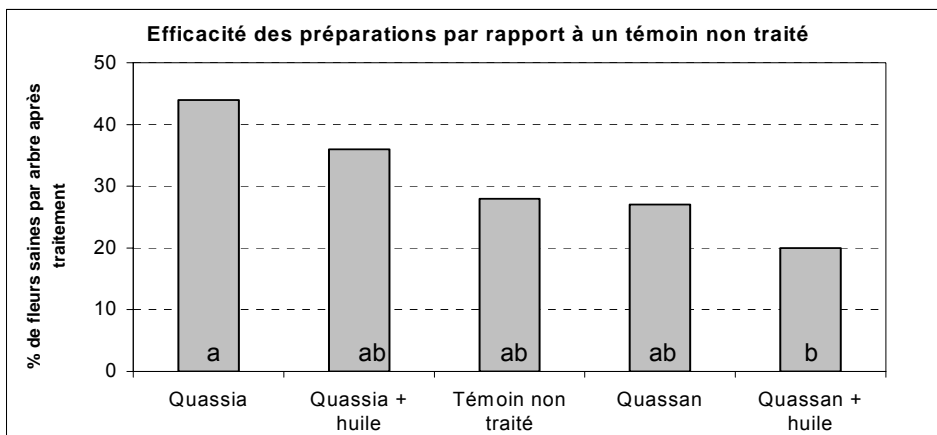


Au niveau de l'analyse statistique, seul le traitement à base de quassia a obtenu des résultats significativement différents du témoin ; l'efficacité de ce traitement atteint ici plus de 60%.

En 2003, le test d'efficacité de produits à base de quassia pour lutter contre la Cécidomyie de l'abricotier, a porté sur une comparaison du produit « quassan » et d'une décoction à base de quassia avec ou sans ajout d'huile.

Comparaison de :

- « quassan » seul (0,4%)
- « quassan » (0,4%) + huile (10 l/ha)
- décoction de quassia (25kg/ha)
- décoction de quassia (25kg/ha) + huile (10 l/ha)
- témoin



La décoction réalisée à partir de copeaux de quassia permet de réduire de façon significative d'un point de vue statistique les dégâts causés par la Cécidomyie : diminution des attaques de 22% par rapport au témoin. L'ajout d'huile n'améliore pas l'effet insecticide vis à vis de ce ravageur.

4.2/ Insecticide non efficace sur *Metcalfa pruinosa*

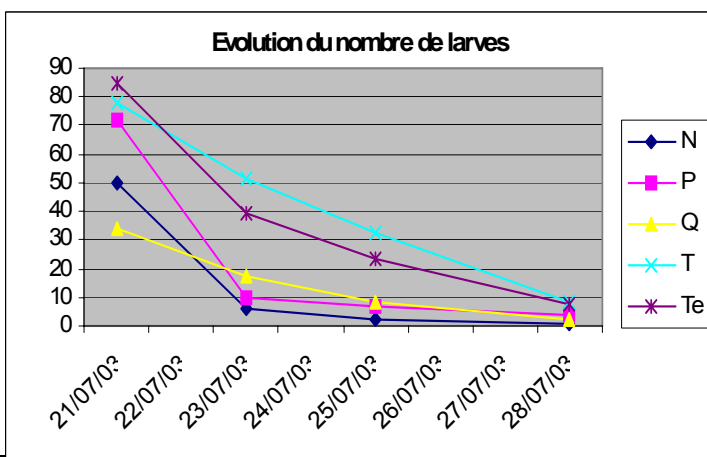
La recherche en agriculture biologique d'insecticides devient de plus en plus pressante en Corse contre *Metcalfa pruinosa*. Ce ravageur piqueur suceur provoque d'importants dégâts sur un panel très large d'espèces cultivées. Il rejète en effet du miellat sur feuilles et fruits, sur lequel se développe de la fumagine : un ensemble de champignons gênant la photosynthèse, provoquant alors des déformations de fruits et dépréciant les fruits par ces taches de champignon noir au niveau de l'épiderme.

Différents insecticides sont testés depuis 2003 au GRAB.

En 2003, les insecticides comparés à un témoin sec (T) et un témoin traité à l'eau (Te) sont :

- N : « Neem Azal » (10 l/ha)
- Q : décoction du bois de quassia (20kg/ha)
- P : pyrèthre « Piretro Verde » (2 l/ha)

Traitement fait le 21/07/03

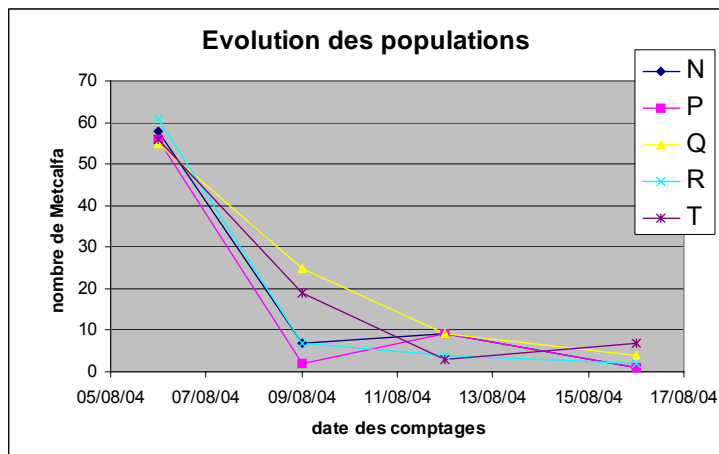


Aucune différence statistique n'apparaît entre les différents traitements comparés, à J+2, J+4 et J+7. L'effet insecticide de la décoction de quassia semble ici moins prononcée que les traitements au neem ou au pyrèthre.

En 2004, les insecticides comparés au témoin sec (T) sont :

- N : « Neem Azal » (10 l/ha)
- Q : décoction du bois de quassia (25 kg/ha)
- P : pyrèthre « Piretro Verde » (2 l/ha)
- R : Roténone « Roténobiol » (3 l/ha)

Traitement fait le 06/08/04



L'effet insecticide de la décoction de bois de quassia n'est pas efficace contre *Metcalfa pruinosa*. Le pyrèthre donne les meilleurs résultats d'efficacité insecticide suivi de près par la roténone et le neem.

EFFETS DE LA REDUCTION DE L'INOCULUM D'AUTOMNE SUR LE DEVELOPPEMENT DES EPIDEMIES DE TAVELURE EN VERGER DE POMMIERS BIOLOGIQUES

C. GOMEZ¹, L. BRUN², D. CHAUFFOUR², D. DE LE VALLEE², E. DUMONT²

¹GRAB, Domaine de Gotheron, 26320 Saint-Marcel-lès-Valence, France

²INRA-UERI, Domaine de Gotheron, 26320 Saint-Marcel-lès-Valence, France

Résumé

La tavelure est certainement la maladie la plus redoutée dans les vergers de pommiers biologiques. Pour limiter les contaminations primaires au printemps, il est possible de réduire l'inoculum primaire en éliminant les feuilles mortes tombées au sol à l'automne. La destruction de ce matériel végétal apparaît, en toute logique, comme une des clés de la réussite de la protection contre la tavelure. Pour tester cette hypothèse, un essai dans un verger commercial biologique de la Drôme a été réalisé pendant 2 années. Le retrait des feuilles de l'inter-rang, complété par l'enfouissement des feuilles sur le rang, a permis de limiter fortement le développement des épidémies de tavelure au printemps suivant.

Mots-Clés : Verger, agriculture biologique, tavelure, prophylaxie, inoculum.

Introduction

La tavelure est une maladie qui peut être redoutable en verger de pommier. Elle se manifeste par l'apparition de taches sur les feuilles et les fruits, ce qui peut provoquer des pertes considérables en dépréciant la récolte, notamment en verger de pommier biologique (Chovelon et al., 2002). De plus, de fortes attaques affaiblissent les arbres et favorisent l'alternance dans le verger l'année suivante (MacHardy, 1996). L'agent pathogène responsable de la maladie, *Venturia inaequalis*, est un ascomycète présentant chaque année plusieurs générations asexuées sur l'arbre (phase parasitaire) et une génération sexuée (phase saprophytique). Cette dernière phase débute à l'automne avec la sénescence des feuilles lorsque le mycélium pénètre dans le mésophylle de la feuille, où il effectue sa reproduction sexuée. Celle-ci aboutit à la formation de pseudothèces dans lesquels se forment les ascospores. La maturité de ces dernières s'étale, en France, de mars à juin, contrôlée principalement par l'humidité et la température extérieure. Lorsque les conditions environnementales sont favorables, les ascospores sont projetées hors des pseudothèces, et transportées par le vent et la pluie vers les arbres en végétation. Elles peuvent alors germer et contaminer les feuilles et les fruits (contaminations primaires), puis amorcer une nouvelle phase parasitaire en produisant, au niveau des taches, les conidies responsables des contaminations secondaires.

Durant la saison hivernale, la tavelure se conserve principalement sur les feuilles mortes au sol, et celles-ci constituent la source de l'inoculum primaire, responsable des contaminations au printemps suivant. Les recherches sur les moyens de destruction de cet inoculum ont abouti à l'élaboration de méthodes destinées aux arboriculteurs. Plusieurs approches peuvent être envisagées :

- L'utilisation d'urée, à l'automne, accélère la décomposition des feuilles (Sutton et al, 2000). Elle peut être appliquée soit directement sur les feuilles encore présentes sur l'arbre, soit sur les feuilles tombées au sol et en cours de dégradation. Cependant, l'urée n'est pas autorisée en agriculture biologique (Annexe II, R CEE/2092/91).
- Le broyage de la litière est également conseillé car il accélère sa décomposition (Sutton et al, 2000).

- Le ramassage des feuilles tombées au sol dans le verger présente également un effet positif sur la réduction des contaminations primaires (Longpré, communications personnelles); il fait actuellement l'objet d'essais en France.

Tous ces essais sont basés sur le retrait ou le broyage des feuilles situées sur l'inter-rang. La difficulté de ces méthodes est d'amener les feuilles du rang sur l'inter-rang afin de les retirer ou les broyer. Or, les feuilles tombées sur le rang représentent la majorité des feuilles au sol et leur élimination devrait permettre un effet bénéfique supplémentaire sur la réduction de l'inoculum. Les essais réalisés sur cette problématique ont été effectués sur des parcelles non biologiques où le désherbage par le travail du sol n'est pas une pratique utilisée, alors que les producteurs biologiques pratiquent fréquemment le buttage, à l'aide d'outils comme les décavaillonneuses à disques. L'objectif de notre étude est donc d'évaluer l'influence combinée du retrait des feuilles situées sur l'inter-rang et de l'enfouissement par buttage des feuilles laissées sur le rang, sur la réduction de l'inoculum primaire et le développement des épidémies de tavelure.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai est réalisé dans un verger commercial biologique d'une superficie de 2,5 hectares, situé sur la commune de Loriol (Drôme, France). Il est constitué de 26 rangs de 50 à 70 arbres, où alternent 2 cultivars de pommiers « moyennements à très sensibles à la tavelure » : Smoothie et Fuji. Plantés en 1994 sur porte-greffe Pajam à une distance de 2m sur le rang et 4m entre les rangs, les arbres sont palissés et conduits en agriculture biologique. L'inter-rang est enherbé, et la rang est désherbé mécaniquement.

Le verger est divisé en 3 blocs de 6 rangs (cultivar Smoothie sur les 4 rangs intérieurs et Fuji sur les 2 rangs extérieurs) de 140 m de long environ. Deux rangs "tampons" séparent les blocs entre eux. Un seul facteur est étudié : la destruction de l'inoculum d'automne par retrait et buttage des feuilles tombées au sol à l'automne. Chaque bloc comprend 2 modalités.

- Une modalité « témoin » (zone de 50m de long soit 1200m²) où les feuilles de l'inter-rang ne sont ni retirées ni broyées et le rang n'est pas travaillé de la chute des feuilles (fin octobre) jusqu'à la fin du mois de mai de l'année suivante. Les observations sont effectuées sur les parcelles élémentaires "témoin", d'une longueur de 32m, disposées pour chaque bloc au milieu de la zone témoin.
- Une modalité « balayée-buttée » (zone de 90m de long environ) où les feuilles sont retirées des inter-rangs les 28-29/01/03 pour la première année d'essai et les 17-18/12/03 pour la seconde année d'essai, à l'aide d'une balayeuse à gazon Wiedenmann ® modèle RK 120 Z, d'une largeur de travail de 120cm, attelée à l'arrière d'un tracteur. A l'avant, un satellite (brosse rotative) permet de ramener sur le rang les feuilles situées en bordure de la zone enherbée. Pour retirer le plus de feuilles possible, un aller-retour, au minimum, est nécessaire. Les feuilles sont ensuite compostées à l'extérieur de la parcelle. Les feuilles restant sur le rang sont enfouies par buttage le 21/02/03 pour la première année d'essai et le 22/12/03 pour la seconde année d'essai, à l'aide d'une décavaillonneuse à disques. Les observations sont effectuées sur les parcelles élémentaires « balayées-buttées », situées pour chaque bloc au milieu de la zone « balayée-buttée » et le plus loin possible de la zone « témoin », afin d'avoir une zone tampon de 20m au minimum entre les 2 zones.

La protection tavelure est identique dans les 2 modalités : cuivre avant fleur puis soufre après fleur.

Calculs des risques de contamination tavelure

A partir des données climatiques enregistrées par une station agro-météorologique "Pulsonic®" située à 2 km du verger, les niveaux des risques de contamination par la tavelure sont calculés en prenant en considération les propositions d'Olivier et al. (1983) concernant les périodes sèches intercalaires entre deux périodes humectées. Les durées d'incubation sur feuilles, associées à chaque risque, sont déterminées selon les propositions de Calmégane (Dionnet, 1982). Ainsi, les notations ont été réalisées sur feuilles en fonction des risques de contamination et des dates estimées de sortie de taches. Sur fruits, les contrôles ont été effectués à la récolte.

Notation de la tavelure sur pommiers

La tavelure a été notée sur seize arbres des 2 rangs centraux de chaque parcelle élémentaire:

- Observation de 2 pousses par arbre, soit 32 pousses par parcelle élémentaire. Pour chaque pousse, le nombre de feuilles tavelées, le nombre de taches par feuille tavelée et le nombre total de feuilles de la pousse ont été comptabilisés.
- Observation de 20 fruits par arbre, soit 320 fruits par parcelle élémentaire. Le nombre de fruits tavelés et le nombre de taches par fruit tavelé ont été notés.

Observation de la projection des ascospores au verger

En 2004, 2 capteurs de spores (Burkard 7-day recording volumetric spore traps ; Burkard Manufacturing Co. Ltd., Rickmansworth Hertfordshire, England) ont été installés du 15 mars au 10 mai dans le bloc 2 (i.e. le bloc central) du verger, un capteur sur un rang de pommier au centre de chacune des 2 parcelles élémentaires. Le nombre journalier d'ascospores capturées dans ces appareils a ainsi été déterminé pour chacune des 2 modalités du bloc 2.

Notation du gradient de tavelure en fonction de la distance au témoin

Une notation a été effectuée le 19 mai 2003 avec pour but d'évaluer l'impact des contaminations de la zone « témoin » vers la zone « balayée-butée ». Les observations ont été effectuées dans les deux rangs centraux des blocs 2 et 3 dont les zones témoin sont à orientations opposées. Pour chaque rang, 40 arbres répartis sur toute la longueur ont été observés, avec notation pour chacun de la distance le séparant de la limite entre zone « témoin » et zone « effeuillée » (que l'on nommera « arbre 0 »). Dix pousses par arbre ont été observées, avec notation du nombre de taches par pousse. Pour une présentation plus rapidement lisible des résultats, la moyenne du nombre de tache par arbre a été lissée en calculant la moyenne des valeurs des arbres situés à une distance maximale de 8 mètres de part et d'autre de l'arbre considéré (moyenne mobile).

Analyse des données

Des analyses de variance ont été réalisées sur les variables suivantes :

- L'incidence de la tavelure sur feuille (resp. fruits), i.e. le nombre de feuilles (resp. fruits) tavelées sur le nombre de feuilles (resp. fruits) observées.
- Le nombre de taches sporulantes de tavelure par pousse (ou la sévérité sur pousse).
- Le nombre de taches de tavelure pour les 20 fruits observés d'un arbre (ou la sévérité sur fruits).

Après l'analyse de variance, un test de comparaison des moyennes (Newman-Keuls) a été réalisé.

Résultats

Développement de la tavelure au verger

Du stade C-C3 (début de réceptivité des feuilles à la tavelure) jusqu'à la récolte, 10 risques de contamination ont été enregistrés en 2003 (tableau I) et 16 risques de contamination en 2004 (tableau II).

Tableau I : Contamination tavelure et dates estimées de sorties de taches sur feuilles en 2003.

Date de contamination (début du risque)	Niveau de risque de contamination	Sortie des taches estimée sur feuilles
19/04/03	Moyenne	02/05/03
26/04/03	Moyenne	11/05/03
30/04/03	Légère	14/05/03
25/05/03	Légère	03/06/03
29/05/03	Moyenne	09/06/03
15/06/03	Moyenne	24/06/03
22/07/03	Légère	31/07/03
27/07/03	Moyenne	06/08/03
20/08/03	Légère	01/09/03
28/08/03	Moyenne	11/09/03

Tableau II : Contamination tavelure et dates estimées de sorties de taches sur feuilles en 2004.

Date de contamination (début du risque)	Niveau de risque de contamination	Sortie des taches estimée sur feuilles
09/04/04	Légère	24/04/04
15/04/04	Grave	28/04/04
29/04/04	Grave	13/05/04
02/05/04	Grave	14/05/04
05/05/04	Légère	16/05/04
21/05/04	Légère	30/05/04
30/05/04	Moyenne	07/06/04
11/06/04	Grave	19/06/04
05/07/04	Angers	13/07/04
04/08/04	Légère	11/08/04
05/08/04	Moyenne	12/08/04
10/08/04	Moyenne	17/08/04
17/08/04	Moyenne	25/08/04
19/08/04	Moyenne	27/08/04
23/08/04	Grave	31/08/04
29/08/04	Grave	05/09/04

L'incidence et la sévérité sur feuilles de pousses en juin 2003 et 2004 (tableau III) ainsi que l'incidence et la sévérité sur fruits à la récolte en 2003 et 2004 (tableau IV) sont nettement plus faibles dans les zones « balayées-butées » que dans les zones « témoins » (différences significatives pour un risque d'erreur de 5%).

Tableau III : Incidence et sévérité sur feuilles de pousses en juin 2003 et 2004.

	11/06/2003		10/06/2004	
	Témoin	Balayée-Buttée	Témoin	Balayée-Buttée
Incidence sur feuilles	0.23	0.07	0.47	0.28
Sévérité sur feuilles (nombre de taches/pousse)	10.8	3.6	79	31

Tableau IV : Incidence et sévérité sur fruits à la récolte en 2003 et 2004.

	12/09/2003		15/09/2004	
	Témoin	Balayée-Buttée	Témoin	Balayée-Buttée
Incidence sur fruits	0.04	0.007	0.66	0.30
Sévérité sur fruits (nombre de taches/20 fruits)	15	4	62	20

En 2003, à la mi juin, les résultats montrent la présence de 7% de feuilles tavelées dans la partie balayée-buttée contre 23% dans le témoin. L'enfouissement et le retrait des feuilles permettent donc de réduire l'incidence sur feuilles de 69%. En juin 2004, on observe 28% de feuilles tavelées dans la partie balayée-buttée et 47% dans le témoin ; la réduction des dégâts de tavelure sur feuilles est alors de 41%. Une réduction du nombre de taches par pousse d'environ 67% (resp. 61%) dans la partie « balayée-buttée » par rapport à la zone « témoin » est observée en juin 2003 (resp. juin 2004).

Les observations sur fruits à la récolte 2003 montrent la présence de 0.7% de fruits tavelés dans la partie balayée-buttée contre 4% dans le témoin. La réduction de l'incidence sur fruits est alors de 82%. A la récolte 2004, on observe 30% de fruits tavelés dans la partie balayée-buttée contre 66% dans le témoin. La réduction de l'incidence sur fruits est alors de 54%. Concernant la sévérité d'attaque de tavelure sur fruits, les résultats montrent une réduction du nombre de taches sur fruits de 74% dans la partie balayée-buttée à la récolte 2003 et de 68% à la récolte 2004.

Projection des ascospores

Les premières ascospores ont été observées dans les capteurs disposés au verger à partir du 31 mars 2004. Six pics importants de projection ont été observés les 02 avril, 06 avril, 9 avril, 10 avril, 15 avril et 18 avril. A partir du début mai, très peu d'ascospores ont été observées dans les capteurs. Le nombre d'ascospores captées dans la modalité « balayée-buttée » est fortement réduit par rapport à la modalité « témoin ». Du 15 mars au 10 mai 2004, un cumul de 24 452 ascospores (resp. 1288) ont été captées dans la zone «témoin » (resp. « balayée-buttée »). Ceci représente une réduction du nombre d'ascospores de 94.7% dans la zone « balayée-buttée » par rapport à la zone « témoin ».

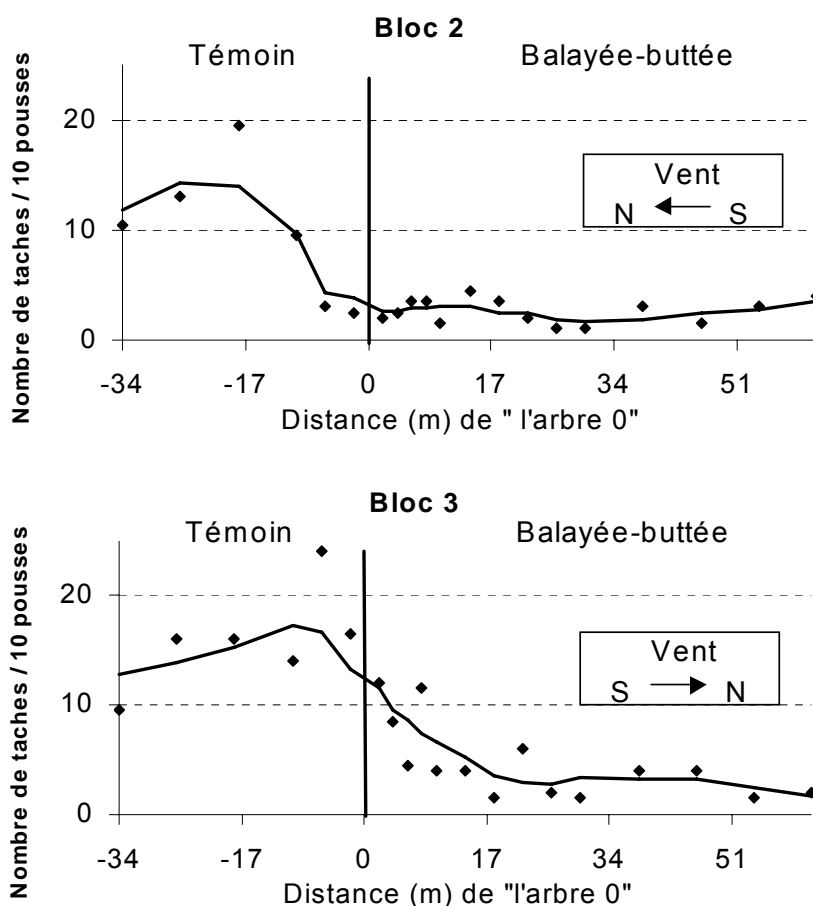
Evaluation de la dispersion de l'inoculum de tavelure à partir de la zone « témoin »

Le 19 mai 2003, les taches observées sur feuilles dans le verger proviennent des contaminations du 19, 26 et 30 avril (tableau I). Le 30 avril 2003, aucune tache n'étant observée dans le verger, les lésions notées le 19 mai sont donc essentiellement dues à des contaminations par ascospores.

Dans les 2 blocs, environ 15 taches par arbre (i. e. pour 10 pousses) sont observées dans la zone témoin. Ce nombre de taches diminue lorsqu'on s'éloigne de la zone témoin vers la zone balayée-buttée pour atteindre des niveaux inférieurs à 5 taches par arbre (figure 1). Ces valeurs inférieures à 5 taches sont observées pour les arbres situés à plus de 20 mètres de la zone « témoin » dans le bloc 3, mais dès le premier arbre de la zone « balayée-buttée » pour le bloc 2 (figure 1). Lors

des 3 risques de contamination des 19, 26 et 30 avril, le vent était orienté de secteur sud. Comme dans le bloc 3, les contaminations se sont étendues vers la zone « balayée-buttée » située au nord de la zone « témoin », on peut donc penser que c'est ce vent de secteur sud qui a dispersé les ascospores depuis la zone « témoin » vers la zone « balayée-buttée ». Dans le cas du bloc 2, à l'inverse, les ascospores ont été maintenues dans la zone « témoin » située au nord de la zone « balayée-buttée ».

Figure 1 : Gradient de dispersion des spores au 19/05/03.



Discussion

Intérêts de l'enfouissement et du retrait des feuilles au verger

Les résultats montrent que l'enfouissement et le retrait des feuilles permettent de réduire les dégâts de tavelure sur feuilles et sur fruits, que ce soit une année peu favorable au développement de la tavelure (2003) ou plus favorable (2004).

Malgré un retrait tardif et partiel des feuilles l'hiver 2002-2003 (dû à l'enherbement et à plusieurs chutes de neige ayant collé les feuilles au sol), une réduction de 82% de l'incidence sur fruits à la récolte a été observée. Pour la seconde année d'essai, le balayage a été effectué mi décembre 2003, juste après la chute des feuilles, suivi immédiatement d'un buttage, de manière à obtenir une réduction encore plus importante de l'inoculum primaire. Cependant, nous avons observé, en février 2004, que le vent avait ramené de nombreuses feuilles au sol des zones « témoins » vers les zones « balayées-buttées ». Ce biais est dû au dispositif expérimental qui nécessite la présence de témoins pouvant alors être source de contamination de la modalité d'étude « balayée-buttée », ceci malgré la grande taille de nos parcelles élémentaires. C'est un phénomène souvent rencontré dans les dispositifs expérimentaux en phytopathologie. Nous pouvons donc supposer que si la réduction de l'inoculum d'automne avait été réalisée sur l'intégralité de la parcelle, l'efficacité de la méthode aurait été supérieure à celle que nous avons observé puisque le phénomène de contamination par les feuilles au sol à partir de la zone témoin n'aurait pas eu lieu.

En 2004, les 2 capteurs de spores placés sur le rang au niveau du bloc 2 ont mis en évidence une réduction importante du nombre d'ascospores piégées dans la zone « balayée-buttée » tout au long de la saison (environ 95%). Cette réduction du nombre d'ascospores est largement supérieure à la réduction du nombre de taches par pousse observée en juin 2004 (environ 61%), alors que l'on aurait pu s'attendre à des résultats comparables puisque l'on a émis l'hypothèse que l'inoculum de tavelure ayant passé l'hiver dans le verger n'était représenté que par des ascospores présents dans les feuilles mortes au sol. En fait, des travaux récents ont démontré que dans des vergers très tavelés, des conidies présentes à l'intérieur des bourgeons, pouvaient survivre l'hiver et être responsables de contaminations au printemps suivant (Holb *et al.*, 2004). Ce mode de conservation sous forme conidienne pourrait expliquer les différences observées en 2004 entre la réduction du nombre d'ascospores et la réduction du nombre de contaminations.

Les résultats de dispersion des ascospores, obtenus dans notre essai en 2003 à partir des capteurs de spores, mettent en évidence des distances de dispersion des ascospores de l'ordre de 20 m. Ces résultats montrent que la dispersion des ascospores dans l'espace s'effectue d'un point de vue quantitatif sur de faibles distances. Ainsi, l'inoculum éventuellement présent dans des vergers voisins ne devrait pas remettre en cause l'intérêt de ces techniques de buttage et ramassage des feuilles à l'automne.

Faisabilité de la méthode par les arboriculteurs

Le retrait des feuilles suppose l'utilisation d'une machine adaptée. Si des prototypes destinés aux exploitations agricoles sont à l'étude, ils ne sont pour l'instant pas commercialisés. Les seules machines disponibles sur le marché sont les balayeuses destinées aux espaces verts dont le prix est relativement élevé. Cependant, on peut espérer que des prototypes pour vergers soient développés et vendus dans les années à venir.

Le broyage, autre méthode de destruction mécanique de l'inoculum est, dans l'immédiat, plus facile à mettre en place puisque de nombreux exploitants utilisent un broyeur pour détruire les bois de taille ou limiter la croissance de l'enherbement. Les essais cités plus haut ont montré qu'un broyage soigné des feuilles, effectué suffisamment tôt, permettait de réduire les dégâts de tavelure de façon importante et on peut donc le préconiser aux exploitants.

Le buttage des feuilles sur le rang permet de compléter l'opération effectuée sur l'inter-rang. On ne dispose d'aucune donnée sur d'éventuels autres essais ayant utilisé cette méthode. Cette méthode d'enfouissement des feuilles par buttage peut être préconisée pour les exploitations biologiques, car de nombreux producteurs disposent déjà, pour le désherbage, d'une décauillonneuse à disques. Un buttage effectué après la chute des feuilles permettrait à la fois de détruire les dernières adventices et d'enfouir les feuilles situées sur le rang, qui ne peuvent être broyées.

Remerciements

Nous remercions le « GAEC Fauriel » (Loriol, Drôme) qui a mis à disposition le verger et a participé à la mise en œuvre du dispositif expérimental, ainsi que Joël Fauriel pour sa contribution à la mise en place de cette expérimentation.

Bibliographie

CHOVELON M., CORROYER N., FAURIEL J., LIBOUREL G., ROMET L., WARLOP F., PETIT J.L., 2002 - Produire des fruits en agriculture biologique. ITAB/GRAB, ITAB, Paris, 255-258.

DIONNET J.M., 1982 - Contribution à l'élaboration d'une lutte raisonnée contre la tavelure du pommier. Mémoire d'ingénieur, Ecole Nationale d'Ingénieurs des Techniques Agricoles d'Angers, France.

HOLB I.J., HEIJNE B., JEGER M.J., 2004 - Overwintering of Conidia of *Venturia inaequalis* and the contribution to early epidemics of apple scab. *Plant disease*, n°88, 751-757.

MACHARDY W.E., 1996 - Apple scab. Biology, epidemiology, and management. The American Phytopathological Society, St. Paul.

OLIVIER J.M., LAMBERT C., LEFEUVRE M., 1983 - Application du thermohumectographe KIT-INRA, étude des risques de tavelure du pommier à l'échelle du Maine-et-Loire (France). *Bulletin O.E.P.P.*, n°13, 47-56.

SUTTON D. K., MACHARDY W.E, LORD W.G., 2000 - Effects of shredding or treating apple leaf litter with urea on ascospore dose of *Venturia inaequalis* and disease buildup. *Plant disease*, n°84, 1319-1326.

LES ARGILES KAOLINITES DU BASSIN DES CHARENTES

E. Degorge, D. Moreau,

AGS Minéraux – 17270 CLERAC

L'ARGICAL « PROTECT » EST UNE ARGILE NATURELLE DU BASSIN DES CHARENTES CONTENANT PLUS DE 90 % DE KAOLINITE. CALCINÉE A LA TEMPÉRATURE DE 1000°C ELLE PRÉSENTE DES PROPRIÉTÉS INTÉRESSANTES DANS DIVERSES APPLICATIONS LIÉES A LA CULTURE. L'ARGICAL PROTECT EST UN ADDITIF TECHNOLOGIQUE. SA STRUCTURE LAMELLAIRE LUI CONFÈRE DES PROPRIÉTÉS ENROBANTES ET ADSORBANTES PERMETTANT UNE BONNE RÉSISTANCE AU LESSIVAGE. LA BLANCHEUR OBTENUE APRES CALCINATION APPORTE UNE BONNE RÉSISTANCE AUX ULTRA VIOLETS. ENFIN S'AGISSANT D'UN SILICATE D'ALUMINE ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), L'ARGICAL PROTECT EST UNE KAOLINITE REFRACTAIRE RÉSISTANTE A LA CHALEUR ET AU FROID CRÉANT AINSI UNE BARRIÈRE DE PROTECTION. PRÉCONISÉE DE 60 A 80 KG L'HECTARE EN PLUSIEURS APPLICATIONS IL EST CONSEILLÉ D'UTILISER UNE POMPE A MEMBRANE. EN SOLUTION ENTRE 60 ET 80 GRAMMES /LITRES DANS DE L'EAU ELLE EST COMPATIBLE AVEC D'AUTRES ÉLÉMENTS (Cu SO₄, TISANE DE PRESLE etc...).

LUTTE AUTOMNALE CONTRE LE PUCERON CENDRE DU POMMIER : EFFICACITE DE L'ARGILE KAOLINITE

L. ROMET.

GRAB- AGROPARC, BP 1222, F- 84911 AVIGNON Cedex 9

Résumé : Depuis 1997, le GRAB teste une nouvelle approche dans la maîtrise du puceron cendré du pommier (*Dysaphis plantaginea*) consiste à perturber les pucerons ailés quand ils reviennent sur les feuilles des pommiers pour pondre des œufs. Dans un premier temps nous avons testés une stratégie de défoliation totale de l'arbre, pour passer depuis 2002 à des essais de produits répulsifs. L'efficacité de deux applications d'argile kaolinite calcinée a été testée contre le puceron cendré dans des essais de terrain réalisés en 2002 et 2003.

Dans ces deux essais (2002 et 2003), les argiles kaolinite calcinées Surround® WP et Argical protect® sont d'une meilleure efficacité que l'argile kaolinite crue Argirec® B24. deux applications répétées d'argile kaolinite calcinée à l'automne réduisent significativement le nombre de foyers de fondatrices de *D. plantaginea* du printemps.

Ces résultats montrent que des traitements à l'automne à base d'argile kaolinite calcinée contre les individus gynopare de *D. plantaginea* sont une alternative intéressante aux traitements classique de printemps.

Cet article fait le point sur les recherches du GRAB dans le domaine de la stratégie de lutte automnale contre les pucerons dioéciques, avec comme objectif prioritaire le puceron cendré du pommier

La lecture des travaux de BONNEMAISON, 1972 mettant en évidence l'influence de la pluviométrie et de la chute des feuilles en automne sur les populations de femelles de puceron cendré, ainsi que ceux de WYSS et al. 1995 sur l'influence des populations d'araignées à l'automne sur les populations de *Dysaphis*, a conduit le GRAB à travailler dès 1997 sur un moyen de lutte visant à perturber le cycle biologique des pucerons au niveau du retour de ceux-ci sur l'hôte primaire.

Tous les pucerons dioéciques (voir tableau ci-dessous), effectuent leur vol de retour vers l'hôte primaire à l'automne. En règle générale, l'hivernation se fait sous forme d'œufs sur l'hôte primaire, mais on peut cependant distinguer parmi les dioéciques :

1°) des espèces dont le cycle se fait strictement sur les 2 hôtes chaque année, en passant l'hiver sous forme d'œufs sur l'hôte primaire,

2°) des espèces dont certaines populations, dans le cas d'un hiver doux, peuvent se maintenir par parthénogénèse sur l'hôte secondaire pendant l'hiver pour ne revenir sur l'hôte primaire qu'au printemps. Cette alternative du puceron limite fortement l'efficacité de cette stratégie automnale, (noté « parthénogénèse sur hôte II » dans la colonne 4 du tableau qui suit,

3°) des espèces dont certaines populations, dans le cas d'un hiver doux, peuvent se maintenir par parthénogénèse sur l'hôte primaire pendant l'hiver (noté « parthénogénèse sur hôte I ») . Cette alternative du puceron limite l'efficacité de cette stratégie automnale.

Hôte I	Puceron (nom latin)	Puceron (nom commun)	Autre mode d'hivernation éventuel
Amandier	Brachycaudus amygdalinus	p. vert de l'amandier	Parthénogénèse sur hôte II
Cerisier	Myzus cerasi	p. noir du cerisier	Parthénogénèse sur hôte I
Pêcher	Brachycaudus persicae	p. noir du pêcher	Parthénogénèse sur hôte I
Pêcher	Myzus persicae	p. vert du pêcher	Parthénogénèse sur hôte II
	Myzus varians	p. cigarier du pêcher	Parthénogénèse sur hôte I
Poirier	Dysaphis pyri	p. mauve du poirier	Non
	Melanaphis pyrarria	p. brun du poirier	Non
Pommier	Dysaphis plantaginea	p. cendré du pommier	Non
	Dysaphis spp.	p. des galles rouges	Non
	Rhopalosiphum insertum	p. vert migrant du pommier	Non
Prunier	Brachycaudus cardui	p. du chardon	Non
	Brachycaudus helichrysi	p. vert du prunier	Parthénogénèse sur hôte II
	Hyalopterus pruni	p. farineux du prunier	Non
	Phorodon humuli	p. du houblon	Non

La lutte contre ce type de pucerons a toujours consisté en la réalisation de traitements à base d'huile minérale en sortie d'hiver sur les œufs et les premiers stades larvaires, limitant ainsi la pression, puis lorsque cela était nécessaire et que des matières actives étaient homologuées, des insecticides étaient réalisés en complément plus tard en saison.




A l'automne, ce sont des individus sexupares ailés mâles et femelles qui migrent vers l'hôte primaire. Ces sexupares femelles, comme leur nom l'indique vont donner par parthénogénèse des individus femelles aptères prêtes à s'accoupler avec les mâles ailés. Ces sexupares ailés qui migrent ont besoin de feuilles pour former la génération de femelles sexuelles. Ces femelles sexuées issues des ailés femelles ont besoin de feuilles pour se nourrir avant de devenir mature, s'accoupler avec les mâles ailés et pondre des œufs.

La première partie de l'étude consistait à valider l'intérêt de perturber les pucerons à ce moment là de leur cycle. Elle a duré de 1997 à 2001. En fait le principe était de freiner au maximum la ponte et la prise de nourriture sur les feuilles à l'automne. Pour des raisons expérimentales, le moyen le plus radical pour perturber le cycle biologique des pucerons à l'automne était de défolier intégralement les arbres des essais.

Essai n°1 : rechercher une date optimale de défoliation et observer les effets de la défoliation sur la croissance des arbres et le taux de nouaison.

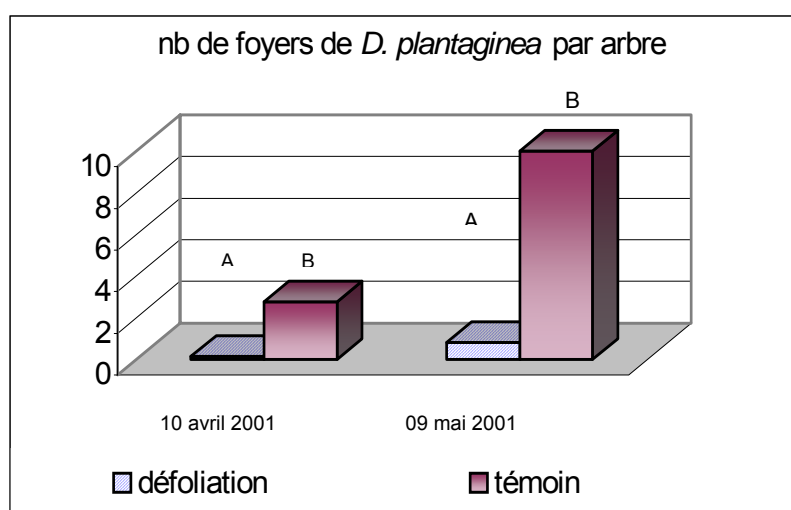
Variété de pommes : Baujade. Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'étude. Il montre l'efficacité de la défoliation, et ce pour les deux dates choisies, par rapport à un témoin non traité. Aucune différence n'est constatée sur la floraison et la nouaison qui suivent ainsi que sur la croissance des arbres.

Tableau 1 : résultats de l'essai sur Baujade de 1999

Modalité	Taux de floraison 31/03/99	Nb foyers 27/04/99	Taux de nouaison 26/05/99	Croissance des arbres 99-00
 défoliation 22/10/98	Pas de différence significative	3	69,4 %	+ 4,47 %
 défoliation 05/11/98		3	64,7 %	+ 4,49 %
 témoin		83	70,2 %	+ 5,31 %

Essai n°2 : défoliation manuelle réalisée le 30/10/00 sur la variété Granny Smith®

Nombre de foyers de *Dysaphis plantaginea* présents sur les arbres observés.



Aux 2 dates de comptage, le nombre moyen de foyers de pucerons cendrés par arbre est significativement très inférieur sur les arbres défoliés par rapport aux arbres témoins ($P < 0.001$).

Aucune différence statistique n'a été observée entre les arbres témoins et les arbres défoliés sur la charge en fruits des arbres la première année de récolte après la défoliation.

Conclusion de la première partie de l'étude :

L'efficacité de la méthode de défoliation a permis de valider l'intérêt potentiel d'une intervention automnale, d'autant qu'elle ne semble pas engendrer de modifications physiologiques des arbres. Cependant, nous n'avons jamais réalisé la défoliation plusieurs années de suite sur les mêmes arbres. Nous devons rester prudent, les conséquences à long terme d'une chute de feuilles précoce à l'automne répétée chaque année, ne sont pas encore connues.

C'est pourquoi le GRAB se concentre désormais sur des produits naturels ayant plus un effet de barrière physique, limitant ainsi l'appétence des feuilles et les dépôts des œufs de pucerons. La piste de produits totalement défoliants n'est pas exclue, mais elle s'intègre moins dans le respect du cycle végétal naturel qui nous est cher.

Cette étude confirme aussi les observations de sensibilité variétale au puceron cendré : les variétés à cycle long (celles qui gardent leurs feuilles tardivement à l'automne) comme Granny Smith® ou Pink Lady® sont plus sensibles aux pucerons cendrés.

La seconde partie de l'étude vise à tester des produits naturels pulvérisés sur les arbres à l'automne pour créer une barrière physique efficace pendant toute la période de migration de retour des pucerons.

Depuis 2 ans, le GRAB travaille la piste de l'argile Kaolinite en pulvérisation à l'automne, le but étant de former une couche protectrice d'argile sur les feuilles de pommiers lors de la migration des individus sexués du puceron de son hôte secondaire (le plantain dans le cas du puceron cendré) vers l'hôte primaire (le pommier).

Nous sommes partis de l'hypothèse que cette protection réduirait considérablement l'alimentation et la ponte des œufs par la génération sexuée présente à l'automne sur les arbres.

La calcination de l'argile est un passage à + de 1000°C, qui élimine la présence des molécules d'eau dans les feuillets d'argile. La calcination permet d'étirer ces feuillets d'argile et ainsi de diminuer leur surface spécifique (de 22 à 13 m²/gramme). Cela augmente la capacité d'absorption d'huile ou d'eau donc l'amélioration au lessivage, cela améliore la résistance aux chocs thermiques et donc au gel, et enfin améliore la résistance aux UV (couleur blanche).

ESSAI automne 2002- printemps 2003

Voici un résumé de l'essai de l'année précédente :

A l'automne 2002, un essai du GRAB a été mené chez un arboriculteur Bio des Bouches du Rhône (13), sur un verger de Granny Smith®, variété très sensible à ce ravageur.

Dans cet essai, les modalités testées étaient l'argile kaolinite américaine Surround® WP, l'argile kaolinite française ARGIREC B24, ainsi qu'un témoin eau.

Les traitements ont été réalisés à l'atomiseur du producteur à pleine dose (60 g/l) le 18 octobre 2002 puis renouvelés après lessivage à demi-dose (30 g/l) le 29 octobre 2002 avec à chaque fois un mouillage de 1000 litres / ha.

Descriptif des 2 produits testés :

- L'argile SURROUND® WP d'origine américaine. C'est une argile calcinée qui contient 95 % de kaolinite.
- L'argile ARGIREC B24 de la société AGS est originaire de la partie nord du bassin aquitain. Elle contient au minimum 65 % de kaolinite. Cette argile n'a pas subi de traitement spécifique, on dira qu'elle est « crue » pour l'opposer à l'argile calcinée.

Les observations de l'essai ont porté sur les foyers de pucerons cendrés issus des premières fondatrices du printemps. Pour chaque modalité, 30 arbres, répartis aléatoirement au sein du bloc traité, ont été observés le 6 mai 2003, après la fleur.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des observations :

MODALITE	MOYENNE (nb foyers de fondatrices par arbre)	Groupe statistique P < 0,05, test de Student
Témoin eau	6,38	A
Argile kaolinite ARGIREC B24 française crue	3,83	AB
Argile kaolinite SURROUND® WP américaine calcinée	3,03	B

Parallèlement à ces différences statistiques qui montrent l'intérêt des kaolinites, et notamment de la kaolinite calcinée, nous avons également pu observer que 1/3 des arbres traités avec les kaolinites n'ont pas de pucerons contre seulement 17% chez le témoin. Les ¾ (74 %) des arbres

traités avec la kaolinite SURROUND WP calcinée ont moins de 6 foyers de pucerons cendrés par arbre contre seulement 63 % pour la kaolinite ARGIREC B24 crue et 53 % pour le témoin.

Les essais automne 2003- printemps 2004 du GRAB

1. introduction

Cette année, le GRAB a mis en place 4 essais identiques sur 4 vergers différents. Seule la piste de la pulvérisation d'argile type kaolinite est testée, tandis que d'autres produits sont en cours de réflexion.

2. matériels et méthodes

2.1. Parcelles d'expérimentations

Les 4 essais sont regroupés dans le même secteur, chez un même producteur du côté de Mollégès (13, Sud de la France).

Pour l'ensemble des essais, il s'agit d'essais grande parcelle.

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Variété	Elista	Braesun	Mondial Gala	Elista
Age en 2004	5 ^{ème} feuille	2 ^{nde} année de surgreffage	7 ^{ème} feuille	3 ^{ème} feuille
Nb rangées	12	16	12	11
Nb d'arbres / rang	46	22	40	Variable
Distance de plant.	4 x 1,75 m.	3,50 x 2,50 m.	4 x 2 m.	4 x 1,50 m.
Hauteur des arbres	3 m.	4,50 m.	3,50 m.	2 m.
Nb modalité / bloc	1	1	1	1
Nb blocs	3	3	3	3
Taille des blocs	4 – 4 et 4 rangées	5 – 5 et 6 rangées	4 – 4 et 4 rangées	3 – 3 et 5 rangées
Surface de l'essai	3840 m ²	3170 m ²	3860 m ²	3000 m ²
Modalités testées sur chaque site	Argile kaolinite Surround® WP (USA) Argile kaolinite Argical protect (France) Témoin non traité			

2.2. Traitements

Le traitement de chaque modalité a été réalisé sur l'ensemble des 4 sites au même moment, dans les mêmes conditions, avec les mêmes doses d'applications et avec le même outil de pulvérisation.

La première application a été déclenchée au début supposé (grâce aux données du réseau AGRAPHID) du retour des ailés de puceron cendré.

La première modalité testée est l'argile SURROUND® WP de la société Engelhard (USA), contenant 95% de kaolinite calcinée. La dose utilisée pour les 2 traitements était de 60 g/l. le mouillage étant de 1000 litres par hectare. La première application a été réalisée le 15 octobre 2003, la seconde le 23 octobre 2003, soit à 8 jours d'intervalle.

La seconde modalité testée est l'argile Argical protect de la société AGS (France,17), contenant 85% de kaolinite calcinée. La dose utilisée pour les 2 traitements était de 60 g/l. le mouillage étant de 1000 litres par hectare. La première application a été réalisée le 15 octobre 2003, la seconde le 23 octobre 2003.

La pluviométrie entre les 2 traitements a été de 20,5 mm.

Enfin un bloc d'arbres non traité par essai a servi de témoin.

Au printemps 2004, 3 traitements à base d'huile blanche de pétrole contre le puceron ont été réalisés par le producteur de façon identique sur toutes les modalités et sur tous les sites.

2.3. Observations

A l'automne 2003, après les traitements, 1 branche par arbre, sur 40 arbres aléatoirement répartis sur les 2 (ou 3) rangées centrales de chaque bloc a été marquée. Les branches avaient des longueurs et des expositions comparables entre les 3 modalités de chaque essai. Les branches des 2 modalités argile ont été choisies parmi les branches qui étaient bien recouvertes par les traitements.

Au printemps 2004, le nombre de foyers de pucerons cendré a été mesuré sur l'ensemble des branches répertoriées à l'automne 2003. Ces foyers primaires de pucerons cendrés sont représentatifs du nombre de fondatrices, elles-mêmes représentatives du nombre d'œufs déposés à l'automne.

Au total, l'observation portait sur 40 branches / modalité / essai.

2.4. Analyses des données

Les observations ne suivant pas une distribution proche de la loi normale, le nombre de foyers de pucerons et le nombre de branches infestées par au moins un foyer de pucerons cendrés ont été transformés en logarithme [$\ln(x+1)$], puis analysés statistiquement par un test paramétrique de comparaison avec un test de Student.

3. Résultats et discussion

Compte tenu d'une attaque tardive, plusieurs comptages post-floraux ont été nécessaires ce printemps pour commencer à dénombrer les foyers de pucerons cendrés sur les branches. Aucun puceron n'a été observé lors du premier comptage au 21 avril 2004 ; 1 seul foyer a été observé lors du second comptage le 4 mai 2004 ; ce n'est que lors du troisième comptage réalisé le 18 mai 2004, que l'infestation de puceron était assez représentative dans son homogénéité pour que les mesures soient analysées.

Deux traitements à pleine dose (60 g/l.) avec l'argile kaolinite Surround® WP réalisés à l'automne 2003 ont permis de diminuer les populations de *Dysaphis plantaginea* de moitié au printemps suivant. Nous avons constaté exactement la même diminution l'année précédente avec cette argile (seul le dosage du second traitement diffère entre 2002 et 2003).

Les deux traitements à pleine dose (60 g/l.) avec l'argile kaolinite Argical protect de la société AGS réalisés à l'automne 2003 ont permis de diminuer les populations de *Dysaphis plantaginea* par 4 (voir fig.1 et 2). Il s'agit de la première année d'étude avec cette argile calcinée française. Ces résultats 2004 confirment l'intérêt de traiter avec une argile kaolinite calcinée et non avec une argile kaolinite crue.

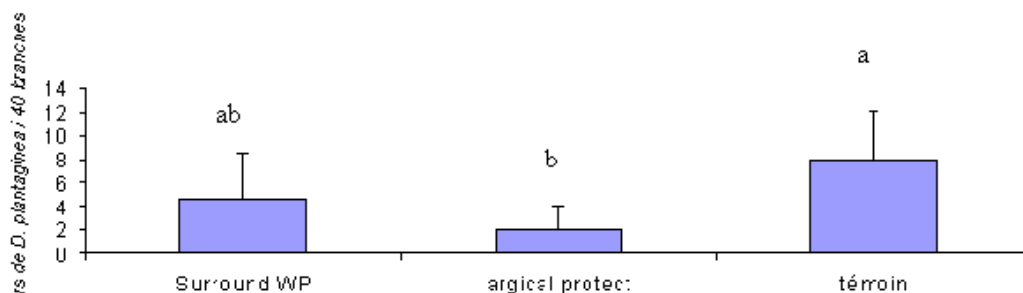


fig 1 : Effets des différents traitements à l'automne avec les argiles kaolinite Surround WP et Argical protect sur le nombre moyen de foyers de pucerons cendrés observés sur 40 branches sur les 4 sites d'étude. (test de Student ; $P < 0,05$)

Les traitements de l'automne 2003 ont été réalisés plus précocement que l'année précédente, ce qui a permis de mieux encadrer le vol de retour des gynopares de *D. plantaginea* sur les feuilles de pommiers.

L'argile kaolinite calcinée appliquée en automne permet de perturber le cycle biologique du puceron *D. plantaginea* sans toutefois pénaliser les arbres, puisqu'il s'agit d'un produit neutre, dont l'effet est simplement physique en créant une barrière protectrice sur les feuilles des arbres et réduisant ainsi l'alimentation, la ponte et le déplacement des gynopares présentes sur le feuillage à cette époque (GLENN et al., 1999). De plus, les pucerons ne considéreraient plus les pommiers recouverts de cette pellicule d'argile comme leur hôte primaire (PUTERKA et al., 2000).

Pour l'ensemble des essais conduits depuis 2 ans, les stratégies d'applications de kaolinite à l'automne sont quand même suivies au printemps par des applications classiques d'huile minérale.

Des traitements insecticides à base de pyrèthre ont été testés en Suisse en stratégie automnale, mais leur efficacité est moins bonne qu'avec plusieurs traitements d'argile Surround® WP (WYSS et DANIEL, 2004).

L'argile kaolinite calcinée à l'automne est donc une stratégie efficace, neutre et respectueuse de l'environnement pour aider les arboriculteurs à maîtriser le puceron cendré du pommier *Dysaphis plantaginea*, et ainsi, peut-être, réduire les traitements d'hiver à base d'huile et les traitements insecticides de saison.

Remerciements :

Je remercie le producteur pour sa disponibilité et sa participation, le Réseau phyto PACA, la station La Pugère pour la fourniture des 2 argiles.

Bibliographie :

- GLENN, D. M.; PUTERKA, G.; VENDERZWET, T.; BYERS, R.E.; FELDHAK, C., 1999: Hydrophobic particle film : a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *J. Econ. Entomol.* **92**, 759-771.
- PUTERKA, G.; GLENN, D. M.; SEKUTOWSKI, D. G.; UNRUH, T. R.; JONES, S. K., 2000 : Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environ. Entomol.* **29**, 329-339.
- ROMET, L., 2003 : Puceron, cendré, anticiper sa lutte !. *Arboriculture fruitière* n° 574, 19-21. et *Arbo Bio Info* n° 74, 2 pages.
- WYSS, E.; NIGGLI U.; NENTWIG W., 1995 : The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. *J. Appl. Ent.* **119**, 473-478.
- WYSS, E.; DANIEL, C., 2004 : Effects of autumn kaolin and pyrethrin treatments on the spring population of *Dysaphis plantaginea* in apple orchards. *J. Appl. Ent.* **128**, 147-149.

MYCORHIZES ET NUTRITION PHOSPHATEE DES PLANTES

C. Plenchette

INRA, 17 rue Sully, 21034 Dijon Cedex, France.

Introduction

Parmi les nombreux micro-organismes qui vivent dans la rhizosphère, on trouve des champignons microscopiques dont les filaments s'associent aux racines des plantes pour former un nouvel organe appelé mycorhize. Cette association symbiotique est bénéfique pour les deux partenaires : c'est une symbiose mutualiste. On distingue plusieurs types de mycorhizes en fonction du partenaire fongique. Certains champignons supérieurs (ascomycètes, basidiomycètes et gastéromycètes) s'associent à des ligneux (bétulacées, fagacées, pinacées) pour former des ectomycorhizes. On trouve un autre type de mycorhizes chez les orchidées et les éricacées, mais le plus répandu, qui concerne environ 80% des plantes sauvages et cultivées (agricoles et horticoles), est celui des mycorhizes à arbuscules dont le partenaire fongique est un champignon inférieur (zygomycètes).

Les champignons mycorhiziens à arbuscules (MA) sont concomitants de l'apparition des premières plantes terrestres (Pirozynski & Malloch 1975) et avec elles ils ont colonisés les continents de telle sorte qu'ils sont présents sous tous les climats et types de sol à la surface de la terre. La grande majorité des plantes servant à la nourriture des hommes ou des animaux forment des mycorhizes à arbuscules ; elles jouent donc un rôle dans la production agricole.

Les recherches sur les mycorhizes ont réellement connu un essor international depuis les 25 dernières années jalonnées par la publication de plusieurs ouvrages de référence (Schenck 1982; Harley & Smith 1983; Powell & Bagyaraj 1984; Strullu 1985; Strullu, Garbaye, Perrin & Plenchette, 1991; Sieverding 1991, Smith & Read, 1997). Malgré de nombreux résultats, spectaculaires pour certains, les applications n'en sont qu'à leur début et concernent surtout l'horticulture. Il est vrai que les mycorhizes ne peuvent jouer pleinement leur rôle dans une agriculture productiviste ayant recours systématiquement à l'utilisation massive d'engrais et de pesticides. Cependant de nouvelles données économiques et environnementales influencent le monde agricole tant dans les pays développés où l'on pratique une agriculture intensive que dans les pays en voie de développement où l'accroissement de la production de nourriture est impératif. L'orientation vers une agriculture qui ferait beaucoup plus appel aux ressources de l'exploitation (par exemple fumure organique plutôt que minérale dans la mesure du possible) et qui prendrait en compte des aspects écologiques et biologiques, c'est à dire vers une agriculture durable, est irréversible. Ce type de pratiques agricoles paraît plus favorable à l'expression du rôle des mycorhizes et par conséquent plus propice à leur prise en compte.

Morphologie

Le développement des champignons formant des mycorhizes à arbuscules se fait à l'intérieur et à l'extérieur de la racine. La phase extramatricielle de la mycorhize est constituée par un réseau d'hyphes connectés à la racine et qui s'étendent autour sur plusieurs centimètres. Ces hyphes d'un diamètre d'environ 20µm ont la particularité de ne pas avoir de cloisons. La phase intramatricielle est constituée d'hyphes, de vésicules et d'arbuscules. Les hyphes sont le prolongement des hyphes externes. Les vésicules sont des organes ovoïdes constitués par le renflement d'un hyphe à l'intérieur ou entre les cellules, c'est un organe de réserve, de survie et de reproduction. Les arbuscules sont constitués par la ramification dichotomique des hyphes dans les cellules voisines de l'endoderme. Ils sont la zone d'échange d'éléments nutritifs entre la plante et le champignon. En fin du cycle végétatif de la plante hôte, le champignon produit dans le sol des spores (50-500µm) individualisées ou regroupées en sporocarpes.

Rôle

Comme le mentionne Boullard (1968) des effets bénéfiques de la symbiose mycorhizienne ont été observés dès le début du 20^{ème} siècle. Ils se traduisent par une croissance plus importante et donc par une production de biomasse plus élevée. Ces résultats ont été observés sur la plupart des plantes agricoles et horticoles, aussi bien en climat tempéré, méditerranéen ou tropical (voir Plenchette, 1991). Très vite il est apparu que cette stimulation de croissance était principalement due à une meilleure nutrition phosphatée (Bielecki, 1973). Les mycorhizes favorisent aussi l'absorption de l'eau (Mosse & Hayman, 1971) et des oligo-éléments, Cu (Mosse, 1957), Zn (Bowen et al., 1974), dont la concentration dans la solution du sol est faible et le coefficient de diffusion très lent dans le sol.

Les mycorhizes à arbuscules causent peu de changement dans la morphologie des racines mais la physiologie de la plante hôte est significativement modifiée. Non seulement la concentration de certains éléments minéraux change, mais aussi le taux de photosynthèse et la répartition des photosynthétats entre la tige et la racine. Il en résulte une modification des exsudats libérés dans le sol et par voie de conséquence un changement dans la composition des populations de micro-organismes mycorhizosphériques. Plusieurs auteurs ont observé une diminution des maladies causées par des agents pathogènes telluriques chez les plantes mycorhizées, particulièrement dans le cas des nématodes (Hussey & Roncadori, 1978). Bien que les résultats soient parfois contradictoires, réduction, pas d'effet ou aggravation de la maladie (Dehne, 1982), on estime que les mycorhizes peuvent jouer un rôle dans le bio-contrôle des maladies des plantes.

L'expression de la symbiose mycorhizienne est influencée par les trois composantes de l'agroécosystème : le champignon, la plante et le sol. Les champignons MA (>150 espèces) s'ils sont pratiquement toujours présents, sont plus ou moins abondants dans le sol. Pour les plantes cultivées leur rôle s'exprime donc au travers du potentiel infectieux mycorhizogène du sol à l'échelle d'un système de culture. Les plantes cultivées ou non bénéficient plus ou moins de la symbiose, celle-ci joue donc un rôle plus ou moins important à l'échelle d'une culture en fonction de la dépendance mycorhizienne de la plante hôte. La pratique de la fertilisation phosphatée visant à compléter l'offre du sol en phosphore a abouti, dans certains pays, à des niveaux de richesse du sol tels que les plantes se sont affranchies de la symbiose. Cependant mondialement la production agricole se fait sur des sols en voie d'appauvrissement. Le concept de fertilisation phosphatée équivalente à la mycorhization permet d'évaluer l'effet bénéfique des mycorhizes en terme d'économie d'engrais phosphaté.

Le potentiel infectieux mycorhizogène du sol (PIM)

Les champignons mycorhiziens sont naturellement présents dans les agroécosystèmes, cependant leur population est sujette à des fluctuations sous l'action de facteurs édaphiques et culturels. Le PIM d'un sol caractérise non seulement la population de champignons mycorhiziens présents dans le sol sous forme de spores, de mycélium et de morceaux de mycorhizes, mais aussi le fait que cette population est apte à former des mycorhizes dans les conditions du sol en question. Il varie surtout en fonction des pratiques culturales telles que la désinfection (agent fumigant, vapeur, solarisation), l'application d'engrais et de pesticides, la rotation des cultures ou la jachère. Les plantes à forte dépendance mycorhizienne favorisent le développement des champignons ce qui a une incidence directe sur l'augmentation du potentiel infectieux mycorhizogène du sol.

La dépendance mycorhizienne des plantes (DM)

L'effet le plus visible de la symbiose MA sur les plantes est l'augmentation de leur croissance qui résulte de la complémentarité de trois composants : la plante, le champignon et le sol. La stimulation de croissance des plantes mycorhizées varie principalement en fonction des espèces (Gerdeman, 1968) et des cultivars (Azcon & Ocampo, 1981), de l'espèce de champignons symbiotique (Plenchette et al., 1982) et de la fertilité du sol (Mosse 1973). C'est à dire que les plantes n'ont pas toutes la même DM (Gerdemann 1975) et que celle-ci est assujettie aux conditions édaphiques (fertilité et champignon indigène présent). Pour cette raison Plenchette et al. (1983) ont proposé d'évaluer pour chaque espèce la Dépendance Mycorhizienne Relative au Champ (DMRC). Il s'agit de comparer la croissance de plantes mycorhizées et de plantes non mycorhizées poussant sur le même sol préalablement désinfecté; le mode de désinfection ne devant bien évidemment pas perturber les caractéristiques physico-chimiques du sol.

Bien que les champignons mycorhiziens soient à l'origine de l'apparition des plantes vasculaires sur le milieu terrestre (Nicolson, 1975) et qu'ils aient co-évolué avec les plantes (Pirozynski, 1980), certaines espèces ne forment pas de mycorhizes. Pour les plantes agricoles il s'agit des familles des cruciféracées (choux, colza, moutarde, radis, navet) et des chénopodiacées (betterave, épinard) dont la DM est par conséquent nulle. Pour les autres espèces la DM paraît fortement liée à la morphologie du système racinaire, les plantes à forte DM ayant un système racinaire peu ramifié (asperge, carotte, luzerne, poireau, soja) de type magnolioïde et les plantes à faible DM des racines très ramifiées (blé, orge) de type graminioïde (Baylis, 1975).

La fertilisation phosphatée équivalente à la mycorhization

La fertilisation, qui consiste à apporter au sol un élément chimique sous forme organique ou minérale, vise à compléter l'offre du sol en phosphore biodisponible pour atteindre un objectif donné de rendement. Actuellement en Europe occidentale on cherche plutôt à compenser l'exportation de la récolte alors que dans le passé on cherchait à remonter le niveau des réserves. Cependant, dans les pays développés, ces pratiques ont amené les sols à un niveau de richesse tel que la concentration de la solution du sol est très souvent supérieure à 1 mg P l^{-1} . Or les travaux de Fox (1981) montrent que pour plusieurs plantes (blé, maïs, soja, sorgho, etc.) on peut atteindre 95% du rendement maximum avec moins de $0,1\text{ mg P l}^{-1}$ dans la solution du sol et que cette valeur serait spécifique de la plante. L'efficacité des mycorhizes se manifeste particulièrement dans les sols dont les teneurs en phosphore biodisponible sont très faibles (Plenchette et al. 1981) ou à fort pouvoir fixateur (Plenchette et Fardeau 1988). Pour atteindre le même rendement les besoins d'une plante mycorhizée sont satisfaits à partir d'une concentration de phosphore dans la solution plus faible que pour la même plante sans mycorhizes (Habte et Manjunath 1987). En fonction d'un objectif de rendement inférieur au maximum, il est donc possible de déterminer les concentrations de phosphore respectives pour la culture avec et sans mycorhizes. La différence entre les deux valeurs correspond à la quantité d'engrais phosphaté qu'il faudrait apporter pour que le rendement de la plante non mycorhizée atteigne celui de la plante mycorhizée. La correspondance entre la concentration de P dans la solution du sol et la quantité d'engrais phosphaté peut être déduite pour un type de sol par le biais de l'établissement d'isothermes d'adsorption (Fox et Kamprath 1970; Vander Zaag et al. 1979).

Nutrition phosphatée des plantes mycorhizées

La stimulation de croissance des plantes mycorhizées, mise en évidence dans de très nombreux travaux (voir Smith & Read, 1997), est principalement attribuée à une meilleure nutrition phosphatée. La nutrition phosphatée des plantes est conditionnée par l'offre du sol (quantité de phosphore biodisponible) d'une part et par l'utilisation de l'offre (interception des ions phosphates par les racines) d'autre part. Les résultats obtenus sur de nombreuses espèces d'arbres et de plantes mycorhizées sont d'autant plus spectaculaires que la teneur en P du sol est facteur limitant de la production.

La déficience en phosphore biodisponible est un des facteurs limitant la production agricole de la plupart des sols à l'échelle mondiale (Holford, 1997). Dans le sol le phosphore est présent sous formes organique et minérale. Etant acquis que les plantes n'absorbent que les ions phosphates en solution, le phosphore organique doit donc être minéralisé pour devenir biodisponible. Le phosphore inorganique est plus ou moins lié aux différents constituants du sol en fonction du pH. Une infime partie du phosphore total se trouve sous forme d'ions dissous dans la solution du sol. Le phosphore en solution est en équilibre avec des ions adsorbés, fixés ou rétrogradés (Barber, 1984) qui alimentent plus ou moins rapidement la solution du sol (Fardeau, 1993). La biodisponibilité du phosphore est sous la dépendance des caractéristiques physico-chimiques du sol et en particulier du pouvoir tampon qui régule la concentration de la solution du sol en fonction des apports d'engrais ou des prélèvements par les plantes. Dans le sol les ions se déplacent par diffusion et convection. Les plantes absorbent le phosphore plus vite qu'il n'est libéré à partir des formes plus ou moins adsorbées et rapidement il s'établit autour de la racine une zone appauvrie en phosphore biodisponible (Lewis & Quirk, 1967) dans les sols où le P est facteur limitant. Dans cette zone il s'établit un gradient de concentration contre lequel opère la diffusion qui est le mode de transport préférentiel du P du sol vers la racine. Ces deux mécanismes ne sont pas suffisants

pour assurer la satisfaction des besoins des plantes et les racines doivent se développer continuellement pendant la saison de végétation pour permettre cette satisfaction.

C'est dans ce contexte que le rôle bénéfique des mycorhizes a été mis en évidence. Les mécanismes mis en jeu sont plus ou moins bien connus. Ils influencent aussi bien l'offre du sol que sur l'utilisation de l'offre par la plante:

- Les hyphes extraracinaires ont un diamètre de 2 à 5 fois plus petit que celui des racines et peuvent donc coloniser un volume de sol non exploré par la racine, par exemple en sol compacté (Li et al, 1997). Ils vont aller chercher du phosphore en dehors de la zone d'épuisement et le transporter jusqu'à l'intérieur de la racine, sans encombre jusqu'au voisinage de l'endoderme, les hyphes des champignons MA ne possédant pas de cloisons. Le réseau mycélien développé dans le sol peut atteindre des dimensions considérables, supérieures à $10^6 \text{ km} \cdot \text{ha}^{-1}$ d'après des données de Miller et Jastrow (1992), et on imagine bien le formidable potentiel (80 m par mètre de racine chez l'oignon; Sanders & Tinker, 1973) qu'il représente pour l'absorption de l'eau et des éléments minéraux. L'extension d'un réseau mycélien jusqu'à plus de 10 cm de la zone racinaire (Jakobsen et al. 1992), va augmenter le pool accessible de phosphore biodisponible le volume de la mycorhizosphère étant bien supérieur à celui de la rhizosphère. L'action des hyphes externes de la mycorhize se situe donc au niveau de l'utilisation de l'offre et de l'augmentation de l'offre. Le développement de la phase extracinaire de la mycorhize constitue certainement le mécanisme le plus important pour expliquer la meilleure nutrition phosphatée des plantes mycorhizées.
- Les mycorhizes peuvent aussi modifier l'offre du sol en phosphore biodisponible en excréant du CO_2 et des ions H^+ (Rigou, 1994). Il en résulte une acidification, jusqu'à 1 unité pH (Li et al. 1991), suffisante pour mettre en solution du phosphore insoluble et donc inaccessible aux plantes non mycorhizées. Ce phénomène concerne les sols neutres et calcaires. Les mycorhizes excrètent dans le sol des acides organiques, tels que l'acide oxalique, pouvant aussi participer à la mise en solution de phosphore insoluble. D'autres acides organiques, les sidérophores, sont produits en plus grande quantité et excrétés par les plantes mycorhizées (Jayachandran et al. 1985 ; Haselwandter, 1995). Ils ont par leurs propriétés de chélation du fer la capacité de libérer une certaine quantité d'ions phosphates. Ce mécanisme opère en sol acide, où le phosphore est présent sous forme de d'hydroxyphosphate de fer et d'aluminium, il contribue à une augmentation de l'offre du sol.
- Par ailleurs quelques travaux tendent à mettre en évidence une production accrue de phosphatases par les plantes mycorhizées. Tarafdar and Marschner (1994) ont montré dans une étude sur la mycorhization du blé que 50% du phosphore absorbé par le blé provenait du phosphore organique hydrolysé par les phosphatases.

Conclusion

Les champignons mycorhiziens à arbuscules sont certainement, parmi la microflore du sol, les constituants les plus importants pour le développement d'une agriculture durable car ils constituent un lien essentiel entre le sol et la plante. La gestion de leurs populations par des pratiques culturales adaptées peut permettre une augmentation de la production agricole dans tous les cas où le sol n'a pas reçu des engrais phosphatés en abondance. C'est particulièrement vrai dans les pays en développement, mais aussi dans des systèmes de culture extensifs ou en agriculture biologique. Faut il rappeler que la plupart des plantes servant de nourriture de base aux hommes et aux animaux (céréales, pomme de terre, arbres fruitiers, etc...) forment des mycorhizes. C'est au niveau de la conception et de la mise en œuvre des itinéraires techniques qu'il sera possible d'agir pour maintenir la biodiversité de cette ressource naturelle considérée comme un véritable biofertilisant.

Bibliographie

- Azcon, R. & Ocampo, J. A. 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars 87 :677-685
- Barber, S.A. 1984. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. John Wiley & Sons, New york.

- Baylis, G.T.S. 1975. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In *Endomycorrhizas* (eds F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker). Academic Press, London, UK
- Bielecki, R.L. 1973. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 24, 225-252.
- Boullard, B. 1968. *Les mycorhizes*. Monographie 2. Masson et Cie, Paris.
- Bowen, G.D., Skinner, M. F. & Bevege, D. I. 1974. Zinc uptake by mycorrhizal and uninfected roots of *Pinus radiata* and *Araucaria cunninghamii*. *Soil Biol. Biochem.* 6:141-144.
- Dehne, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathology*, 72, 1115-1119.
- Fardeau, J.C. 1993. Le phosphore assimilable des sols : sa représentation par un modèle fonctionnel à plusieurs compartiments. *Agronomie* 13, 317-331.
- Fox, R. I. 1981. External phosphorus requirement of crops. *In Chemistry in the soil environment*. Ann. Soc. Agron. pp. 223-239.
- Fox, R. L. & Kamprath, E. J. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 34 : 902-907.
- Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 6: 397-418.
- Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. *In The development and fonction of roots*. Edited by J. C. Torrey et T. D. Clarkson. Academic Press, New York, pp. 575-579.
- Habte, M. & Manjunath, A. 1987. Soil solution phosphorus status and mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 797-801.
- Harley, J. L. & Smith, S. E. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, New York.
- Haselwandter, K. 1995. Mycorrhizal fungi : Sidérophore production. *Crit. Rev. Biotech.* 15, 287-291.
- Holford, I.C.R. 1997. Soil phosphorus : its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.* 35, 227-239.
- Hussey, R.S. & Roncadori, R.W. 1978. Interaction of *Pratylenchus brachyurus* and *Gigaspora margarita* on cotton. *J. Nematol.* 10, 18-20.
- Jakobsen, I., Abbott, L.K. & Robson, A.D. 1992. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. I. Spread of hyphae and phosphorus inflow in roots. *New Phytol.* 120, 371-380.
- Jayachandran, A.P., Schwab, A.P. & Hetrick, B.A.D. 1989. Mycorrhizal mediation of phosphorus availability : Synthetic iron chelate effects on phosphorus solubilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1701-1706.
- Lewis, D.J. & Quirk, J.P. 1967. Phosphate diffusion in soil and uptake by plant. III. ^{32}P movements and uptake by plant as indicated by ^{32}P autoradiography. *Plant Soil*, 27, 446-453.
- Li, X.L., George, E. & Marschner, H. 1991. Phosphorus depletion and pH decrease at the root-soil and hyphae-soil interfaces of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium. *New Phytol.* 119, 307-304.
- Li, X.L., George, E., Marschner, H. & Zhang, J.L. 1997. Phosphorus acquisition from compacted soil by hyphae of a mycorrhizal fungus associated with red clover (*Trifolium pratense*). *Can. J. Bot.* 75, 723-729.
- Miller, R. M. & Jastrow, J. D. 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. *In Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Edited by G. J. Bethenfalvy and R. G. Linderman. ASA special publication n°24, Madison, Wisconsin, USA.
- Mosse, B. 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non mycorrhizal apples. *Nature*, 179 :922-924.
- Mosse, B. 1973. Advances in the study of VA mycorrhiza. *Ann. Rev. phytopathol.* 11, 171-196.
- Mosse, B. & Hayman, D.S. 1971. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. II. In unsterilised field soils. *New Phytol.* 70:29-34.
- Nicolson, T.H. 1975. Evolution of vesicular-arbuscular mycorrhiza. In *Endomycorrhizas* (eds F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker). Academic Press, London, UK. pp 25-34.
- Pirosynski, K. A. & Malloch, D. W. 1975. The origin of land plants : a matter of mycotrophy. *Biosystems*, 6: 153-164.
- Powell, C.L. & Bagyaraj, D.K. 1984. *VA mycorrhizae*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Plenchette, C. 1982. Recherches sur les endomycorhizes à vésicules et arbuscules : Influence de la plante hôte, du champignon et du phosphore sur l'expression de la symbiose endomycorhizienne. Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec, Canada.
- Plenchette, C. 1991. Utilisation des mycorhizes en agriculture et horticulture. *In Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées*. Edited by D. G. Strullu, R. Perrin, C. Plenchette, et J. Garbaye. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- Plenchette, C. & Fardeau, J.C. 1988. Effet du pouvoir fixateur du sol sur le prélèvement de phosphore du sol par les racines et les mycorhizes. *C. R. Acad. Sci. Paris Série III.* 201-206.
- Plenchette, C., Furlan, V., et Fortin, J. A. 1981. Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions by endomycorrhizal inoculation. *Can. J. Bot.* 59: 2003-2008.

- Plenchette, C., Furlan, V. & Fortin, J. A. 1982. Effects of different endomycorrhizal fungi on five host plant grown on calcined montmorillonite clay. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107, 535-538.
- Plenchette, C., Fortin, J. A. & Furlan, V. 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil*, **70**: 199-209.
- Powell, C. L. & Bagyaraj, J. 1984. VA mycorrhiza. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Rigou, L. 1994. Influence de la mycorrhization sur les conditions physico-chimiques du sol dans la rhizosphère. Conséquences sur la nutrition phosphatée de la plante-hôte. Thèse de Doctorat. INRA, Montpellier, France. 89p.
- Sanders, F.E. & Tinker, P.B. 1973. Phosphate flow into mycorrhizal roots. *Pestic. Sci.* 4, 385-395.
- Schenck, N. C. 1982. Methods and principles of mycorrhizal research. American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA. 244 p.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. *Edited by E. Sieverding*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn.
- Smith, S. E. & Read, D. J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London, 605 p.
- Strullu, D. G. 1985. Les Mycorrhizes. *Hanbuch der Pflanzenanatomie*. Gebruder Borntraeger, Berlin et stuttgart.
- Strullu, D. G., Perrin, R., Plenchette, C. & Garbaye, J. 1991. Les mycorrhizes des arbres et des plantes cultivées. *Technique et Documentation*, Lavoisier, Paris.
- Vander Zaag, P., Fox, R. L. & De La Pena, R. 1979. The utility of phosphate sorption curves for transferring soil management information. *Trop. Agric.* **56** : 153-160.

Maraîchage

LIMACES ET ESCARGOTS EN BIO : Comment limiter les dégâts ?

Jérôme Lambion (GRAB),
GRAB AGROPARC, BP 1222, F- 84911 AVIGNON Cedex 9

Dominique Berry
Serail, 123 chemin du Finday, 69126 Brindas

A. CHABERT
Acta Lyon, La Saulsaie, 01120 Montluel

Les escargots et les limaces peuvent causer des dégâts considérables en grandes cultures ou en cultures maraîchères. Ils peuvent en effet consommer plus d'un tiers de leur poids par nuit. Les attaques provoquent des destructions de semis, de jeunes plantations mais également des dégâts qualitatifs comme des attaques sur le feuillage et les tiges, des souillures, et des perforations de tubercules. Si les producteurs conventionnels arrivent souvent à limiter les dégâts grâce aux traitements chimiques, les solutions à la disposition des producteurs en agriculture biologique sont généralement plus contraignantes et moins efficaces.

Aujourd'hui, la différence entre ces modes de production devient d'autant plus importante que l'évolution réglementaire prévoit la suppression de dérogation pour l'emploi du métaldéhyde à partir du 31 décembre 2006. Suite à cette interdiction, les producteurs se trouveront face à la question : comment limiter les pertes pour continuer à produire ? Cet article se propose de faire un point sur les techniques disponibles et les nouvelles perspectives en matière de maîtrise des gastéropodes.

Connaître ces ravageurs permet de profiter de leurs faiblesses !

Les principales espèces qui posent des problèmes en maraîchage biologique sont :

- La loche grise (*Deroceras reticulatum*) : 3-5 cm, grise avec des dessins foncés sur le dos, vit surtout en surface, une ou deux générations par an.
- La limace brune ou horticole (*Arion hortensis*) : 2-4 cm, corps assez allongé très foncé, s'abrite dans le sol, une génération par an.
- La grosse limace rouge (*Arion rufus*) : jusqu'à 15 cm : spectaculaire mais cause assez peu de dégâts.
- L'escargot petit gris (*Helix aspersa*)

Par leur origine aquatique, les mollusques sont des animaux très sensibles aux conditions hydriques du milieu. Pour qu'ils se déplacent facilement, il est nécessaire que le sol soit assez humide. Lorsqu'il est sec, leur déplacement impose une production importante de mucus qui entraîne des pertes en eau élevées. Les mollusques ont leur maximum d'activité pendant les saisons douces et humides (printemps, automne) et principalement la nuit, quand l'humidité atteint son maximum. Leur développement est d'autant plus facilité que le sol reste humide et aéré. Les sols argileux sont les plus favorables aux limaces.

Les mollusques présents dans les cultures se nourrissent essentiellement de plantes et débris végétaux. Dans les milieux naturels, les limaces et les escargots ont des ennemis comme les hérissons, les carabes, les oiseaux... Mais ces prédateurs sont rarement capables de réguler les pullulations.

Comment prévenir les risques liés aux populations importantes ?

Comme l'éradication des gastéropodes d'un champ n'est guère envisageable, le principe de la protection consiste à limiter les populations, en réduisant conjointement tous les facteurs qui favorisent l'expression des dégâts.

➤ Choix de l'assolement :

Les cultures couvrant le sol l'hiver comme le colza ou les céréales sont favorables à la bonne alimentation des limaces et facilitent leur développement à l'automne comme au printemps.

Ainsi les cultures d'hiver et les jachères seront les précédents les plus risqués pour les cultures suivantes. Le risque sera d'autant plus élevé que la culture suivante sera proche. Les rotations à interculture courte seront donc les plus favorables aux gastéropodes.

➤ Travail du sol :

D'une manière générale, toutes les façons culturales limitent en partie le développement des limaces. Les déchaumages après la récolte sont particulièrement importants en période estivale. Les oeufs sont alors exposés aux rayonnements solaires qui entraînent une mortalité importante par dessiccation.

Les préparations motteuses des lits de semences permettent aux limaces présentes d'accéder facilement aux graines. Si le sol n'est pas trop battant, une préparation fine avant semis permettra donc de limiter les dégâts dus aux limaces présentes. En outre, il est reconnu qu'enfouir assez profondément les graines lors du semis permet de réduire les attaques.

➤ Limiter les abris et l'alimentation des limaces

Il est préférable de broyer et d'enfouir les résidus de récolte pour éviter qu'ils ne servent d'abri ou de nourriture de substitution.

La maîtrise du développement des mauvaises herbes dans l'interculture réduit l'augmentation des populations dans la parcelle. Par ailleurs, le contrôle de la végétation dans les abords empêche la constitution de foyers de mollusques qui pourront migrer des adventices vers les cultures.

➤ Favoriser les ennemis des mollusques

Des zones boisées situées non loin des parcelles cultivées constitueraient de bons abris pour de nombreux auxiliaires consommateurs de mollusques (hérissons, crapauds, oiseaux, carabes, staphylyns, araignées, vers luisants...). Il convient donc de préserver ces espaces naturels. La création de haies composites rétablirait une certaine biodiversité qui limiterait le développement des mollusques ainsi que d'autres ravageurs (pucerons, thrips...).

Une lutte directe est possible.

Quand les mesures agronomiques précédentes se sont révélées insuffisantes, ou que les populations présentes sont très élevées, il peut devenir nécessaire d'employer des techniques de lutte spécifique.

Une multitude de moyens de protection aux modes d'action plus ou moins avérés (dessicants, répulsifs...) est utilisée par les jardiniers amateurs et parfois les producteurs bio. L'efficacité de ces méthodes n'est cependant pas prouvée et il est souvent impossible de les mettre en place à grande échelle. On recense entre autre :

- différents types de pièges (bière, eau sucrée...) : malheureusement on attire souvent plus de limaces qu'on n'en piège !...
- les obstacles physiques : fils de cuivre, barrières électriques...
- un épandage de matières abrasives autour de la culture à protéger : coquilles d'œufs, suie, cendre...
- un traitement répété autour des parcelles à protéger avec du purin de limaces (répulsif très malodorant)

Sur de petites surfaces, en maraîchage, un ramassage manuel (évidemment assez fastidieux !...) peut se révéler efficace si celui-ci est réalisé le matin ou le soir, et qu'il est répété régulièrement.

L'installation de pièges (simples planches ou sacs posés sur le sol humide) dans lesquels les mollusques viendront s'abriter à la fin de la nuit améliorera la détection.

Des nématodes parasites (*Phasmarhabditis hermaphrodita*) sont commercialisés par la société Biobest. Ces vers microscopiques se développent dans le corps du mollusque, entraînant sa mort. Le produit est à diluer dans l'eau, puis à pulvériser au sol. Une irrigation copieuse permet ensuite aux nématodes de pénétrer dans le sol. Dans certaines conditions, l'efficacité de ce produit se révèle très bonne, cependant les résultats sont encore assez aléatoires. De plus, le coût très important (environ 35 € pour 100m²) limite pour l'instant l'utilisation aux jardiniers bio ou aux maraîchers cultivant de petites surfaces à haute valeur ajoutée.

Le métaldéhyde est autorisé par le règlement européen de l'Agriculture Biologique. Différentes spécialités commerciales contiennent cette substance active. Sa consommation entraîne une importante sécrétion de mucus et par conséquent la dessiccation du mollusque. En Agriculture Biologique, les granulés ne doivent pas rentrer en contact avec le sol et la culture. Les apports doivent donc être réalisés sous forme de pièges (assiettes, tubes, répartis dans la culture), ce qui limite l'efficacité et complique les apports.

Ce produit devrait être retiré du cahier des charges européen de l'Agriculture Biologique à partir du 31 décembre 2006.

D'autres produits comme des extraits d'ail, des préparations à base de café ou le purin de fougère sont en cours d'étude pour trouver des alternatives au métaldéhyde.

La voie de recherche la plus travaillée est celle de l'utilisation de l'orthophosphate de fer. Il inhibe l'appétit des mollusques, qui finissent par mourir de faim. L'orthophosphate de fer peut être appliqué directement sur le sol en Agriculture Biologique. Il est homologué en Allemagne, et possède une Autorisation Provisoire de Vente en France depuis juin 2003 (produit commercial : Ferramol fabriqué par Neudorff).

ESSAI GRAB

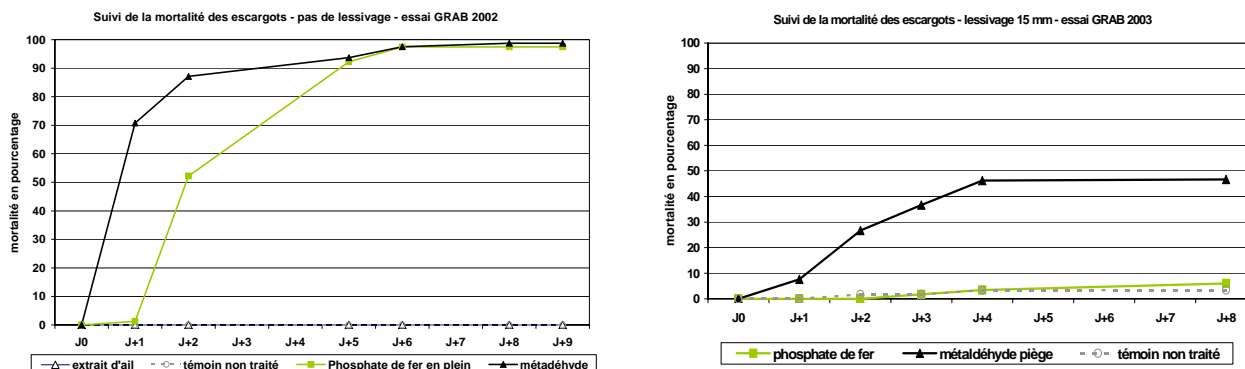


Figure 3 : Evolution de la mortalité des escargots (traitements à J0) avec ou sans lessivage

Le GRAB (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique) teste depuis 2002 l'efficacité de l'orthophosphate de fer pour lutter contre les escargots, dans des conditions semi-contrôlées (Figure 3). En 2002, en absence de lessivage par aspersion, l'orthophosphate de fer a montré une efficacité comparable au métaldéhyde épandu en plein : plus de 90% des escargots sont morts 5 jours après le traitement. L'extrait d'ail n'a eu aucune efficacité.

En 2003, les traitements réalisés ont subi une aspersion de 15 mm. On observe une efficacité bien moindre des différents produits testés, qui peut être en partie expliquée par la taille des escargots supérieure en 2003 par rapport à 2002. Le métaldéhyde a été apporté en piège. La mortalité pour le métaldéhyde ne dépasse

pas 50% après 5 jours. Le phosphate de fer se comporte comme le témoin non traité : il ne montre pas d'efficacité dans les conditions de cet essai.

Les essais de ces 2 années montrent que l'apport en piège du métaldéhyde (pas de contact du produit avec le sol) limite son efficacité. Le phosphate de fer semble être un produit intéressant pour la lutte contre les escargots ; sa tenue au lessivage doit cependant être étudiée plus attentivement, les modalités d'application doivent en outre être affinées.

CONCLUSION

Les limaces et les escargots sont souvent présents dans les sols cultivés. En Agriculture Biologique, leur maîtrise est d'autant plus importante que les traitements spécifiques sont limités. Il est donc indispensable de maîtriser les populations par des mesures prophylactiques basées sur la connaissance des facteurs agronomiques régulateurs. A titre d'exemple, une inter-culture longue ou un déchaumage bien placé peuvent réduire considérablement les populations. Les traitements spécifiques utilisables dans le cadre du règlement européen de l'Agriculture Biologique ne sont pas encore entièrement satisfaisants. Ils doivent donc encore faire l'objet d'études afin de trouver des solutions utilisables par les producteurs.

LUTTE CONTRE LES LIMACES EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE TESTS DE DIFFERENTS PRODUITS

D. BERRY

Serail, 123 chemin du Finday, 69126 Brindas

A. CHABERT

Acta Lyon, La Saulsaie, 01120 Montluel

Résumé :

La réussite de l'expérimentation des produits de lutte contre les limaces en plein champ est soumise aux aléas climatiques et aux hétérogénéités d'attaque de ce ravageur. Un test d'efficacité des produits en condition contrôlée d'infestation a montré leurs intérêts et limites sur la mortalité et la réduction des dégâts en culture de salade. L'orthophosphate de fer pourrait être une alternative au métaldéhyde mais la transposition au champ des résultats du test reste délicate, et nécessite de définir précisément la dose à utiliser, la persistance d'action, et le meilleur moment pour l'application afin de minimiser les quantités utilisées et le coût de la protection.

Le métaldéhyde en appât (deux pièges par m²) tel qu'il est classiquement utilisé en bio pour respecter le cahier des charges est assez peu efficace mais son efficacité pourrait être améliorée par une meilleure répartition des granulés sur la surface à protéger (granulés encollés sur bandes papier) tout en permettant de les retirer après usage dans le respect du cahier des charges de l'agriculture biologique.

Le purin de fougère n'a montré aucune efficacité dans la lutte contre les limaces.

Mots clés : maraîchage biologique, limace, protection sanitaire, expérimentation

La lutte contre les gastéropodes en cultures légumières biologiques est délicate. Les mesures prophylactiques indispensables ne sont pas suffisantes en période de forte pression du ravageur. Le recours à la lutte directe fait appel à divers produits dont l'utilisation est réglementée par le cahier des charges de l'agriculture biologique. Leur efficacité parfois limitée nous a amené, dans le cadre de l'expérimentation, à tester certaines modalités d'application.

La pression du ravageur est très variable, extrêmement dépendante des conditions climatiques et de l'environnement de la culture à protéger. Elle se répartie également de façon très hétérogène, ce qui pose des problèmes pour obtenir des résultats lors d'essais au champ.

Les essais au champ

Quelques essais au champ ont pu être réalisés depuis plusieurs années que ce soit en grandes cultures comme en maraîchage. Pour les raisons indiquées précédemment l'interprétation des résultats est souvent délicate.

A titre d'exemple un essai réalisé à la Serail à l'automne 2002 sur laitues faisait apparaître les résultats suivants (tableau 1) :

Tableau 1	Témoin	Métaldéhyde en appâts	Purin de fougère	Eau de Javel	Orthophosphate de fer	
Poids moyen	285	271	278	289	274	NS
Nombre de feuilles attaquées	4,6	5,7	2,5	4,5	3,3	NS

L'hétérogénéité de l'attaque était mise en évidence par des coefficients de variation élevés, avec pour conséquence des résultats non significatifs malgré des différences relativement importantes sur le nombre moyen de feuilles attaquées.

On pouvait en retirer l'impression que le purin de fougère et l'orthophosphate de fer semblaient présenter un intérêt dans la réduction des attaques.

Pour tenter de valider ces observations un essai du même type a été reconduit au printemps suivant. Les modalités "métaldéhyde en appâts" (1appât pour 2 m²), "ortho phosphate de fer" (16 kg/ha à la plantation + 30 kg/ha 8 jours après plantation + 50 kg/ha 22 jours après plantation), et "purin de fougères" (en pulvérisation 20litres pour 200 l d'eau/ha à plantation + 10 j, 17 j, 24 j, 27 j, 33 j et 41 j) sont comparées à un témoin non traité.

Les conditions climatiques de l'année 2004 étant particulièrement défavorables aux limaces, les attaques sont faibles Le purin de fougère en pulvérisation ne confirme pas son efficacité alors que l'ortho phosphate de fer et le métaldéhyde améliorent la protection à la première date de récolte (tableau 2).

Tableau 2

	Nombre moyen de feuilles attaquées		Nombre moyen de limaces / salade	
	27 mai 03	10 juin 03	27 mai 03	10 juin 03
Métaldéhyde en appâts	0,65 B	3,70 ns	0,03 B	0,10 AB
Orthophosphate de fer	0,84 B	4,48 ns	0,09 AB	0,19 A
Purin de fougères	1,13 AB	3,90 ns	0,22 A	0,05 B
Témoin non traité	1,58 A	3,87 ns	0,19 A	0,03 B

Les conditions de réussite des essais au champ laissant planer quelques doutes sur la réelle efficacité des produits employés une expérimentation a été mise en place en condition maîtrisée de pression du ravageur.

Test en cage

La méthode consiste à réaliser une plantation de salades (18 plants) dans une cage grillagée de 1 m² suivi d'un lâcher de limaces (25 limaces grises *Deroceras reticulatum* / cage). Une tuile est placée au centre de la cage pour servir de refuge diurne aux limaces). L'essai a été conduit selon les préconisations de la méthode CEB n°48. Les conditions climatiques sont celles de saison en plein champ (du 8 au 13 octobre 2004) à la station ACTA de La Saulsaie (01).

Les modalités étudiées (essai bloc à 4 répétitions) :

Témoin non traité

Métaldéhyde en appât : 2 x 18 g de granulé Métarex (De Sangosse) / m², placé dans un tube pvc.

Purin de fougère (Origine J3C Agri), concentration 10 %, traitement 100 ml à 10%/m².

Orthophosphate de fer : 5 g / m² de produit commercial Ferramol.

Placébo de Métarex (granulé sans matière active) : 5 g/ m²

Métaldéhyde en bande : 4 bandes / m² de 9 granulés de Métarex collés sur une bande de papier, pour améliorer la répartition du produit et permettre la possibilité de le récupérer après utilisation, conformément à la réglementation du cahier des charges agriculture biologique (métaldéhyde autorisé en appât, sans contact avec le sol et la plante).

Les contrôles effectués :

La mise en place et les applications ont été réalisées le 8 octobre (jour J) et les contrôles de mortalités et de surface foliaire attaquée sur salades ont été effectués à J+2 et J+5.

Les résultats

Tableau 3 : Mortalités des limaces

	% limaces mortes à J+2	% limaces mortes à J+5
Métaldéhyde en bandes	22 A	66 A
Métaldéhyde en appâts	11 B	20 B
Orthophosphate de fer	3 BC	21 B
Témoin non traité	1 C	1 C
Placebo	0 C	0 C
Purin de fougère	0 C	1 C

Les produits en présence ont un effet létal très différent sur les limaces.

Le métaldéhyde est très létal lorsqu'il est régulièrement réparti sur la surface à protéger (en bandes), il entraîne la mort des 2/3 des limaces en 5 jours. Il est beaucoup moins efficace en appât.

L'orthophosphate de fer a un effet létal sur les limaces. Celui-ci est équivalent au métaldéhyde en appât (21%) au bout de 5 jours, mais l'effet de choc est moindre.

Le purin de fougère ne provoque pas la mort des limaces.

Tableau 4 : Dégâts sur laitues

	% surface foliaire attaquée à J+2	% surface foliaire attaquée à J+5
Orthophosphate de fer	3 B	13 D
Métaldéhyde en bandes	5 B	23 C D
Placebo	6 A B	38 B C
Métaldéhyde en appâts	12 A	47 A B
Témoin non traité	13 A	63 A
Purin de fougère	13 A	66 A

La réduction des dégâts n'est pas complètement corrélée avec l'effet létal des traitements. On distingue :

Les traitements n'ayant aucun effet létal et entraînant un niveau de dégâts très élevé. C'est le cas du purin de fougère dont la protection est nulle au regard du témoin non traité.

Les traitements n'ayant aucun effet létal mais entraînant une réduction significative des dégâts. C'est le cas du Placebo de granulé avec lequel les dégâts sont 2 fois moins importants que sur le témoin très probablement par phénomène « d'indigestion ». Les limaces, gavées de granulé, consomment moins de salade.

Les traitements ayant un effet létal relativement marqué mais réduisant peu les dégâts, comme le métaldéhyde en appât (2 pièges par m²). Les limaces étant passés à proximité des appâts les ont consommés, en sont mortes ou ont réduit leur activité. Cependant, de part la mauvaise répartition des granulé, une partie des limaces ne sont pas en contact avec le produit et ont une activité normale provoquant des dégâts assez importants.

Les traitements ayant un effet létal sur les limaces et limitant fortement les dégâts. Le métaldéhyde en bandes de part la bonne répartition du produit permet, en provoquant la mort des 2/3 des limaces, de réduire d'autant les attaques sur salade.

Quand à l'orthophosphate de fer, bien que son effet létal soit moins marqué que celui du métaldéhyde en bande il réduit encore plus fortement les attaques. Il est possible que la protection

constatée soit liée à l'intoxication partielle qu'il engendre à laquelle vient s'ajouter un effet indigestion (comme le placebo) lié à la forte dose de produit épandu (5 grammes / m²).

Ces observations sont importantes car l'effet d'intoxication partielle et l'effet d'indigestion pourrait être réversible et expliquer par une persistance d'action relativement faible, la forte augmentation des dégâts observée en fin de culture sur les essais au champ du printemps 2003 (voir compte rendu).

Conclusion

L'expérimentation des produits anti limaces en plein champ étant délicate le choix d'un test d'efficacité des produits en conditions contrôlées d'infestation semble intéressant. Il montre que l'orthophosphate de fer (dont le produit commercial Ferramol a reçu une Autorisation Provisoire de Vente en France en 2003) pourrait être une alternative possible au métaldéhyde. Les résultats obtenus dans ce test montre son effet relatif sur la mortalité des limaces et la forte réduction des dégâts occasionnés.

La transposition au champ reste délicate, et nécessite de définir précisément la dose à utiliser, la persistance d'action, et le meilleur moment pour l'application afin de minimiser les quantités utiliser pour ne pas dépasser un coût de protection économiquement acceptable.

Le métaldéhyde en appât (2 par m²) tel qu'il est classiquement utilisé en bio pour respecter le cahier des charges est assez peu efficace.

On pourrait augmenter l'efficacité de cette même molécule (autorisée en bio par dérogation jusqu'au 31 décembre 2006) en améliorant la répartition des granulés sur la surface à protéger par un système de bande qui permettrait de les retirer après usage, en respectant ainsi le cahier des charges de l'agriculture biologique. La mise sur le marché d'un tel procédé pourrait être une voie d'amélioration de la protection des cultures bio contre ce ravageur important dans le cas d'une prolongation, au-delà de 2006, de la dérogation en faveur de son utilisation.

Le purin de fougère n'a montré aucune efficacité dans la lutte contre les limaces.

Références bibliographiques

- LAMBION J., BERRY D., CHABERT A., 2004, Limaces et escargots, des pistes pour limiter les dégâts, Alter-Agri, n°65
BERRY D., 2002, Compte rendu d'essai, Serail
BERRY D., CHABERT A., GANDREY J., GUIGUE F., 2003, compte rendu d'essai, Serail – Acta CEB (commission des essais biologiques), 1999, Méthodes d'essai de préparation molluscicides destinées à lutter contre les limaces nuisibles aux cultures n°48 1-28.

IMPACT DES AMENAGEMENTS PAYSAGERS ET DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES CARABES, AUXILIAIRES DE CULTURE.

S. DIWO-ALLAIN*, A. BOUT*

* CRITT INNOPHYT, 13, avenue des Droits de l'Homme, 45 921 Orléans cedex 9

Résumé :

Pour favoriser la présence des carabes, prédateurs naturels de limaces, deux méthodes ont été étudiées. La première consiste à aménager les abords des champs par des haies et des bandes herbeuses pour leur offrir un lieu de refuge. La seconde consiste à mettre en place un couvert végétal permanent sur des parcelles en non-travail du sol, cette technique favorisant la vie biologique du sol.

Il a été montré que ces deux techniques permettent d'améliorer la biodiversité des carabes, en augmentant d'une part le nombre d'espèces présentes et d'autre part le nombre d'individus. Cette amélioration de la richesse spécifique permet d'avoir sur et aux abords de la parcelle un cortège de prédateurs diversifiés présents tout au long de la saison, capable d'écrêter les pics de populations de limaces.

Mots-clé : carabes, limaces, lutte biologique par conservation, couvert végétal permanent, Haies, biodiversité

INTRODUCTION :

Les carabes sont des insectes coléoptères utiles en agriculture. La plupart se nourrissent de limaces, d'insectes (pucerons...), ou de larves d'autres insectes (taupins...).

Le CRITT INNOPHYT a étudié les moyens de favoriser leur présence dans les cultures afin de faciliter la prédation des limaces.

Deux hypothèses ont été étudiées dans le cadre de deux programmes pluriannuels différents. La première consiste à aménager les abords de parcelles par des haies, des bandes herbeuses ... pour offrir un refuge à ces auxiliaires. La seconde technique, mise au point par le CIRAD sur les sols tropicaux consiste à favoriser la vie biologique du sol (microbiologie et insectes) en mettant en place un couvert végétal permanent sur des sols non travaillés.

L'exposé présentera les méthodes d'échantillonnage, ainsi que les principaux résultats de ces études : impact des bordures de champ et impact du couvert végétal en non travail du sol.

I- Rappel de la biologie des Carabidés et de quelques principes d'écologie.

1- 1 Biologie des Carabidés

Les Carabidés sont des insectes coléoptères répartis en différentes sous-familles : dont les Carabinae et les Harpalinae (Dajoz R. 2002).

Alimentation :

Les adultes sont généralement carnivores (à 80 %). Quelques Carabidés peuvent être phytophages (*Amara*, *Zabrus* ...) et plus particulièrement granivores causant alors des dégâts dans les cultures. Cependant, l'impact global des carabes est positif en terme de régulation des ravageurs (limaces...)

Les larves, présentes dans le sol, sont encore plus prédatrices que les adultes (à 90 %). Elles se nourrissent d'œufs, de jeunes limaces et escargots, ainsi que de larves et d'adultes d'insectes (taupins...). Certaines larves peuvent également présenter un cannibalisme.

Les larves de Carabidés ont donc plus d'impact en lutte biologique que les adultes, qui pour certains sont polyphages et très opportunistes.

Les larves de carabidés vivent dans le sol. Elles sont donc moins connues que les adultes et plus difficiles à quantifier dans un milieu. C'est pourquoi, les études s'intéressent en général aux adultes.

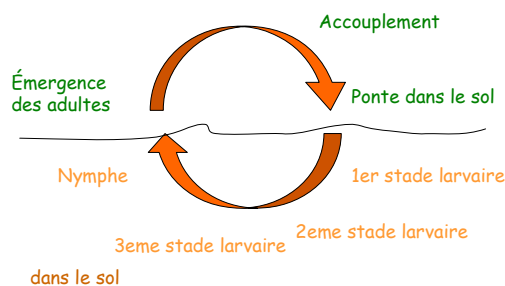
Cycle biologique (figure 1) :

Selon les espèces de Carabidés, on rencontre deux types de reproduction :

- une reproduction printanière pour la majorité des espèces : les adultes émergent au printemps et les divers stades larvaires se développent dans le sol en été.

- une reproduction automnale pour une minorité d'espèces : les adultes émergent en été tandis que les divers stades larvaires sont présents dans le sol en hiver et au printemps.

Figure 1 : Cycle biologique des carabes



1- 2 Notions d'écologie

Richesse d'un milieu – Diversité spécifique - Equitabilité

En écologie, la richesse d'un milieu peut être caractérisée par plusieurs paramètres comme le nombre d'espèces (richesse spécifique) et le nombre d'individus.

Pour apprécier l'équilibre d'un milieu on utilise des indices comme l'Indice d'équitabilité. L'équitabilité permet de comparer la diversité d'un milieu en prenant en compte le nombre d'espèces et le nombre d'individus par espèce par rapport à la diversité théorique maximale. Elle tend vers 0 quand une espèce domine largement, elle est égale à 1 si toutes les espèces ont la même abondance.

Pour la lutte biologique aux moyens des carabes, on estime que lorsque le milieu tend vers l'équilibre, (c'est à dire plus il y a d'espèces et lorsque leur répartition est homogène) on a un cortège d'auxiliaires diversifiés présents tout au long de la saison.

Notion d'espèce pionnière

Lorsque l'on s'intéresse à l'évolution de la biodiversité d'un milieu, on peut noter lors de sa colonisation que certaines espèces s'acclimatent plus facilement à un milieu défavorable ou appauvri. Ce sont des espèces dites pionnières. Elles ont de faibles exigences écologiques.

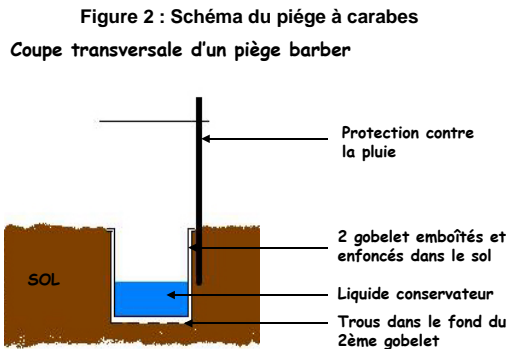
Pour les carabes, les espèces dites pionnières que l'on retrouve le plus souvent dans les grandes cultures sont *Poecilus cupreus* et *Platysma vulgare* (également appelé *Pterostichus melanarius*). Ensuite quand le milieu retrouve une certaine diversité on peut rencontrer des espèces réputées sensibles comme *Carabus auratus*, *Anchomenus dorsalis* ou *Nebria brevicollis* et bien d'autres encore.

II – MATERIEL ET METHODES

2-1 Piégeage des limaces et des carabes

Pour piéger les limaces on utilise des pièges à limace de type INRA-Bayer : il s'agit d'une aqua-nappe carrée de 50 cm de coté posé sur le sol. Le nombre de limaces est relevé une fois par semaine, tôt le matin.

Pour piéger les carabes, on utilise des pots pièges type barber (figure n°2). Un gobelet plastique est enterré au ras du sol. Il contient 1/3 d'eau, du sel (pour éviter le développement de bactéries et de champignons) et quelques gouttes de mouillant (liquide vaisselle sans parfum) pour noyer les individus piégés. Il est relevé chaque semaine (pendant au moins 8 semaines pour avoir une information intéressante). Les insectes piégés sont prélevés et le contenu du gobelet est renouvelé. Les données obtenues par ce piégeage sont le reflet de la semaine : il y a accumulation des carabes dans le pot contrairement aux limaces où la mesure est instantanée.



Les pièges sont disposés en ligne tous les cinq mètres, en alternant piège à limace et piège à carabes.

2-2 Etude de l'impact des bordures de champs

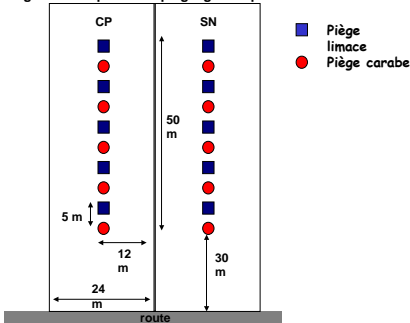
Pour étudier l'impact des bordures, nous avons réalisé une campagne de piégeage sur des parcelles conduites en grandes cultures dans des environnements différents en région Centre (Champagne Tourangelle, Perche, Sologne du Loiret).

2-3 Etude de l'impact du couvert végétal permanent en non-travail du sol

Pour mesurer l'impact du couvert végétal permanent, on place une ligne de pièges sur la zone en couvert végétal permanent et une ligne de pièges sur la zone témoin en non-travail du sol et sol nu lors des intercultures. (Figure 3 : disposition pour mesurer l'impact du couvert végétal par rapport à une zone témoin)

Les parcelles ont été suivies en 2001 au moment de la mise en place du couvert végétal permanent et en 2004, au bout de 3 années de cette pratique.

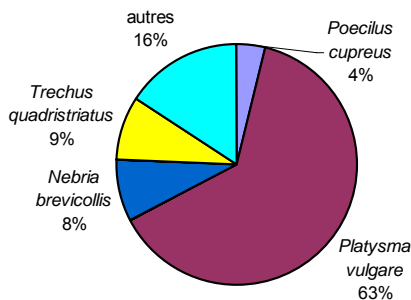
Figure 3 : Dispositif de piégeage comparaison sol nu / couvert permanent



III – RESULTATS DES ETUDES DE L'EFFET DES BORDURES DE CHAMPS

3-1 Résultats

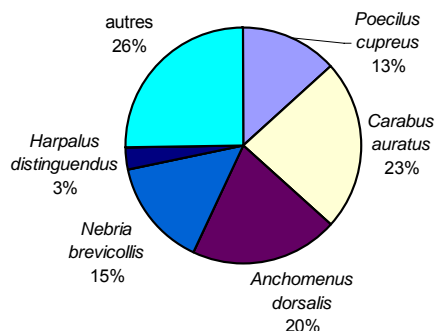
Figure 4 : Répartition des espèces en zone d'openfield et production conventionnelle, (Champagne Tourangelle, Indre et Loire), 1999, culture : orge



La parcelle présentée dans la figure 4 montre une faible diversité, on retrouve une espèce pionnière présentant une forte abondance : *Platysma vulgare*.

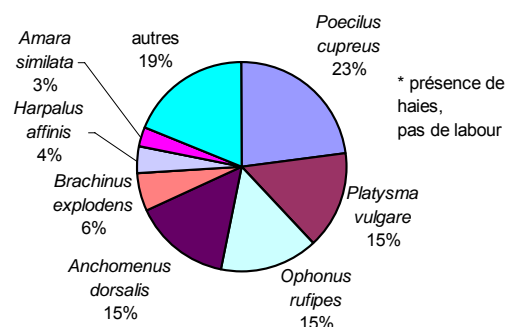
Elle est située dans une plaine céréalière en "openfield", sans haie ni bande herbeuse en bord de parcelle. Elle est conduite en système conventionnel.

Figure 5 : Répartition des espèces en zone bocagère (Perche du Loir et Cher), et agriculture biologique, 1999, culture : orge



La parcelle présentée en figure 5 montre une diversité intéressante : on a une espèce pionnière *Poecilus cupreus* en proportion égale avec trois autres espèces dont *Carabus auratus*. Ce dernier est un gros carabes réputé pour sa prédation des limaces. Les abondances relatives entre les cinq espèces principales sont bien réparties. Cette parcelle située en paysage bocager est conduite en système bio (avec labour au cheval).

Figure 6 : Répartition des espèces en zone bocagère et production intégrée*, (Sologne du Loiret), 1999, cultures : blé et colza



La parcelle présentée en figure 6 montre une diversité intéressante : on a 7 espèces prépondérantes dont deux espèces pionnières *Poecilus cupreus* et *Platysma vulgare*, ainsi que des espèces plus sensibles comme les *Brachinus*.

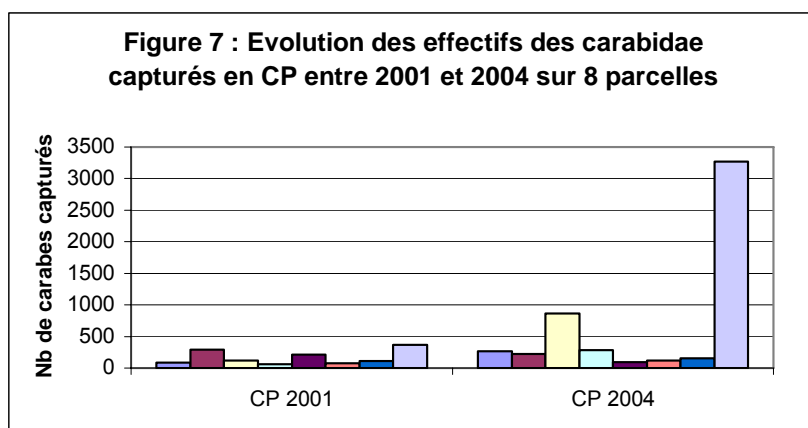
Cette parcelle est conduite en système intégré : taille de parcelles réduites, pas de labour systématique et présence de haies.

3-2 Conclusion

On peut donc noter un effet des abords des champs ainsi que du mode de culture sur la diversité des espèces de carabes. Par ailleurs, une parcelle cultivée en agriculture biologique dans la même région céréalière d'openfield que nous n'avons pas pu présenter ici, montre une faible diversité. Ce résultat ainsi que d'autres informations obtenues au cours de nos différentes études ont montré que l'impact des bordures de champ est plus important que l'impact des pratiques culturales. La présence de haies, de bandes herbeuses, de mares, de talus, de fossés permet une diversification des habitats et favorise donc une plus grande diversité de Carabidés.

IV - RESULTATS ETUDE DE L'IMPACT DU COUVERT VEGETAL PERMANENT EN NON-TRAVAIL DU SOL

4-1 Résultats



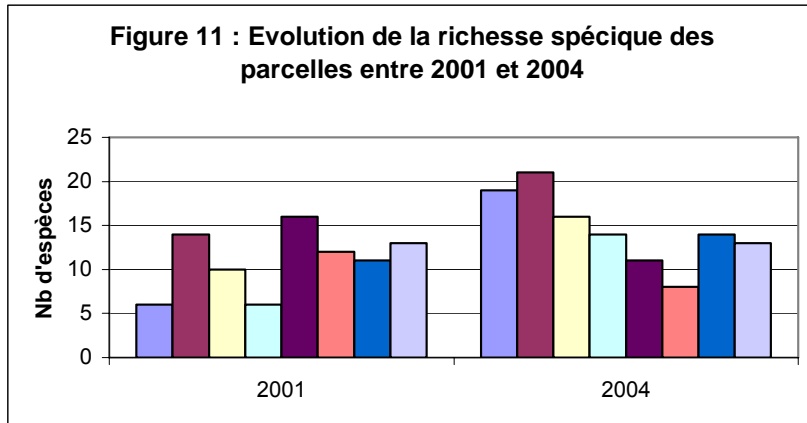
Six parcelles sur huit ont vu leur effectif de carabes augmenter de 2001 à 2004, pour la partie en couvert permanent. Les augmentations du nombre d'individus sont très significatives (figure 7).

Sept parcelles sur huit ont vu leur richesse spécifique augmenter de 2001 à 2004, pour la partie sol nu (figure 10).

4-2 Conclusion

Lorsque l'on regarde ces résultats au niveau de chaque parcelle on remarque que six parcelles sur huit ont vu leur effectif de carabes augmenter sur les 2 zones et une septième en sol nu seulement. Il en est de même pour la richesse spécifique. S'il nous est difficile de conclure quant à la comparaison sol nu, couvert permanent, nous constatons tout de même une très forte évolution des populations entre 2001 et 2004.

En effet, on note l'augmentation des critères suivis (nombre d'individus et richesse spécifique). Il nous apparaît donc nécessaire de regarder à l'échelle globale de la parcelle.



Ainsi, six parcelles sur huit ont vu leur effectif de carabes augmenter de 2001 à 2004 et une septième est stable. Cinq parcelles sur huit ont vu leur richesse spécifique augmenter de 2001 à 2004 et une sixième est stable (figure 11).

De plus pour l'ensemble des parcelles, nous avons noté le recul (en terme de proportion) des espèces pionnières (très présentes en 2001) au profit d'espèces réputées plus sensibles. Les parcelles suivies sont donc un milieu en évolution vers une plus grande diversité et une restauration d'un équilibre entre les espèces.

Nous pensons que la mise en place d'une zone en couvert végétal permanent permet d'améliorer l'habitat des carabes. En favorisant l'hétérogénéité du milieu, cette technique permet une augmentation de la richesse spécifique.

La zone en couvert végétal permanent, agirait comme une bande herbeuse favorisant la diversité des espèces qui iraient coloniser ensuite la partie en sol nu lors des inter-cultures.

CONCLUSION – PERSPECTIVE

Les résultats présentés ici, ainsi que l'ensemble des résultats des différentes études menées au CRITT INNOPHYT depuis 1997 sur la problématique limaces / carabes, nous permettent d'affirmer qu'en aménageant le milieu, il est possible d'obtenir une plus grande diversité d'espèces de carabidés. Ces espèces ont des tailles différentes (17 à 30 mm pour *C. auratus* l'un des plus gros, 6-8 mm pour *Anchomenus dorsalis* l'un des plus petits), des régimes alimentaires variés (limaces pour certains, œufs de limaces et d'insectes, pucerons pour d'autres). Ainsi en favorisant la diversité des espèces on obtient un cortège de prédateurs présents tout au long de la saison, capable de réguler des pics d'infestation de ravageurs, mais également capables de se réguler entre eux.

Deux techniques permettent cette amélioration : la mise en place de haies et de bandes herbeuses en corridor continu et les techniques culturales simplifiée avec maintien d'un couvert végétal permanent tout au long de l'année.

REMERCIEMENTS

Les financeurs des études : Conseil Régional Centre, Ministère de la recherche, Chambre d'agriculture d'Indre et Loire, et les sociétés Lonza et de Sangosse, pour la dernière année.

Les partenaires : Entomologie tourangelle, université de Tours et d'Orléans, les producteurs, ainsi que l'ensemble des stagiaires, salariés, enseignants qui ont participé à ces études.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CADOUX F., DIWO S., ROUGON D. (1999) – Lutte raisonnée contre les limaces, Prévision du risque limace utilisation des carabes comme agent de lutte biologique, Compte - rendu d'étude première année – CRITT INNOPHYT

DAJOZ R. (2002) – Les coléoptères et ténébrionidés. Editions tec et doc. 522 p.

DIWO S. (2001) - Lutte raisonnée contre les limaces, Prévision du risque limace utilisation des carabes comme agent de lutte biologique, Synthèse de la seconde année (1999-2000) – CRITT INNOPHYT

DIWO S. (2001) - Lutte raisonnée contre les limaces, axe de modélisation du risque limace et axe de lutte biologique au moyen de carabidae, Compte - rendu de la troisième phase (2000-2001) – CRITT INNOPHYT

DIWO – ALLAIN Sabine & ROUGON Daniel (2004) – Carabes : auxiliaires des cultures, indicateurs de la biodiversité d'un milieu – Fiche technique CRITT INNOPHYT 4p.

DURENDEAU S. (2001) – Etude de la diversité des carabes (insectes coléoptères) en milieu agricole. Rapport de DEUG université de Tours

PRODUCTION DE SEMENCES POTAGERES BIOLOGIQUES DESHERBAGE DES PORTE-GRAINE

François COLLIN (1), Laura BRUN (1) et Frédéric REY (2)

(1) FNAMS (Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences)

Ferme de Loudes – 11451 Castelnaudary cedex

Tél. : 04.68.94.61.57 – fax : 04.68.94.11.64

E-Mail : fnams.castelnaudary@wanadoo.fr

(2) CIVAM Bio 11 – ZA de sautes à Trèbes – 11001 Carcassonne cedex

Tél. 04.68.11.79.38 – Fax : 04.68.11.79.17

e-mail : biocivam.11@wanadoo.fr

Résumé

Les semences produites en AB comme en agriculture conventionnelle doivent répondre à des normes de qualité : faculté germinative, pureté variétale et spécifique..... Pour assurer ces dernières ainsi qu'un bon développement des porte-graine une lutte efficace contre les adventices est indispensable. Dans cet objectif une première série d'essais désherbage à l'aide de la herse étrille a été mis en oeuvre sur courgette porte-graine durant deux années.

Au cours de la première année d'expérimentation, trois inclinaisons des peignes (25°, 35° et 50°) et deux vitesses d'avancement (2 et 4 km/h) sont testés. Le meilleur compromis d'efficacité et de sélectivité est obtenu avec une inclinaison des peignes à 35° et à 4 km/h. Au cours de la seconde année trois vitesses d'avancement (4, 8 et 12 km/h) sont comparées pour une même inclinaison des peignes : 35°. Plus la vitesse augmente, moins on détruit de porte-graine, s'ils sont bien implantés, et meilleure semble être l'efficacité sur jeunes adventices.

Mots-clés (5) : Semences biologiques, désherbage, herse étrille, efficacité, sélectivité.

Introduction

Parmi les problèmes techniques à résoudre en production de semences biologiques, la lutte contre les adventices (et/ou repousses) est très vite apparue comme une priorité, notamment pour assurer tous les critères qualitatifs d'une « bonne » semence. Les principaux critères à prendre en compte, d'une manière générale, sont :

- la pureté variétale : elle doit être assurée par l'agriculteur multiplicateur, qui doit éliminer toutes les plantes sauvages susceptibles de se croiser avec la plante cultivée (exemple : détruire les ravenelles, *Raphanus raphanistrum* dans une production de radis potager).
- la pureté spécifique : elle est garantie en détruisant les adventices présentes dans la parcelle, dont les graines peuvent entraîner la perte de bonnes semences lors du triage, voire le refus du lot produit si elles s'avèrent intriables.
- l'état sanitaire : certaines plantes peuvent représenter un risque sanitaire pour la culture porte-graine. Ainsi par exemple les moutardes, capselles, ravenelles et autres crucifères peuvent être porteuses d'une bactérie : *Xanthomonas campestris* pv *campestris* et transmettre cette maladie au chou porte-graine dont les semences ne seront pas commercialisables.

La lutte contre les adventices est donc un enjeu majeur en production de semences avec les principales conséquences citées ci-dessus, mais également pour les mêmes raisons agronomiques et sanitaires qu'en culture de consommation : concurrence pour l'eau et les éléments minéraux, étouffement des plantes cultivées...

Par ailleurs, en cultures potagères porte-graine, le nombre d'espèces pouvant être expérimenté est très large. Notre choix pour la mise en place d'un premier essai désherbage s'est d'abord porté sur une plante : la courgette.

A - Méthode

La **sélectivité** est le rapport entre le nombre de plantes cultivées après le désherbage et le nombre avant désherbage sur une surface donnée.

$$\% \text{ sélectivité} = \frac{\text{nombre de plantes après désherbage}}{\text{nombre de plantes avant désherbage}} * 100$$

Le comptage du nombre de courgettes a eu lieu sur 5 placettes de 2 mètres linéaires par traitement.

L'**efficacité du désherbage** sur le peuplement d'adventices a été évaluée à partir de l'analyse du pourcentage de plantes détruites par le hersage :

$$\% \text{ efficacité} = \frac{(\text{nombre d'adventices avant désherbage} - \text{nombre d'adventices après désherbage})}{\text{Nombre d'adventices avant désherbage}} * 100$$

Le comptage du nombre d'adventices a été réalisé sur 5 placettes de 50 cm x 50 cm par traitement.

1 – Essai 2003 – Courgette porte-graine : réglage de la herse étrille (première année)

1.1 - Thème

La courgette, sensible à la concurrence des adventices à un stade jeune et d'apparence fragile, est un modèle intéressant du point de vue du désherbage à la herse étrille. De plus, des premières observations lors de l'utilisation de la herse étrille pour le désherbage d'une courgette semences chez un producteur semblait montrer de bons résultats en terme d'efficacité.

1.2 - Facteurs étudiés.

Les différents réglages de la herse étrille sont testés pour trois agressivités (inclinaison des peignes) et deux vitesses d'avancement (voir tableau I).

Tableau I - Description des traitements effectués.

Essai herse étrille sur courgette porte graine - FNAMS/ITAB/CIVAM BIO 11 - 2003 (Loudes, 11400 Castelnaudary).

Traitements	Stade 2-3 feuilles des courgettes	
	Agressivité : inclinaison des peignes	Vitesse
T1	25 °	2 km/h
T2	25 °	4 km/h
T3	35 °	2 km/h
T4	35 °	4 km/h
T5	50 °	2 km/h
T6	50 °	4 km/h

Toutes les modalités sont précédées de faux semis avant semis des courgettes.

1.3 - Observations et mesures en cours de culture

La herse étrille est passée le 10 juin 2003 au stade 2/3 feuilles des courgettes. Le sol porte une croûte de battance de 0,5 à 1 cm due à l'irrigation, mais friable et facilement émiettable par les dents de la herse étrille.

1.4 - Résultats

Peuplement de la courgette (« sélectivité » du réglage de la herse étrille).

Les comptages de courgettes ont été réalisés le 05/06/03 avant le passage de herse, et le 11/06/03 environ 15 h après le passage de la herse, pour comptabiliser plus facilement les plantes détruites par le hersage.

La herse étrille passe sur l'inter rang et le rang, et arrache souvent des pieds de la culture en place. La sélectivité des différents réglages de la herse étrille est présentée dans le tableau II.

Tableau II - Sélectivité : moyenne des différents réglages de la herse étrille sur courgette.

Essai herse étrille FNAMS/ITAB/CIVAM BIO 11- 2003 (Loudes, 11400 Castelnaudary).

Vitesse	Agressivité (% de pieds de courgette restants après passage de l'outil)			Moyenne
	25°	35°	50°	
2 km/h	89,9 %	74,5 %	53,8 %	72,7 %
4 km/h	82,7 %	79,0 %	62,3 %	74,6 %
Moyenne	86,3 % A	76,7 % A B	58,1 % B	

On constate qu'avec une faible agressivité des peignes (25°), plus on roule lentement, meilleure est la sélectivité : en moyenne il reste près de 90 % des plants de courgettes. Par contre, avec une agressivité plus élevée, il vaut mieux rouler plus vite pour moins détruire la culture.

L'analyse de variance sur la sélectivité a montré des différences significatives entre les modalités d'agressivité (P = 0,0491) mais pas entre les vitesses d'avancement (P = 0,696) (tableau II).

On arrache significativement plus de courgettes avec un réglage à 50° qu'à 25°.

Efficacité du désherbage à court terme (à J+3).

Tableau III - Efficacités moyennes des modalités de désherbage à court terme.

Essai herse étrille sur courgette FNAMS/ITAB/CIVAM BIO 11 - 2003 (Loudes, 11400 Castelnaudary).

Vitesse	Efficacité (% de destruction des adventices)			Moyenne
	25°	35°	50°	
2 km / h	59 %	74 %	86 %	73 %
4 km / h	64 %	80 %	85 %	76 %
Moyenne	62 % A	77 % A B	85 % B	

Les pourcentages de destruction des adventices à court terme sont présentés dans le tableau III.

Plus l'agressivité augmente, plus le désherbage est efficace. A faible agressivité, on observe que la vitesse élevée est plus efficace. Mais avec une forte agressivité, les différences d'efficacité entre les vitesses tendent à se réduire.

L'analyse de variance sur l'efficacité de la herse étrille à court terme montre des différences significatives entre les modalités d'agressivité (P = 0,0229) mais pas entre les vitesses d'avancement (P = 0,425). Ces résultats sont présentés dans le tableau III (les interactions entre agressivité et vitesse sont non significatives).

Efficacité du désherbage à moyen terme (à J+10)

Tableau IV - Efficacités moyennes des modalités de désherbage à moyen terme.

Essai herse étrille sur courgette FNAMS/ITAB/CIVAM BIO 11 - 2003 (Loudes, 11400 Castelnaudary)

Vitesse	Efficacité (% de destruction des adventices)			Moyenne
	25°	35°	50°	
2 km / h	38 %	71 %	83 %	64 % A
4 km / h	60 %	78 %	80 %	73 % B
Moyenne	49 % A	74 % B	81 % B	68 %

L'efficacité de destruction des adventices à moyen terme prend en compte les plantes détruites lors du désherbage, plus celles qui ont souffert du désherbage et qui sont mortes après, moins les nouvelles levées d'adventices.

Les efficacités à moyen terme (voir tableau IV) sont plus faibles que celles à court terme, à cause des nouvelles levées d'adventices. Par rapport au court terme, l'efficacité du réglage des peignes à 25° a nettement plus diminué que celle des autres réglages.

Les réglages les plus agressifs semblent avoir plus atteint les filaments de germination présents dans le sol. L'effet du hersage dure plus longtemps.

A moyen terme, il existe des différences significatives entre les réglages d'agressivité ($P=0,00283$) et entre les vitesses d'avancement ($P=0,0083$). Le test de Newman-Keuls montre une efficacité significativement plus faible du réglage de herse étrille à 25° et de la vitesse d'avancement à 2 km/h (voir tableau IV).

1.5 A retenir de cette première expérimentation

Le réglage de la herse étrille doit prendre en compte l'arrachage des courgettes et l'efficacité du désherbage. Le réglage à 35° et 4 km/h semble un compromis acceptable si le semis a été surdosé de l'ordre de 25 %.

En général, l'efficacité de la herse étrille est augmentée si l'écart de développement entre les courgettes et les adventices est important (l'emploi de plusieurs faux-semis avant l'implantation sert à augmenter cet écart).

Cet essai démontre l'intérêt de la herse étrille qui, par sa conception, agit autant sur le rang que sur l'inter-rang. Cette expérimentation devrait cependant être renouvelée avec des vitesses d'avancement plus rapides (15 km/h par exemple) pour confirmer l'augmentation de sélectivité des fortes agressivités à grande vitesse. De plus, la herse étrille pourrait être testée à différents stades de la courgette (1-2 feuilles, 4-6 feuilles...) pour observer les stades où elle résiste le mieux.

Un passage de herse étrille en post-semis/pré-levée de la courgette permettrait de réduire encore l'enherbement, dans la mesure où le dernier faux-semis est effectué 4 à 5 jours avant le semis du porte-graine.

2 – Essai 2004 – Courgette porte-graine : réglage de la herse étrille (seconde année)

2.1 - Objectifs

Tester différentes vitesses de passage d'une herse étrille sur une culture de courgettes porte-graine.

2.2 - Facteurs étudiés

Trois vitesses d'avancement sont comparées à une modalité témoin non désherbée pour une seule agressivité des peignes : 35° (Voir tableau VI).

Tableau VI - Description des traitements effectués
Essai herse étrille sur courgette FNAMS/ITAB/CIVAM BIO 11 -2004
(Loudes, 11400 Castelnaudary)

Traitements	Stade 2-3 feuilles des courgettes
	Vitesse
T1	Non désherbé
T2	4 km/h
T3	8 km/h
T4	12 km/h

Toutes les modalités sont précédées de faux semis avant semis des courgettes

Semis

Les courgettes ont été semées le 25/05/04, à une densité de 7,5 graines/m.l., placées de 1,5 à 2 cm de profondeur et avec un interligne de 80 cm.

Réglage de la herse étrille

La herse étrille a été placée le plus horizontalement possible grâce au 3° point du tracteur et aux roues porteuses. Les dents de la herse étrille sont d'un diamètre de 7 mm (vraisemblablement un

peu gros pour une culture de courgette) et leur agressivité est restée fixe sur l'ensemble des traitements (les dents forment un angle de 35° par rapport au sol).

2.3 - Conditions de réalisation

La herse étrille a été passée le 18/06/04 au stade 2-3 feuilles des courgettes. Le sol portait une croûte de battance de 0,5 à 1 cm due à l'irrigation, mais friable et qui a facilement été cassée par les dents de la herse. Le sol était plus frais en profondeur. Le sol était plat et sans pierres, mais les ornières causées par le tracteur lors du semis ont empêché la herse étrille d'éliminer correctement les adventices dans le passage des roues.

2.4 – Résultats

Peuplement de la courgette ("sélectivité" du réglage de la herse étrille)

Des comptages de courgettes ont été réalisés le 10/06/04 avant le passage de la herse et le 28/06/04, soit 10 jours après le passage de la herse pour comptabiliser les plantes détruites par le désherbage.

La herse étrille désherbe la totalité de la surface (rang et inter rang), et arrache souvent des pieds de la culture en place. La sélectivité des différents réglages de la herse étrille est présentée dans le tableau V.

Tableau V - Sélectivité moyenne des différents réglages de la herse étrille sur courgette et résultat du test statistique.

Essai herse étrille sur courgette FNAMS/ITAB/CIVAM BIO 11 - 2004 (Loudes, 11400 Castelnaudary)

Modalité	Sélectivité à J+10 avec la modalité témoin (% de pieds restants après outil)	Sélectivité à J+10 sans la modalité témoin
Témoin	100 %	C
Herse étrille à 4 km/h	71 %	A B
Herse étrille à 8 km/h	45 %	A
Herse étrille à 12 km/h	80 %	B C
Moyenne	77 %	69 %
ETR	0,15	0,17
% C.V.	19,62 %	25,23 %
Significativité	HS	NS
Probabilité du F	0,00203	0,10655

Au cours de cette seconde année d'expérimentation, on confirme que la culture est moins détruite à grande vitesse.

L'analyse de variance sur la sélectivité a montré des différences significatives entre les modalités : les modalités 4 et 8 km/h sont significativement différentes de la modalité non désherbée. (Voir tableau V)

Par contre, on n'arrache pas significativement plus de courgettes avec un avancement à 12 km/h que dans le témoin non désherbé. Cependant si l'on compare uniquement les modalités désherbées, il n'y a pas de différence significative entre traitements, ceci est vraisemblablement dû à l'hétérogénéité des placettes. (Voir tableau V).

Impact des techniques sur l'enherbement

Le comptage des adventices a eu lieu les 15/06/04 (avant hersage), 21/06/04 (3 jours après le hersage) et 28/06/04 (pour évaluer l'efficacité à moyen terme du hersage).

Les pourcentages de destruction des adventices à court et moyen terme sont présentés dans le tableau VI.

Tableau VI - Résultats des analyses statistiques sur les pourcentages de destruction des adventices à court terme et moyen terme.

Modalité	Efficacité à court terme le 21/06/04 (J+3)	Efficacité à moyen terme le 28/06/04 (J+10)
Témoin	11 % B	22 % B
Herse étrille à 4 km/h	79 % A	73 % A
Herse étrille à 8 km/h	84 % A	81 % A
Herse étrille à 12 km/h	76 % A	74 % A
Moyenne	62,5 %	62,5 %
ETR	0.16	0.16
% C.V.	25.67 %	25.96 %
Significativité	HS	HS
Probabilité du F	0.00001	0.00012

B - Efficacité du désherbage à court terme

Comme pour l'arrachage des courgettes, la herse étrille a tendance à être plus agressive à 8 km/h, bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les modalités désherbées.

Il existe des différences significatives entre la modalité non désherbée et les modalités désherbées, mais pas entre les différentes vitesses de passage de la herse étrille.

C - Efficacité du désherbage à moyen terme

L'efficacité de destruction des adventices à moyen terme prend en compte les plantes détruites lors du désherbage, plus celles qui ont souffert du désherbage et qui sont mortes après, moins les nouvelles levées d'adventices.

Les efficacités moyennes des différents réglages de herse étrille à moyen terme et leur analyse de variance sont notées dans le tableau VI.

Globalement, l'efficacité de la herse étrille baisse légèrement avec le temps dans les modalités désherbées (79,6 % contre 76 % en moyenne sur les trois vitesses) alors qu'elle augmente sur la modalité témoin (concurrence entre plantes).

A moyen terme comme à court terme, le test de Newman-Keuls ne montre pas d'efficacité significativement différente entre les modalités de désherbage (Voir tableau VI).

Conclusion

Le réglage de la herse étrille doit prendre en compte l'arrachage des courgettes et l'efficacité du désherbage. Or, il n'existe pas de différence significative entre les efficacités de désherbage des trois vitesses de passage de la herse étrille. Seule la modalité à 12 km/h montre une sélectivité des courgettes comparable au témoin (pas de différence significative de plants arrachés entre le témoin non désherbé et le traitement à 12 km/h). Un avancement de 12 km/h semble donc un compromis acceptable si les courgettes sont semées assez profondément et que le semis est surdosé de 20 %.

Les résultats observés l'année précédente ont été confirmés : pour désherber avec une herse étrille, il vaut mieux rouler à une vitesse élevée, au risque d'arracher des plantes. De plus, le sol est mieux travaillé à grande vitesse : la croûte de surface est émietlée en plus petit morceaux.

Les efficacités de désherbage, sur le rang comme sur l'inter rang, montrent l'intérêt de l'utilisation de la herse étrille pour cette culture et à ce stade jeune. En général, l'efficacité de la herse étrille est augmentée si l'écart de développement entre les courgettes et les adventices est important (l'emploi de plusieurs faux-semis avant l'implantation sert à augmenter cet écart).

Des dents de vibroculteur placées sur le semoir pour effacer les empreintes de roues auraient éliminé les "ornières" causées par le tracteur lors du semis et l'efficacité de la herse étrille aurait été augmentée.

De plus, la herse étrille pourrait être testée à différents stades de la courgette (1-2 feuilles, 4-6 feuilles...) pour observer les stades où elle résiste le mieux.

Enfin pour un même angle de travail (35° par rapport au sol) et une vitesse de 12 km/h, il serait utile de tester des dents de diamètre inférieur : 6 mm. Elles devraient moins arracher les porte-graine et être d'une efficacité comparable sur jeunes adventices.

PROTECTION BIOLOGIQUE CONTRE LES MALADIES FOLIAIRES DU POIREAU

F BERGEON

Chambre d'Agriculture de Loir et Cher
SELT (Station d'Expérimentation Légumière) 41250 Tour en Sologne

Résumé

Le poireau doit satisfaire aux exigences qualitatives du marché qui impose, en agriculture biologique comme en agriculture conventionnelle, un produit dépourvu de défauts visuels (taches foliaires par exemple). Dans ce contexte, la SELT expérimente depuis 4 ans des méthodes de lutte contre les maladies du feuillage du poireau, en AB et en itinéraire conventionnel. Les maladies foliaires principales (graisse, rouille, *Alternaria* et mildiou) et les maladies secondaires causent des dégâts parfois très importants : perte de peuplement, frein sur la croissance, parage supplémentaire ou déclassement du produit. Les risques de maladie sont conditionnés par la pression de l'environnement extérieur à l'exploitation (zone de production intensive) ou intérieur (rotation des cultures insuffisante par exemple). Si l'on a optimisé les conditions de culture (état structural favorable, équilibre des ressources fertilisantes et hydriques), des moyens pour stimuler la résistance naturelle sont proposés. Des itinéraires « stimulants » avec pralinage, pulvérisation de purins et décoctions ont donné des résultats encourageants dans des essais conduits à la SELT. Par ailleurs, la protection préventive avec des produits cupriques à des faibles doses peut être envisageable avec l'application d'un modèle des risques des maladies fongiques.

Mots –clés : poireau, maladies du feuillage, agriculture biologique, cuivre, modélisation

1- Contexte

Pour être commercialisé en frais, le poireau doit satisfaire aux exigences qualitatives du marché : un aspect homogène (calibre, couleur, forme, longueur de fût) mais aussi un état sanitaire correct, c'est à dire l'absence totale de taches après épluchage.

Depuis 1998, des travaux ont été engagés à la SELT dans le but d'optimiser les applications fongiques contre les maladies et parasites grâce à l'utilisation de modèles épidémiologiques. Dans ce but, depuis 2000, des tests en AB ont pu être menés pour comparer des pratiques (pulvérisations ou poudrages d'amendements ou d'engrais solubles) ou des programmes comportant des substances stimulantes (telles que les purins et décoctions) ou des produits cupriques autorisés en AB.

2- Les maladies du poireau : le poireau est exposé à de nombreuses maladies :

▪ Principales maladies foliaires :

La graisse (maladie bactérienne)

Maladies cryptogamiques : la rouille, l'*alternaria*, le mildiou.

Maladies secondaires :

→ Sur pépinière :

- La fonte des semis (*Rhizoctonia s.*, *Botrytis SP.*, *Sclerotium c.*, *Pythium de baryanum*)
- Charbon de l'oignon (*Urocystis cepulae*)
- La pourriture blanche (*Sclerotium cepivorum*)

→ Sur pépinière et en culture :

- Maladie des racines roses (*Pyrenochaeta terrestris*)
- La fusariose basale (*Fusarium roseum culmorum*)
- La graisse *Pseudomonas syringae*

3- Biologie et dégâts provoqués par les principales maladies foliaires du poireau :

Quatre maladies graves et fréquentes provoquent des dégâts sur le feuillage et portent alors préjudice sur le produit au moment de la mise en marché :

■ La graisse (*Pseudomonas syringae pv. porri*)

Cette maladie bactérienne d'abord observée en pépinière, tend à se développer en culture. La bactérie transmise par les semences s'installe sur des parcelles souvent cultivées en Allium. Les conditions favorables aux contaminations sont les longues périodes pluvieuses et les températures de l'ordre de 20°C. Les feuilles des poireaux atteints ont des stries allongées à bordure huileuse. Il peut s'ensuivre le dessèchement et la mort du poireau.

■ La rouille (*Puccinia porri* et *Puccinia allii*)

La rouille se manifeste sous la forme de pustules orangées plus ou moins foncées. Celles-ci sont visibles sur les deux faces des feuilles. Les feuilles de la base sont d'abord atteintes puis la maladie gagne les étages supérieures. Le niveau des risques est en relation directe avec les conditions climatiques ; l'optimum se situant en fin d'été lorsque il y a alternance de périodes sèches (3 à 7 jours) et de périodes pluvieuses courtes. L'épidémie est assez homogène sur la parcelle pour une même variété.

■ L'alternariose (*Alternaria porri* et *stemphylium spp*)

L'alternariose est fréquente sur les cultures d'automne à hiver ; elle se caractérise par des taches losangiques de couleur pourpre qui apparaissent sur les feuilles les plus âgées, généralement à leur extrémité ou au niveau de blessures ou sur le fût à hauteur du croisement des feuilles. Les conditions de développement de cette maladie sont assez « souples » en matière de températures puisque ce champignon peut se développer entre 12 et 34°C avec un optimum situé aux environs de 25°C. La sporulation et l'infection nécessitent une humidité importante. L'épidémie est souvent très hétérogène sur la parcelle.

■ Le mildiou (*Phytophthora porri*)

Le mildiou apparaît sur les cultures d'hiver et début de printemps ; il provoque des taches allongées, d'abord livides, puis blanchâtres. En situation propice on observe une pourriture molle des feuilles. Le développement du champignon est peu exigeant sur le plan thermique ; il peut se développer de 1° à 25°C avec un optimum aux environs de 17°C. Cette maladie est surtout à craindre en période douce et humide (10 à 15°C par temps pluvieux)

Conséquences des attaques de maladies foliaires :

■ Perte de peuplement

La plante peut dépérir rapidement lorsque la maladie (ou l'association de maladies) atteint progressivement l'ensemble des feuilles.

■ Frein sur la croissance

La rupture de l'épiderme des feuilles provoque un dessèchement progressif des feuilles,

■ Parage supplémentaire et déclassement éventuel du produit

■ Taux élevé de déchets

4-Mesures générales de protection contre les maladies foliaires :

■ Éviter de cultiver du poireau sur une zone de production intensive

Les zones de production sont assez stables autour de structures économiques spécialisées. A l'intérieur de ces régions de monoculture, les spores des champignons peuvent être véhiculées par les mouvements d'air sur les pépinières et sur les cultures.

■ **Pratiquer la rotation des cultures**

Les risques d'épidémies et leur gravité sont en relation avec le rythme de retour des allium sur la parcelle. Les rotations supérieures à 5 ans sans allium sont très favorables : La réalisation d'assolements avec des espèces très diversifiées (légumes feuilles, racines, fruits) permet de perturber le cycle biologique du champignon.

■ **Optimiser les conditions de culture**

Les maladies cryptogamiques sont d'abord observées sur les feuilles les moins vigoureuses (cellules sénescentes) et sur les plantes peu vigoureuses.

Les conditions de plantation et les itinéraires techniques doivent inclure des pratiques permettant :

- ◆ **Un bon état structural du sol**
- ◆ **Un équilibre des ressources fertilisantes**
- ◆ **Une alimentation en eau suffisante**

◆ **Choisir des variétés moins sensibles**

Les essais sur les variétés démontrent des écarts de sensibilité entre les variétés (intensité variable des lésions)

■ **Stimuler la résistance naturelle**

Les observations réalisées chez des maraîchers AB réalisant des pulvérisations avec des purins ou des décoctions ont permis de relever une certaine efficacité de ces produits ; cependant, ces produits « fermiers » sont difficilement reproductibles, donc difficiles à tester. Un essai réalisé à la SELT en 2002 a permis de comparer des stratégies basées sur des purins et décoctions fabriqués par des sociétés, donc « standard » ; ces produits apportent des résultats encourageants.

Cependant, des essais de la SECL en 2002 et de la SELT en 2004 sur 2 « engrais foliaires » sont moins convaincants.

5- Essai 2002 : « préparations fertilisantes » (St Claude de Diray, 41)

■ **Culture et protocole :**

- ◆ poireau biologique,
- ◆ Essai bloc à 4 répétitions,
- ◆ modalités comparées : selon un protocole élaboré en relation avec les fabricants :
 - **témoin non traité,**
 - **modalité cuivre (hydroxyde de cuivre) avec modélisation,**
 - **purins de plantes (ortie/prêle) : société Dam'nature-Mazières,**
 - **purins de plantes (ortie/prêle) et lait d'argile : société J3C Agri**

Tableau I : Stratégies comparées :

Sociétés	pralinages	Pulvérisations foliaires	Purins décoctions &	Fixateur
Témoin cuivre		2 applications à 5 Kg/ha de PC		
J3C AGRI	ARGIPLANTE 2 minutes	3 à 5	Ortie, prêle, fougère	Lait d'argile
Dam'Nature/Mazière	Purin d'ortie 24 à 36 H	3	Ortie, prêle	

Les « préparations fertilisantes » ne sont pas homologuées en traitement sanitaire des cultures

■ **Résultats :**

Pendant l'été (juillet à fin août), les poireaux étaient plus verts et semblaient plus vigoureux dans la modalité MAZIERE,

A la récolte, après épluchage et parage à 55 cm, nous avons réalisé des comptages sur 40 poireaux par parcelle du nombre de taches d'*Alternaria* et du nombre de feuilles avec des taches de rouille. Le rendement est exprimé en grammes par poireau (moyenne sur 40 poireaux prélevés).

Tableau II : Comparaison des stratégies : attaques d'*Alternaria* et de rouille, poids moyen des poireaux (moyenne des 4 répétitions)

Modalités	Témoin traité	non traité	Témoin Cuivre	J3C AGRI	MAZIERE/Dam nature
Nombre de taches d' <i>Alternaria</i>	58		32	39	56
Nombre de feuilles avec rouille	21		10	17	19
Poids moyen des poireaux en grammes	196		214	216	197

Le test est significatif sur 3 modalités

L'effet visuel observé sur la modalité MAZIERE ne s'est pas confirmé dans les résultats. Dans cet essai, l'itinéraire proposé par J3C AGRI avec la réalisation de pralinages et de traitements du feuillage avec des purins de plantes et du lait d'argile a donné des résultats appréciables : le niveau d'attaque en *Alternaria* et le poids moyen sont comparables au témoin traité au cuivre.

6- Essai 2002 et 2004 : « engrais foliaires »

■ **Culture et protocole :**

Ces 2 essais ont été mis en place selon des pratiques observées chez des maraîchers :

- ◆ **Essai Lithothamne** (SELT 2004) :
 - essai à 3 répétitions sur une culture de poireaux plantés le 1^{er} juillet ;
 - dose de lithothamne = 200Kg/ha/application ;
 - 3 applications les 3 août, 17 août et 3 sept ;
- ◆ **Essai Top-Phyt culture** (S.E.C.L.2002) :
 - essai à 2 répétitions sur une culture de poireaux d'hiver ;
 - plusieurs modalités avec 2 à 4 applications de juillet à septembre.
 - dose : 5 l/ha + 1 l/ha de Héliosol (mouillant), mouillage 400 litres de bouillie/ha

Tableau III : Caractéristiques des produits comparés :

Produits	Types	Sociétés	Compositions	Applications
Lithothamne 400	Amendement calcique	Eurofertil	42,5% CaO 3% magnésie	3 Poudrages
Top-Phyt culture *	Engrais foliaire	Sodicalima	Oligo-éléments : Bore, cobalt, cuivre, manganèse, zinc	2 à 4 Pulvérisations

*Le Top-Phyt culture contient également des extraits de plantes (ortie, prêle, tanaisie) ainsi que des spores de rouille du poireau (méthode homéopathique)

■ **Résultats :**

- ◆ **Lithothamne :**

L'application de lithothamne par poudrage en culture de plein champ ne semble pas avoir eu d'action directe, **ni sur rouille ni sur *Alternaria***, probablement car l'amendement est rapidement lessivé au sol par les pluies et les irrigations.

- ◆ Top-Phyt culture : pas d'efficacité réelle de ce produit contre rouille et *Alternaria*.

Ces résultats devront être confortés par des essais complémentaires sur d'autres sites d'essais.

7- La protection raisonnée à base de cuivre :

La liste des produits efficaces contre les maladies des cultures légumières en AB est très réduite ; en ce qui concerne le poireau, seuls des produits contenant du **cuivre** sont à la fois homologués contre le mildiou ou la graisse et autorisés en AB, sous forme d'hydroxyde et de sulfate de cuivre.

L'utilisation de ces spécialités commerciales à action préventive devrait être raisonnée en fonction des risques avérés, afin d'améliorer leur efficacité et de répondre à la nouvelle réglementation européenne de l'AB qui limite les doses de cuivre utilisables à 8 Kg/ha/an. C'est dans cet objectif que des nouveaux outils d'aide à la décision, issus de «la modélisation des maladies cryptogamiques», permettront d'optimiser l'efficacité des traitements.

Un modèle est un outil d'aide à la décision adapté à la lutte préventive. Le modèle indique un risque devant permettre d'élaborer une stratégie par rapport à une culture, une maladie et une zone géographique. Il nécessite un réseau de capteurs météo de proximité

■ **Test 2002 (St Claude de Diray) : stratégies d'application du cuivre (hydroxyde de cuivre)**

◆ **Culture et protocole :**

- poireau biologique,
- Essai bloc à 4 répétitions,
- Modalités comparées :

- **témoin non traité,**
- **cuivre** (hydroxyde de cuivre) **sans** modélisation : traitement hebdomadaire pendant 10 semaines
- **Stratégie K 1** : **cuivre** (hydroxyde de cuivre) **avec** modélisation : 2 traitements : **22/08 et 2/10**
- **Stratégie K 2** : **cuivre** (hydroxyde de cuivre) **avec** modélisation : 2 traitements : **28/08 et 27/09**

Tableau IV : Stratégies comparées :

Modalités	Nombre traitements	Date du 1er traitement	Date du dernier traitement
Témoin non traité	0		
Cuivre hebdomadaire	10	24 juillet	31 octobre
Stratégie K 1	2	22 août	2 octobre
Stratégie K 2	2	28 août	27 septembre

- ◆ **Résultats** : à la récolte, les poireaux ont été épluchés et taillés à 55 cm. Le comptage des taches d'*Alternaria* après parage a été réalisé sur 40 poireaux par parcelle :

Tableau V : Comparaison des stratégies : attaques d'*Alternaria* (moyenne des 4 répétitions)

Modalités	Nombre de taches d' <i>Alternaria</i>	Classe statistique
Témoin non traité	58	a
Traitements hebdomadaires Cuivre	50	a
Stratégie K 1	38	b
Stratégie K 2	32	b

L'efficacité du cuivre pour lutter contre l'*Alternaria* est limitée : le nombre de taches est élevé dans les 4 modalités (32 à 58 taches).

Les 2 stratégies K1 et K2, avec seulement 2 traitements au cuivre réalisés selon la modélisation ont permis de réduire sensiblement le nombre de taches d'*Alternaria* par rapport au témoin non traité et aux traitements hebdomadaires au cuivre. Ces derniers affaiblissent la culture et ne présentent pas d'intérêt par rapport au témoin non traité.

La stratégie K2 (32 taches) a permis un résultat meilleur que la stratégie K1 (38 taches).

Il conviendra de renouveler ce type d'essais de traitements basés sur la modélisation, en étudiant notamment d'autres modèles comme « TomCast » (*Tomato disease forecasting*), qui est un modèle simple basé sur les conditions climatiques prédictives du développement des maladies fongiques de la tomate.

CONCLUSION

Ces différents tests qui concernent l'itinéraire de culture à différents stades sont des moyens non exhaustifs d'action contre les maladies du feuillage du poireau.

Il conviendra de poursuivre les expérimentations sur les stratégies à base de produits de type SDN (stimulateurs des résistances naturelles) ou avec des préparations fertilisantes (purins et décoctions) stables et homogènes ; il est également nécessaire de renouveler des travaux avec des fongicides cupriques axés sur une lutte raisonnée s'appuyant sur les modèles de maladies fongiques.

Bibliographie

- BOURGEON F., 2002 - Itinéraire de lutte contre les maladies, station SELT
 BOURGEON F., 2004 - Itinéraire de lutte contre les maladies, station SELT
 LE BOEC J., ERARD P., LETEINTURIER J. (Ctifl) - Le poireau, guide pratique.
 THICOÏPE J. P., 2001 - *Alternaria* à surveiller . Réussir Fruits et légumes, N°119
 GUIBERT M. Lutte raisonnée contre l'*alternaria* du poireau : mémoire de fin d'études ISAB 2003 /2004.
 PORTENEUVE C., 2002 - Lutte contre les maladies foliaires, station SECL.

OIGNON DE SEMIS : DESHERBAGE THERMIQUE MODALITES ET STRATEGIES

M. PERUS

CTIFL/PLRN - Route d'Estaires 62840 Lorgies

D. GREBERT

PLRN - Route d'Estaires 62810 Lorgies

Résumé

Le travail mis en place à la station PLRN depuis 3 ans vise à cerner les possibilités d'utiliser, en post levée sur différentes espèces, le désherbage thermique en flamme directe entre rangs, pour une meilleure maîtrise de l'enherbement sur le rang.

L'essai 2004 met en comparaison 3 doses de gaz 33, 25 et 19 kg/ha en recherche du meilleur compromis sélectivité/efficacité. Suite aux résultats 2003, les interventions sont réglées sur le stade des adventices et les buses choisies sont mieux adaptées (moins de flottement de flamme). Les résultats positifs et équivalents en efficacité et sélectivité laissent entrevoir la possibilité de réduire notablement les quantités de gaz mises en jeu.

La technique est jouable mais reste délicate; elle nécessite un matériel adapté et précis et une bonne gestion des dates d'intervention. Il serait intéressant poursuivre le travail avec des volumes encore plus bas et des passages plus nombreux sur des flores très envahissantes

Mots clés : Oignon de semis – Désherbage thermique – Adventices – Méthodes alternatives

Introduction

La production biologique d'oignons utilise essentiellement la plantation de bulbilles, une pratique qui permet d'obtenir des calibres acceptables, dans un contexte où le mildiou, capable d'anéantir totalement la végétation tôt en saison, est mal maîtrisé.

Cette technique est à la fois coûteuse et confrontée au problème récurrent de la pourriture blanche.

Le semis offrirait une plus grande facilité de mise en œuvre, une forte réduction du coût et, de plus, intéresserait la transformation (oignon blanc). Parmi les obstacles majeurs qui s'opposent à son utilisation, il y a la maîtrise des adventices, pour laquelle le désherbage thermique pourrait apporter des solutions.

Des essais en flamme directe entre rangs sont menés depuis 3 ans; ils ont pour objectif la mise au point d'une stratégie permettant une réduction de l'enherbement sur celui ci.

La technique est utilisable sur bulbilles où le compromis sélectivité / efficacité est correct à partir du stade 3-4 feuilles.

On cherche sur oignon de semis à gérer les adventices dans la période précédant ce stade.

En 2003, 2 passages enchaînés aux stades 1^{ère} et 2^{ème} feuille avaient entraîné une perte de population de 26 % avec une maîtrise nulle de l'enherbement pour des quantités respectives de gaz/ha utilisées de 37 et 30 kg/ha .

On recherche en 2004 de meilleures efficacité et sélectivité par une gestion plus précise des quantités de gaz mises en jeu et un recadrage des décisions d'intervention.

Matériels et méthodes

➤ **Matériel utilisé / Caractéristiques techniques**

- Appareil Delta = 5 brûleurs par rampe de 1,5 m de large. Réglage hauteur : 10 cm
Chaque brûleur élémentaire est orienté en biais à 45°.
- Consommation en **kg gaz/brûleur/heure** à pression constante de 2 kg :

buse	Buse 80	Buse 100	Buse 120	Buse 140	Buse 160
Consommation en kg gaz/brûleur/heure	1.39	2.15	3.1	4.26	5.55

- Soit une consommation théorique en **kg /ha** de gaz pour une largeur d'outil de 1,50 m :

Buse	Vitesse avancement tracteur							
	2 km/h	2.2 km/h	2.5 km/h	2.9 km/h	3 km/h	3.8 km/h	4 km/h	5 km/h
80	23	33	18.5	25	15	19	12	9
100	36		29		24		18	14
120	52		41		34		26	21

Chiffres arrondis

➤ **Modalités testées et stratégies d'intervention**

- En 2003 des problèmes de sélectivité ont été observés avec des buses de 120 et des consommations sur 2 passages respectivement de 37 et 34 kg/ha.
- En 2004 on veut tester des débits inférieurs avec des buses de 100, mieux adaptées car offrant moins de flottement de flamme et plus sélectives.
- 3 consommations dégressives sont choisies en fonction des caractéristiques du tracteur :
 - ♦ **V1** 2.2 km/h (1 500 tours 1^{ère} BL) soit # **33 kg/ha**
 - ♦ **V2** 2.9 km/h (2 000 tours 1^{ère} BL) soit # **25 kg/ha**
 - ♦ **V3** 3.8 km/h (1200 tours 3^{ème} BL) soit # **19 kg/ha**

En 2003, le déclenchement des interventions, réglé sur le stade de sélectivité de l'oignon (1^{ère} feuille) avait entraîné un décalage avec le développement des adventices et abouti à une perte forte d'efficacité.

En 2004, le déclenchement se fait sur le stade optimal de sensibilité des adventices (cotylédons) ce qui correspond pour l'oignon au stade fouet/1^{ère} feuille.

La cadence des reprises d'intervention est également réglée sur les adventices et pouvait à priori différer entre les 3 modalités, ce qui ne sera pas le cas.

A partir du stade 3 feuilles développées, l'ensemble de la parcelle est mené à terme de façon identique, avec 2 binages mécaniques entre rangs (bineuse Roger).

➤ Dispositif

Blocs de Fischer à 3 répétitions avec témoin adjacent non désherbé thermiquement

Parcelle élémentaire = 1 planche de 30 ml sur 1.5 ml.

Désherbage thermique avec finition manuelle	V1	Témoin adjacent sans désherbage thermique	
	V2		
	V3		
	V1		Thermique
	V2		
	V3		
	V1		
	V2		
	V3		

- Sur la période où est appliqué le thermique, le témoin adjacent est désherbé manuellement.
- A partir du stade 3 feuilles il suit le même cursus que la parcelle thermique (binages mécaniques).
- Pour compléter d'informations, l'extrémité des parcelles en thermique reçoit une finition de désherbage manuelle.

Déroulement de la culture

- Préparation de sol au cultivateur le 1^{er} mars ;
- Destruction thermique du faux semis le 29 mars ;
- Semis le 30 mars, variété ROMITO (VOLTZ), densité 30 graines au ml ;
- Désherbage thermique général de prélevée en plein le 9 avril, renouvelé le 15 avril ;
- La lutte anti-mildiou est réalisée avec LABICUPER, Bouillie Bordelaise et KOCIDE (+ HELIOSOL) en 5 interventions du 11 juin au 13 juillet.

Interventions de brûlage post-levée entre rangs :

- 1) le 28 avril, stade fouet à tout début 1^{ère} feuille.
- 2) le 6 mai, stade 2^{ème} feuille.

Interventions complémentaires et communes de binage entre rangs :

- Deux passages de bineuse Roger sont effectués les 3 et 7 juin sur l'ensemble de la parcelle.
- Ils sont complétés d'un léger passage manuel pour enlèvement des quelques grandes adventices le 9 juin (estimation 52 h/ha).

Résultats

[Analyses de variances sur Statbox / Transformation arcsin √% pour les %]

➤ Sélectivité :

• Impact des itinéraires sur la population d'oignons

Les comptages sont réalisés sur 8 ml dans les 2 rangs centraux avant et après chacune des interventions thermiques, puis à la récolte.

Tableau I - Evolution des populations en N plantes /ml :

	Avant 1 ^{er} passage	Après 1 ^{er} passage	Après 2 ^{ème} passage	A la récolte
V1	28.1	27.8 Pertes=1.5%	27.4 Pertes=2.8%	25.6 Pertes=10.2%
V2	26.4	26.5 Pertes=0.5%	25.8 Pertes=2.0%	24.6 Pertes= 6.5%
V3	27.5	27.5 Pertes=0.6%	27.0 Pertes=2.1%	26.3 Pertes= 4.5%

-Analyses de variance sur les % de pertes non significatives dans les 3 cas :

Après 1^{er} passage : p=0.30, ET=2.26°, CV=59.1 %

Après 2^{ème} passage : p=0.88, ET=3.1°, CV=40.9 %

A la récolte : p = 0.44, ET= 4.7°, CV= 31.7 %

Evolution en parallèle du témoin adjacent:

	Au départ le 27/04	A la récolte	Soit une perte de
V1	27.1	26.4	2.6%
V2	26.5	26.7	0%
V3	27.6	25.9	6.5%

-Bien que visuellement les parcelles V1 soient plus touchées (plantes coupées ou jaunissantes), cela se traduit peu en mortalités immédiates.

-Les populations subissent quelques pertes supplémentaires entre le 2^{ème} brûlage et la récolte, pour une part dûe aux binages (le témoin subit également une perte).

Cette perte est non significative entre les modalités et apparaît légèrement dégressive avec la quantité de gaz mise en jeu.

Exprimée par rapport au témoin adjacent, la perte à la récolte n'est plus respectivement pour V1 V2 et V3 que de 4.4% 7.8% et 1.5% (Analyse non significative, p=0.38).

- **Impact des itinéraires sur la récolte :**

Pesées et calibrage à la récolte sont réalisés sur prélèvement de 4 ml (2 rangs centraux)

Tableau II - Analyse du % de perte de rendement avec le thermique, les 2 parcelles étant menées jusqu'à récolte avec uniquement des binages mécaniques entre rangs.

	Rendement brut t/ha			Rendement commercialisable t/ha		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Témoin adjacent	50.0 t	50.9 t	47.8 t	44.2 t	45.8 t	40.8 t
Thermique	41.1 t	42.9 t	40.6 t	32.7 t	37.2 t	32.1 t
Pertes	-9.0 t	-8.0 t	-7.2 t	-11.5 t	-8.6 t	-8.7 t
	17.6 %	15.6 %	14.9 %	25.9 %	18.7 %	20.4 %
Analyse % pertes	NS p = 0.89 ET = 6.0° - CV = 25.8 %			NS p = 0.79 ET = 9.1° - CV = 33.4 %		

(Rendement commercialisable = calibres>40)

Dans le meilleur des cas (V3), les interventions thermiques entraînent une perte de 14.9% de rendement brut, soit 20.4 % de rendement commercialisable.

Les pertes sont légèrement dégressives de V1 à V3 mais les analyses ne sont pas significatives.

On peut dire qu'il n'y a pas de différence entre les volumes de gaz mis en jeu.

Tableau III - Analyse complémentaire :

Comparaison des parcelles (thermique + binages mécaniques) avec les mêmes parcelles adjacentes ayant reçu une finition manuelle.

Désherbage thermique	Rendement brut			Rendement commercialisable (>40)		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3
+ binage mécanique seul	41.1 t	42.9 t	40.6 t	32.7 t	37.2 t	32.1 t
+ binage + complément manuel	44.0 t	43.8 t	51.2 t	37.6 t	38.5 t	43.9 t
Amélioration	+ 3.9 t	+ 0.9 t	+10.6 t	+ 4.9 t	+ 1.3 t	+ 11.8 t
	6.9 %	2.8 %	27.0 %	15.6 %	3.8 %	37.7 %
Analyses	NS p = 0.13 ET = 10.5° CV = 61.6 %			NS p = 0.08 ET = 10.8° CV = 47.6 %		

- On ne met toujours pas en évidence de différence entre les itinéraires.
- Le thermique suivi de 2 binages est en moyenne à 41.5 tonnes. Le complément manuel permet de faire passer ce tonnage à 46.3 tonnes soit plus très loin du témoin dont la moyenne est à 49.6 tonnes.

➤ **Efficacité : Impact des programmes sur la population d'adventices :**

Le dénombrement est effectué sur 4 m² par parcelle.

La population est à forte dominante *Chenopodium polyspermum* avec forte présence de morelle, laiteron et capselle. Viennent loin derrière : mouron, renouée persicaire, séneçon.

Tableau IV - Analyse de l'efficacité globale :

Modalité	Enherbement total N/m ²				
	Thermique	Témoin	% réduction		
V1	1	5.5	31.3	82,4	66,3
	2	15.3	34.8	56,1	
	3	8.5	21.5	60,5	
V2	1	20.3	49	58,7	47,4
	2	22.8	41.3	44,8	
	3	22.3	36.3	38,6	
V3	1	10.5	33	68,2	65,6
	2	11	33	66,7	
	3	24.8	65	61,9	

59.8

Significatif
p = 0,05
ET = 4,1°
CV = 8,1%

Tableau V - Analyse du cas particulier de l'adventice dominante *C. Polyspermum* :

Cette adventice s'est considérablement développée depuis la conversion de la parcelle et représente ici 50.2 % de la flore des parcelles témoins pour une moyenne de 20/m².

Le désherbage thermique maîtrise globalement assez bien cette adventice plutôt coriace avec 73 % de réduction.

Les interprétations ne sont pas significatives mais l'efficacité semble baisser sensiblement parallèlement au volume de gaz mis en jeu.

Modalité	Enherbement total N/m ²				
	Thermique	Témoin	% réduction		
V1	1	1.2	17.2	92.8	87.3
	2	4.2	17.5	75.7	
	3	0.5	7.5	93.3	
V2	1	11.2	26.5	57.5	68.7
	2	4.2	18.7	77.3	
	3	6.2	21.7	71.3	
V3	1	3.2	20.5	84.1	62.6
	2	5.2	7.8	32.3	
	3	12.2	42.8	71.3	

Non significatif
 p = 0,26
 ET = 11.2°
 CV = 18,8%

72.8

Discussion – commentaires

Les conditions d'application ont été précisées et améliorées par rapport à l'essai 2003. Elles permettent de tirer des enseignements plus nets et surtout plus positifs :

Les 3 modalités appliquées se sont montrées à la fois :

- Sélectives, avec une chute de rendement relativement acceptable de l'ordre de 8 à 11 tonnes que l'on peut réduire notablement avec un complément de binage manuel..
- et relativement efficaces avec 59.8 % de réduction globale de l'enherbement.

En 2004, la perte de population (avec un niveau de gaz équivalent à V1) avait été de 26.4 % pour une efficacité nulle et une forte baisse de rendement (il est vrai à un niveau de tonnage très faible dû au mildiou). Les 3 modalités présentent sensiblement les mêmes résultats. On peut donc, dans des conditions optimisées, envisager faire une économie conséquente de gaz pour un résultat équivalent : 19 kg / ha / passage contre 33 kg/ ha / passage

Cette optimisation a été obtenue grâce au changement de buse (100 contre 120 en 2004) et surtout au choix de baser le déclenchement sur le stade sensible des adventices et non le stade sélectif pour l'oignon (ce qu'a permis une flamme plus sélective).

Deux passages rapprochés à 8 jours ont été nécessaires pour ne pas laisser aux adventices le temps de redémarrer.

Il n'est pas exclu qu'avec le volume bas (V3) ou un volume encore inférieur, on ne puisse multiplier les passages pour une efficacité plus longue. Cette approche mériterait d'être étudiée plus particulièrement sur des enherbements importants et envahissants (envahissements de *Galinsoga* par exemple).

Les résultats sont donc satisfaisants mais la mise en œuvre demeure délicate et on reste en limite de sélectivité (à titre indicatif le même essai mené sur pépinière de poireaux n'a pas supporté 2 passages et a entraîné un retard du plant de 1 mois).

Le matériel doit être adapté et les réglages sont pointus. Une bonne part de la sélectivité est également obtenue par le positionnement correct de la flamme au milieu du rang.

Bibliographie

- PERUS M., GREBERT D., 2002 – *Désherbage, modalités/stratégies sur oignon*, Compte-rendu n° 2002cr.40, PLRN, Lorgies, France
PERUS M., GREBERT D., 2003 – *Désherbage, modalités/stratégies sur oignon*, Compte-rendu n° 2003cr.27, PLRN, Lorgies, France

**MISE EN JEU DE PRODUITS CUPRIQUES DANS LA LUTTE
CONTRE LE MILDIU DE L'OIGNON (*PERONOSPORA
DESTRUCTOR*) EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE :
RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR REDUIRE LES APPORTS
DE CUIVRE**

M PERUS

CTIFL/PLRN - Route d'Estaires 62840 Lorgies

D GREBERT

PLRN - Route d'Estaires 62810 Lorgies

Collaboration M LEGRAND

FREDON 62 – 21 Rue Becquerel 62750 Loos en Gohelle

Résumé

Deux essais ont été mis en place en 2003 et 2004 visant à la réduction des apports de cuivre dans la lutte contre le mildiou de l'oignon. 6 produits ont été testés selon une stratégie où les interventions étaient déclenchées à partir des prévisions des risques indiquées dans l'Avertissement Agricole utilisant le modèle MILONI

La maîtrise de la maladie n'a pas été satisfaisante. Assurer une bonne qualité de pulvérisation parfaite est primordial avant de vouloir aller plus loin dans la recherche d'autres solutions alternatives. Il apparaît également nécessaire de renforcer la lutte dès le début des risques, avant même la détection des 1^{ères} taches. La protection en agriculture biologique nécessite peut être d'aller au delà des avertissements du modèle car tout semble pouvoir se jouer en quelques jours d'imprécisions.

Dans ces conditions néanmoins, CUIVROL a montré un intérêt et semble pouvoir offrir une alternative intéressante à la Bouillie Bordelaise (à confirmer).

Mots clés

Cuivre – Mildiou – Oignon – *Peronospora destructor*

Introduction

En production biologique la lutte contre le mildiou, qui reste le problème majeur, est basée essentiellement sur l'utilisation préventive de produits cupriques.

La législation évoluant actuellement vers une restriction forte, voire une interdiction de ces produits, il devient urgent d'anticiper cette échéance.

Les essais en cours depuis 2 ans visent, dans un premier temps, à trouver des solutions pouvant amener une réduction des apports.

En prévenant les contaminations et les sorties de taches, le modèle MILONI est l'outil de base pour décider des interventions

Les résultats 2003 ont été décevants avec une maîtrise nulle de la maladie qui a eu un développement explosif : 100% des plantes étaient atteintes au stade 7/8 feuilles le 10/07. Une forte pluviométrie (5 jours consécutifs de pluies cumulant 27 mm au 1^{er} juillet) semble être à l'origine de cet échec : lessivage des produits et difficultés pour intervenir à nouveau sur les parcelles d'où un trou dans la protection.

Un essai a donc été reconduit en 2004.

Matériel et méthodes

Produits testés et doses / codification

(T)	Témoin non traité
(BB5)	Bouillie Bordelaise (20 % cuivre du sulfate) 5 kg/ha = référence
(BB2)	Bouillie Bordelaise (20 % cuivre du sulfate) 2 kg/ha
(LAB)	LABICUPER (57 % de gluconate de cu – 8 % cu) (Productos Agricola Macasa) 400 cm ³ /hl. (Préconisé de 200 à 400) – Engrais foliaire systémique
(KO)	KOCIDE 101PM (50 % hydroxyde de cuivre) (Dupont) 2.5 kg/ha
(CU)	CUIVROL (18 % cuivre) (Samabiol) 4 kg/ha – Engrais foliaire
(OS)	OSMOBIOCUIVRE (hydroxyde cu + extraits algues) (Osmobio) 10 l/ha – Apporte 625 g cu/ha par application – Classé fertilisant
(OSFCU)	OSMOFEUILLE (Amendement à base d'oxydes de calcium et magnésium) 20 kg/ha + carbonate de cuivre (Osmobio) / Poudrage - Dose carbonate : 10 kg/ha en préventif ou 20 kg en curatif soit 1 250 ou 2 500 g/ha cu.

- On cherche à respecter, dans la mesure du possible, un apport maxi de 6 kg cu/ha soit, pour la référence 6 interventions de Bouillie Bordelaise à 20% (BB5).
- Un mouillant (HELIOSOL) est ajouté à chaque intervention, excepté OSMOBIOCUIVRE préconisé sans mouillant.
- La bouillie sulfoclorique Italienne testée en 2003 est abandonnée suite à une absence de volonté d'homologation en France.
- Les interventions sont déclenchées selon les indications des avertissements de sorties de taches selon MILONI. Le renouvellement est systématique si risques de lessivage.
- Les notations régulières en culture doivent avertir d'une aggravation éventuelle de la maladie et déboucher si nécessaire sur un renouvellement immédiat de la protection.

NB; seuls sont actuellement homologués sur oignon en agriculture biologique les produits cupriques :NORDOX SUPER 75 et Bouillies Bordelaises NC20K KB et LC.

Matériel

Pulvérisateur à dos Pulvexper; pression constante 3 bars, 400 l/ha (buses vertes) (le litrage a été augmenté par rapport à 2003 pour une meilleure couverture).

Déroulement de la culture

Oignon de bulbilles variété STURON (Essembio).

Plantation 26 mars avancée de 20 jours par rapport à 2003 pour réduire l'impact d'une attaque de mildiou sur le rendement.

Densité : écartement 28 cm x 10 cm soit environ 27/m² en planches de 4 rangs.

Précédent : engrais vert phacélie – Apport à plantation de farine de plume pour 50 u N

Aucune intervention phytosanitaire complémentaire.

Maîtrise de l'enherbement : faux semis de pré-plantation et brûlage de prélevée le 29/03.

Un brûlage de rattrapage entre rangs est réalisé le 7/05 au stade 4/5 feuilles (app. Delta)

Dispositif et plan

Essai blocs de Fischer à 4 répétitions – Parcelle élémentaire de 12 m² en 4 rangs de 8ml (soit 320 plantes) – Témoin non traité incorporé.

Rangs de bordure latéraux et en extrémités (2 ml).

I	II	III	IV
T	LAB	BB2	OSF+CU
BB5	OSF+CU	OS	BB5
BB2	CU	BB5	KO
KO	OS	OSF+CU	BB2
CU	BB5	LAB	OS
OS	T	CU	LAB
LAB	BB2	KO	T
OSF+CU	KO	T	CU

Suivi de l'évolution de la maladie par des relevés réguliers des % plantes atteintes, nombre de feuilles atteintes et % de surface foliaire atteinte

Pesées et calibrages à la récolte.

Analyses de variances sur Statbox, avec transformation arcsin√% pour les %

Résultats

Calendrier de la couverture fongicide :

T1 13 mai **T2** 24 mai **T3** 11 juin **T4** 22 juin **T5** 25 juin **T6** 1^{er} juil^t **T7** 7 juil^t **T8** 16 juil^t

Approche des apports/ha de cuivre métal

Programmes	Apport cu g / ha / intervention	Total en fin de culture
BB5 20% cu		8000 – <i>objectif dépassé</i>
BB2 20% cu		3200
Labicuper 8%cu		1040
Kocide 50 %cu		10000 – <i>objectif dépassé</i>
Osmobiocuire		5000
Cuivrol 18% cu		5760
Osmofeuille (*)	1 250 puis 2 500	16250– <i>objectif dépassé</i>

(*) Les 3 1^{ères} interventions en situation saine sont réalisées à 10 kg de carbonate de cuivre, les suivantes à 20 kg

Evolution de la maladie :

L'explosion de la maladie est brutale et hétérogène à la fois dans les blocs et les modalités.

Pour une meilleure précision, les notations sont passées d'emblée à 100 plantes par parcelle dans les 2 rangs centraux, au lieu des 20 initialement prévues.

Suivi du pourcentage de plantes atteintes:

	22 juin	28 juin	8 juillet	22-juil
OS	24.8	25.3	60.8	100
T	33.0	33.0	60.3	
Osf+Cu	23.3	27.8	57.8	
LAB	17.0	15.8	56.0	
CU	16.5	21.3	54.8	
BB2	12.5	15.8	44.3	
KO	7.5	9.5	42.0	
BB5	24.0	26.0	40.3	
	NS - p = 0,11 ET=8,57°CV=36,3%	NS - p = 0,293 ET=9,5°CV=38,01%	NS - p = 0,79 ET=15,1°CV=31,9%	
	Effet bloc b1 11,2° soit 4.5% b4 13,8° soit 6.3% b3 22,7° soit 16% b2 46,6° soit 52.5%	Effet bloc b1 12,5° soit 4.9% b4 13,7° soit 6.5% b3 24,8° soit 19.3% b2 49,1° soit 56.5%	Effet bloc b4 33,88° soit 32.4% b1 35,47° soit 36% b3 47,1° soit 53.3% b2 72,9° soit 86.4%	

Il n'y a pas de progression de la maladie entre les notations des 22 et 28 juin.

La situation s'aggrave fortement entre 28 juin et 8 juillet. Elle se généralise à 100 % des plantes au 22 juillet.

On note, dès son apparition, une grande hétérogénéité dans la répartition au champ avec un fort effet bloc: blocs latéraux est et ouest nettement plus sains et bloc central (b2) d'emblée très atteint et qui va faire foyer à partir de ce moment.

Bouillie bordelaise aux 2 doses et KOCIDE apparaissent les moins atteints mais ces chiffres masquent une grande disparité (coexistence de parcelles < 10 % avec d'autres proches de 100 %).

Suivi du % de surface foliaire atteinte:

	8 juillet	22 juillet	
Osf+Cu	5	70	a
T	13	67	a
LAB	4	66.3	ab
OS	10	63.7	ab
CU	5	53.7	ab
KO	3	50	ab
BB2	5	48.7	ab
BB5	12	45	b
	NS - p = 0,776 ET = 7.4° CV = 57.4%	HS - p = 0,004 ET = 5.9° CV = 11.8%	
	Effet bloc b4 7.3° soit 1.9% b1 8.05° soit 2.3% b3 11.03° soit 4.1% b2 25.03° soit 20.3%	Effet bloc b1 37.8° soit 38.1% b4 42.77° soit 42.8% b3 51.45° soit 60.6% b2 69.99° soit 87.3%	

Au 8 juillet, globalement la surface atteinte semble moyenne et relativement équilibrée (5 à 13 %), mais comme pour le critère précédent, ces chiffres recouvrent une grande disparité.: ainsi BB5 est à 12 % qui est en fait la moyenne de 0%, 0%, 2% et 46 % !

Au 22 juillet (100 % plantes touchées), 45 à 70 % des surfaces foliaires sont touchées.

Les modalités traitées ne sont pas significativement différentes entre elles; seule la modalité (Bouillie Bordelaise 5kg/ha) est significativement différente du Témoin.

On retrouve logiquement le même effet bloc que dans l'analyse précédente.

Suivi du % de feuilles atteintes par plante:

Modalité	28 juin		8 juillet	
	A la parcelle	Par plante atteinte	A la parcelle	Par plante atteinte
T	10.2	22.8	34.1	45.4
OS	8.3	21.0	29.5	39.7
BB5	10.1	26.1	26.1	38.1
BB2	3.7	19.0	19.8	34.7
Osf+Cu	6.4	22.8	21.8	33.7
CU	4.5	19.1	19.7	32.3
LAB	3.0	18.9	17.8	29.5
KO	1.6	19.3	13.5	26.9
	NS - p = 0,43 ET = 5.8° CV = 50.9% Effet bloc	NS - p = 0,68 ET = 4.1° CV = 15.1% Effet bloc	NS - p = 0,79 ET = 12.1° CV = 45.9% Effet bloc	NS - p = 0,62 ET = 8.6° CV = 23.9% Effet bloc

NB: pour BB5 les chiffres apparaissent élevés à cause de la répétition 2

Aucune analyse n'est significative et ce critère apporte peu à l'étude

Analyse des chiffres à la récolte:

La récolte est effectuée le 3 août à tombaison totale, pesées et calibrage le 28 août après séchage. Les parcelles élémentaires prélevées sont de 6 m² soit environ 160 plantes.

	Rdt t/ha total	Rdt t/ha (>60)	PM en g	PM (>40) en g
CUIVROL 18%	39.7	32.4	148.7	149.4
LABICUPER	38.9	29.7	143.5	145.2
OSMOBIOCUIVRE	38.7	30.6	148.3	148.8
KOCIDE	38.2	30.9	149.3	150.4
b. bordelaise2kg	37.9	29.8	146.7	148.1
b. bordelaise5kg	37.7	29.1	143.2	144.6
Témoin	37.1	26.9	137.4	138.0
OSMOFEUILLE+cu	35.6	28.1	145.2	147.3
	NS - p = 0.63 ET = 2.9 t CV = 7.6 % Effet bloc	NS - p = 0.66 ET = 4.05 t CV = 13.6 % Effet bloc	NS - p = 0.79 ET = 10.8 g CV = 7.4 % Effet bloc	NS - p = 0.78 ET = 10.5 g CV = 7.2 % Effet bloc

PM = poids moyen sur total ou fraction commercialisable (calibre>40 mm) - Rdt (>60) = rendement en gros calibre diamètre > 60 mm

Quel que soit le critère d'analyse choisi, il n'apparaît pas de différence significative à la récolte entre les itinéraires de protection.

NB: Une présence forte de pourriture blanche peut perturber ces résultats.

Reprise des analyses hors répétition 2

La sortie de la répétition la plus atteinte qui entraîne un fort effet bloc permet de confirmer un peu plus les tendances entrevues dans les analyses précédentes:

Analyse % plantes atteintes :

Au 22 juin : non significatif, p = 0.70 - Au 28 juin : non significatif, p = 0.60

Au 8 juillet : non significatif, p = 0.09, avec BB5 qui se détache néanmoins avec seulement 20.3 % de plantes atteintes.

Analyse % Surface foliaire atteinte :

Au 8 juillet : non significatif, p = 0.24

Au 22 juillet : **Hautement significatif**, p = 0.001

Test N. et Keuls	Test Dunnett
OSF CU a	= Témoin
LAB a	
TEMOIN ab	
OS ab	< Témoin
CU abc	
KO abc	
BB2 bc	
BB5 c	

Analyse des rendements :

Rendement >60 : non significatif, $p = 0.09$

Rendement brut : **Significatif**, $p = 0.04$

Test N. et Keuls	
OS	a
CU	a
KO	a
BB5	ab
TEMOIN	ab
LAB	ab
BB2	ab
OSFCU	b

-Il se dégage de ces analyses une légère supériorité pour les 4 modalités Bouillie Bordelaise 5 kg, KOCIDE, OSMOBIOCUIVRE et CUIVROL.

-LABICUPER et OSMOFEUILLE n'apparaissent pas performants de même que la réduction de dose pour la bouillie Bordelaise.

Discussion – commentaires

Evolution de la maladie (% de plantes atteintes)

		22 juin				8 juillet						
		I	II	III	IV	I	II	III	IV			
Ouest	T	LAB	BB2	OsfCu	8	31	4	6	10	40	24	19
	BB5	OsfCu	OS	BB5	6	55	10	5	5	85	41	7
	BB2	CU	BB5	KO	5	43	8	1	17	92	49	19
	KO	OS	OsfCu	BB2	2	76	32	4	25	99	68	43
	CU	BB5	LAB	OS	4	77	28	6	45	100	85	40
	OS	T	CU	LAB	7	86	12	5	63	100	51	35
	LAB	BB2	KO	T	4	37	12	16	64	93	42	65
	OsfCu	KO	T	CU	0	15	22	7	59	82	66	31
			Est									

On constate une très grande hétérogénéité des 1ères attaques avec dès la 1^{ère} notation, des parcelles atteintes à + de 70% quelle que soit la modalité.

Les parcelles mal protégées dès l'apparition du mildiou ne sont plus contrôlées par la suite lorsque les conditions sont favorables au mildiou.

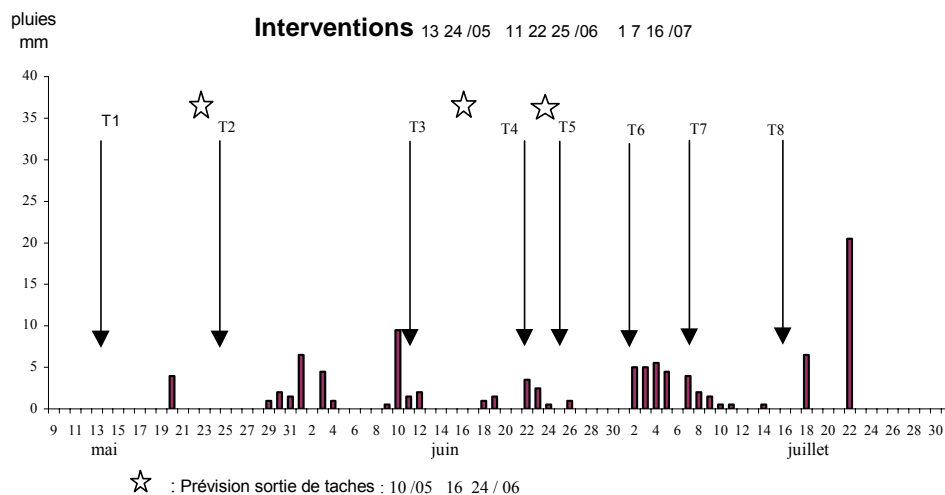
Une fois la maladie engagée, et malgré une tentative de protection intensive à partir de ce moment, aucune modalité n'a permis de l'enrayer, la maladie ayant suivi son cours quoiqu'il arrive. Il apparaît donc que les 4 ou 5 dernières interventions ont été inutiles et n'avaient pas lieu d'être comme le disaient par ailleurs les avertissements; la barre des 6 kg de cu / ha pouvait logiquement aisément être respectée.

Si aucune modalité n'a permis une réelle maîtrise de la maladie Il se dégage néanmoins une légère supériorité pour KOCIDE, Bouillie Bordelaise à 5Kg/Ha et CUIVROL.

La coloration de la Bouillie Bordelaise permet de constater une très grande irrégularité de la répartition des produits sur la plante, incompatible avec l'exigence en lutte préventive avec des produits de contacts d'une couverture totale.

- Les 20 jours de précocité que l'on s'est donnés à la plantation permettent de se décaler un peu plus de la période à risques et sont importants: ils se traduisent par un tonnage et des calibres plus intéressants : 35/40 tonnes contre 25 en 2003.

Positionnement des interventions vis à vis de la pluviométrie et des avertissements et critiques:



Selon MILONI, les contaminations de **2^{ème} génération** ont eu lieu entre 8 et 10 mai. Elles sont en phase d'incubation au moment où est réalisé T1 le 13 mai en anticipation des sorties de taches. Ces sorties de taches ont lieu le 22 mai et T2 est réalisé le lundi 24

Ces 2 jours de retard seront vraisemblablement de peu de conséquences car les sorties de taches se poursuivent jusqu'au 29 (baisse des températures) mais aucune contamination n'est signalée et les conditions restent défavorables jusqu'aux 1^{ers} jours de juin.

Une nouvelle contamination (**3^{ème} génération**) a lieu vers le 2/5 juin et les sorties de taches sont estimées pour le 16 juin. Selon l'avertissement du 8 juin il est trop tôt pour intervenir.

Les premières taches sont repérées le 7 juin (< 1 %). 16 mm fin mai et 10 mm le 10 juin ont lessivé la protection. La couverture est renouvelée le 11 juin (T3) après les 10 mm du 10.

De nouvelles contaminations ont lieu les 10/11 juin; les sorties de taches sont prévues pour le 24 juin. La protection est renouvelée le 22 juin

Le 22 juin est aussi le jour où explose la maladie dans certaines parcelles. A partir de là, malgré l'absence de menace mais devant la gravité soudaine des foyers, 5 autres interventions seront néanmoins pratiquées essentiellement en fonction de la pluviométrie pour tenter d'endiguer la maladie et essayer de cerner une efficacité.

Tout semble s'être joué 1^{ère} quinzaine de juin, période où le programme de lutte présente potentiellement 2 failles:

-Vers le 5 juin: on sort d'une période pluvieuse, les 1^{ères} taches ont été repérées, et les contaminations de **2^{ème} génération** sont signalées. Il n'y a pas menace signalée et on attend de passer les 10 mm du 10 juin pour intervenir (T3).

-Vers le 16 juin: une sortie de taches est signalée qui est vraisemblablement mal couverte par T3 du 11 juin et qui date de 5 jours.

-Plutôt que T3 le 11 juin (ou avec) il aurait peut être fallu 2 interventions avant = le 7 juin et après = le 15 juin.

NB: On signalera que les températures moyennes du 7 au 9 juin vont de 19° à 22.5° pour 15° sur la période. Elles ont dû jouer un rôle important dans une situation de sol humide.

L'explosion du 22 est vraisemblablement en cours plusieurs jours avant et a pu échapper aux observations (week-end les 16 et 17)

Dans le but recherché qui est de réduire les apports de cuivre seul le CUIVROL a ici montré (mais faiblement) un intérêt vis à vis de la référence Bouillie Bordelaise à 5 kg.

L'essentiel de la stratégie de protection se joue à l'installation de la maladie qu'il faut retarder au maximum; une fois celle ci établie, il n'est plus possible de l'éradiquer si les conditions climatiques lui sont favorables. Les spécialités étant exclusivement préventives, la qualité de pulvérisation est primordiale.

MILONI est une bonne base de travail pour déclencher les interventions, mais au moment des premières détections (période à très hauts risques), il convient d'être d'une grande vigilance: les prévisions destinées à une micro-région doivent être confrontées aux observations dans la parcelle. La couverture mérite peut-être d'être renforcée au cours de cette période. Le mildiou devient moins préjudiciable lorsque les attaques sont tardives.

Avant d'aller plus loin dans la recherche de solutions alternatives, il convient d'abord de maîtriser la stratégie d'intervention avec les produits de base et d'assurer d'une haute qualité de pulvérisation.

Le choix de la précocité du semis est un facteur qui semble essentiel pour limiter les risques de pertes de rendements en cas d'attaque précoce non contrôlée.

Références bibliographiques:

Colloque de Bouvines 2001 :

MARILLEAU S., 2001 – *Cuivre sur pomme de terre : vers une utilisation restreinte*. ACPEL

HACCART C., DUBOIS L., CULIEZ L., 2001 – *Bilan des expérimentations Mildiou pomme de terre* (programme interreg). FREDEC, SRPV

OSTE-LEDEE S., DESPREZ M.C., 2001 – *Recherche d'alternatives au cuivre contre la Tavelure du pommier*. FREDEC

2^{ème} Conférence Internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux, Lille 2002 :

MONNET Y., THIBAUT J., LEGRAND M. – *Miloni, modèle prédictif des risques de mildiou de l'oignon*

Y JAMAR D. 2002 – *Septoriose du céleri : recherche d'alternatives au cuivre*. CEB in Alter Agri n°53, mai/juin

M PERUS, D GREBERT 2003 - *Lutte contre le mildiou/alternatives au cuivre* compte-rendu 2002cr26 – PLRN, Lorgies, France

OIGNON ROSE DE ROSCOFF ITINERAIRE DE CULTURE BIOLOGIQUE A PARTIR DE BULBILLES

C. PORTENEUVE, J. CRENN

Ctif / SECL

STATION SECL – LE GLAZIC 22740 LEZARDRIEUX

Résumé :

La production biologique d'oignon Rosé de Roscoff à partir de **bulbilles** a été évaluée sous plusieurs aspects. Cette technique donne des rendements inférieurs à celle des mottes sur paillage plastique noir. Cette diminution de rendement est à mettre en parallèle au gain obtenu sur les temps de travaux par rapport à la technique classique (fabrication du plant et main d'œuvre à la plantation). Les densités d'implantation de l'ordre de 60 bulbilles par m² semblent convenir. Le désherbage thermique, qui semble relativement sélectif de la culture, contrôle relativement bien les dicotylédones présentes, mais est moins efficace dans le contrôle du pâturin. La production de bulbilles à la ferme est une technique qui peut s'envisager par la pose de plaques de mini-mottes sur le sol.

La limite de cette technique sera peut être liée à la conservation des bulbes.

Mots-clés :

Oignon, Bulbille, Désherbage, Densité, Agriculture biologique.

Introduction

La production biologique d'oignon Rosé de Roscoff est actuellement réalisée par l'utilisation de mottes plantées sur paillage plastique noir. Cette technique nécessite une plantation et une récolte manuelles (coûteuses en main d'œuvre) ainsi que la gestion du recyclage pour le paillage plastique. L'utilisation de bulbilles, lors d'essais préliminaires réalisés sur notre site en 2003, a montré la possibilité d'obtenir un oignon de qualité (forme, calibre, conservation) et une sélectivité de la jeune plante vis-à-vis du désherbage thermique.

Le but des expérimentations menées en 2004 est de mettre au point un itinéraire technique de production biologique d'oignon Rosé de Roscoff à partir de bulbilles afin de répondre aux attentes des agriculteurs en matière de qualité de production et d'économie de temps de travaux. Dans cet objectif, différentes techniques ont été comparées ou étudiées :

A : La culture à partir de mottes paillées, de mottes non paillées et de bulbilles.

B : Les densités de plantation de bulbilles.

C : Le désherbage thermique des bulbilles.

D : La production de bulbilles au champ en AB.

Ces essais ont été réalisés avec la variété « Kéravel », origine Obs en semences AB ou en bulbilles biologiques ou conventionnelles non traitées.

La récolte a été effectuée le 10 août ; les oignons ont été gardés pour observation en conservation.

A : Culture à partir de mottes paillées, de mottes non paillées et de bulbilles :

- **Matériel et méthodes :**

- Essai bloc à 3 répétitions :
- Parcelle élémentaire pour les mottes : planche de 1.4 x 7 m de longueur à 4 rangs de mottes. Ecartement sur le rang : 0.25 m. Motte de 3.5 à 7 graines soit 80 plantes /m².
- Parcelle élémentaire en bulbilles : planche de 1.4 x 7 m de longueur à 4 rangs de bulbilles ; bulbilles non traitées (Origine Ob) ; densité au m² : 60 bulbilles ; calibre 1.4-1.7 mm pour un poids de 2.1 g par bulbille.
- Semis des mottes le 4 février ; plantation des mottes le 17 mars

Plantation des bulbilles le 31 mars (Machine JOEN)

- Les mottes non paillées et les bulbilles ont été désherbées par brûlage (Onzain Romarin 1 kg de pression et 3 Km / h), avec 2 passages en plein le 21 avril et le 5 mai.

• **Résultats :**

Tableau I : Rendement (en T / ha)

Traitement / calibre	Total	> 60 mm	40 – 60 mm	< 40 mm
Mottes paillées	55 A	16.1	33.2	5.8
Mottes non paillées	45.8 B	7.3	31.4	7.1
Bulbilles	42.7 B	5.1	29.6	7.9
Analyse statistique NK 5 %	Cv = 2.98 %	CV = 9.41 % Ns	Cv = 18 % NS	

• **Discussion**

Pour le rendement total, les meilleurs résultats sont obtenus pour le mode de production traditionnel (mottes paillées). L'utilisation de mottes en culture non paillée (plus mécanisable) donne des résultats comparables à la production à partir de bulbilles.

B : Densité de plantation de bulbilles :

• **Matériel et méthodes**

- Essai bloc à 4 répétitions.
- Parcelle élémentaire : 1 rang de 7 m de longueur. Ecartement entre rang 0.45 m.
- Deux modalités : 20 bulbilles / ml et 30 bulbilles / ml soit 44 et 66 bulbilles / m²
- Bulbilles non traitées (Origine Obs) ; calibre 1.4-1.7 mm pour un poids de 2.1 g/bulbille ;
- Plantation manuelle le 26 mars.
- Sarclage manuel.

• **Résultats**

Tableau II : Caractéristiques du rendement (en T / ha)

Traitement / calibre	Total	> 60 mm	40 – 60 mm	< 40 mm	Densité / m ² au 5 mai
66 / m²	57.1	33.5	20.7 A	5.8	61
44 / m²	51.4	40.0	10.2 B	7.1	40
Analyse statistique NK 5 %	Cv = 12.3 % Ns	CV = 22.5 % Ns	Cv = 8.16 %	-	-

• **Discussion**

Pour un écartement entre rang de 0,45 m, les deux densités comparées ne sont pas significativement différentes au niveau du rendement total.

Le rendement dans le calibre 40 – 60 mm est plus important pour la densité élevée qui produit moins de gros bulbes.

C : Désherbage thermique des bulbilles :

- **Matériel et méthodes**

- Essai bloc à 3 répétitions
- Parcelle élémentaire : 1 planche de 1.4 m à 4 rangs de 7 m de longueur. Ecartement entre rang 0.30 m. Densité : 60 bulbilles / m²
- 2 modalités de désherbage sur les planches :
 - T2 : 2 passages, 16 avril à 3.4 km/h
et le 5 mai à 2.5 km/h
 - T3 : 3 passages, 16 avril à 3.4 km/h,
21 avril à 3 km/h et le 5 mai à 3 km/h

Le passage du 16 avril a été effectué en prélevée des oignons. Désherbage réalisé avec appareil Onzain Romarin, pression de 1 kg / cm², brûleurs à 15 cm du sol.

- Bulbilles non traitées (Origine Obs). Calibre 1.4-1.7 mm (poids de 2.1 g par bulbille).
- Plantation des bulbilles le 31 mars (Machine JOEN). La parcelle a été préparée le 16/03.

- **Résultats**

I.1.1. Tableau III : Cumul de levée d'adventices (au m²) au 10 mai dans les témoins

mouron	ortie	pâturin	véronique	autres	total
131	109	159	13	2	414

Tableau IV : Relevé de la flore adventice au 28 mai dans les planches (par m²)

	mouron	ortie	pâturin	autres	total
T2	2	2	43	1	48
T3	4	3	58	2	67

Tableau V : Caractéristiques du rendement (en T / ha)

Traitement calibre	/	Total	> 60 mm	40 – 60 mm	< 40 mm	Densité / m ² au 5 mai
T 2		45.7	8.1	32.1	5.6	49.5
T 3		45.6	9.1	30.9	5.7	52.2
Analyse statistique		Cv = 1.19 %	CV = 19.96 %	Cv = 3.56 %	Cv = 4.03 %	Cv = 5 %
NK 5 %		NS	NS	NS	NS	NS

- **Discussion**

La flore est essentiellement composée d'ortie brûlante (*Urtica urens*) et de mouron des oiseaux (*Stellaria media*). Ce sont les deux adventices les plus rapides à lever. Elles nécessitent un passage à ce moment (afin d'être détruites facilement.)

Le pâturin lève plus tardivement et devient assez rapidement résistant au passage de la flamme, ce qui explique sa dominance relative fin mai.

Au niveau de la sélectivité de la culture, les deux parcours sont comparables, en efficacité également. Le passage du 21 avril n'a pas apporté d'amélioration vis-à-vis du pâturin, à levée plus échelonnée.

D : Production de bulbilles au champ en AB :

- **Matériel et méthodes**

Essai bloc à 4 répétitions (1 répétition est une plaque alvéolée de 0.4 x 0.6 m)

Une rangée de plaques en bordure.

Deux dates de semis : le 4 février et le 2 avril ;

3 modalités de semis sur plaque :

240(4) Plaque de 240 alvéoles à 4 graines semées par alvéole (3840 graines / m²)

240(5) Plaque de 240 alvéoles à 5 graines semées par alvéole (4800 graines / m²)

150(6) Plaque de 150 alvéoles à 6 graines semées par alvéole (3600 graines / m²)

Après le semis, les plaques alvéolées sont dans un premier temps élevées en serre et ensuite posées sur le sol au champ au stade 1 – 2 feuilles.

Planning : semis des plaques le 4 février et le 2 avril, pose des plaques sur sol au champ le 16 mars et le 26 avril, soulèvement des plaques le 12 juillet et le 6 août.

- **Résultats**

Tableau VI : Répartition des bulbilles récoltées en nombre par calibre (par m²)

Semis 1	1.7-2.1	1.4-1.7	1.2-1.4	0.8-1.2	< 0.8	1.2-1.7 par m²	> 0.8 par m²
240(4)	153	168	735	668	846	903	1724
240(5)	74	121	514	904	925	634	1613
150(6)	176	148	779	826	654	927	1929
Semis 2	1.7-2.1	1.4-1.7	1.2-1.4	0.8-1.2	< 0.8	1.2-1.7 par m²	> 0.8 par m²
240(4)	236	139	1102	834	928	1241	2311
240(5)	293	188	1060	786	793	1248	2327
150(6)	94	104	966	1420	1116	1070	2583
Poids moyen	4.5 g	3.3 g	2.2 g	1.2 g	0.5 g		

On remarque une meilleure efficacité du deuxième semis. D'une manière générale, sur les plaques de 240, on n'améliore pas la production dans le calibre 1.2 – 1.7 mm en semant 5 graines par

alvéole. La meilleure productivité dans ce calibre est obtenue avec les plaques de 150 alvéoles semées à 6 graines par alvéoles.

Une meilleure efficacité de la technique pourrait être obtenue sous abris plastiques où l'on devrait mieux maîtriser l'irrigation.

- **Observations sur les conditions de culture de ces essais :**

Après un mois de juin sec, les conditions climatiques sur début juillet ont été particulièrement défavorables (84 mm de pluviométrie).

Malgré la protection de la culture avec 4 interventions à l'oxyde cuivreux sur juin et début juillet (non homologué sur l'usage mildiou), la parcelle d'expérimentation a été attaquée tardivement par le mildiou et début juillet, 50 % du feuillage était grillé.

Nous remarquons également une très mauvaise conservation des oignons issus de la culture à partir de bulbilles où l'on note des pourritures de tuniques dues à *Botrytis allii*.

- **Conclusion générale**

La production d'oignon Rosé de Roscoff à partir de bulbilles donne des rendements inférieurs à ceux obtenus par la technique de plantation de mottes sur paillage. Elle est comparable à celle des mottes plantées sur sol nu. Les oignons issus de bulbilles supportent bien le passage de la flamme. Le désherbage thermique est efficace sur les dicotylédones, le pâturin étant relativement résistant. La production de bulbilles à la ferme devrait être possible.

Il reste à préciser l'influence de la technique de production à partir de bulbilles sur la conservation des bulbes.

Références bibliographiques

CHAUX C., FOURY C., 1994 - Productions légumières Agriculture d'aujourd'hui, Lavoisier.

PERUS M., HELLE D., GREBERT D., 2002 - Oignon Agriculture biologique Désherbage thermique sur oignon de semis. Fiche Oryx.

ROOS J.R, FOUYER L, BEZ A., 2003 - Oignon biologique. Conduite culturale. Fiche Oryx.

CONDUITE CULTURALE DE L'OIGNON DE CONSERVATION

J. R. ROOS, L. FOUYER

Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, 35 allée des sapins,
ZI Belle Etoile – Antarès, 44470 CARQUEFOU

Résumé :

Les productions d'oignon de conservation sont caractérisées par des verrous techniques importants liés à l'enherbement, au choix variétal, à la maîtrise sanitaire du mildiou (*Peronospora destructor*) ainsi qu'à des conservations parfois difficiles. Le recours à des plantations, soit de bulbilles, déjà largement usitées, soit de plants en mottes ou minimottes permet d'obtenir des résultats agronomiques satisfaisants par rapport à des cultures semées directement au sol, notamment en raison des difficultés de maîtrise de l'enherbement à des stades de la culture particulièrement sensibles aux agressions des outils mécaniques ou thermiques de désherbage. Le passage par un semis sur motte permet aussi d'accéder à un choix variétal élargi. La précocité obtenue permet indirectement de limiter les éventuelles conséquences d'attaques de mildiou de l'oignon. L'utilisation de paillage de sol garantit une maîtrise satisfaisante de l'enherbement. L'intérêt des paillages biodégradables constitue une piste intéressante afin de permettre notamment la mécanisation de certaines opérations de récolte.

Mots-clé : oignon, conduite culturale, paillage, plantation, motte

I – Contexte et objectifs

Les productions d'oignon de conservation sont caractérisées par des verrous techniques importants liés :

à l'enherbement : difficultés à maîtriser les populations de mauvaises herbes, notamment en raison des conditions climatiques printanières dans les cultures semées,

au choix variétal, limité en semences biologiques, voir quasi nul pour les bulbilles,

à la maîtrise sanitaire du mildiou (*Peronospora destructor*), notamment pour les productions précoces de début d'été,

à des conservations parfois difficiles, notamment pour les produits issus de bulbilles.

Face à cette situation, diverses solutions culturales, par analogie à d'autres espèces, sont utilisables, et intégrables dans les systèmes de production, tant maraîchers que légumiers. On recense principalement le recours au paillage du sol, si possible sous forme de film biodégradable, ainsi que le développement de plantations, soit de bulbilles soit de plants, produits ou non sur les exploitations.

Durant les années 2003 et 2004, diverses conduites culturales ont été comparées sur les parcelles certifiées du centre Ctifl de Carquefou dans le but d'évaluer leur faisabilité technico-économique ainsi que leurs limites pratiques.

II – Méthodologie expérimentale

Diverses modalités sont comparées au sein d'un dispositif en randomisation totale à 4 répétitions. Une parcelle élémentaire mesure 16 m² (10 ml) et un hectare totalise 5 000 ml de planches.

2.1 – Campagne 2003-2004

A) Modalités étudiées :

B : Bulbilles avec désherbage assuré surtout par désherbage thermique et binage mécanique

PB : Bulbilles plantées sur une planche paillée

TB : Témoin bulbilles sarclé manuellement : il illustre le potentiel de la parcelle

MM : Mottes (3,2 cm) plantées au stade 2 feuilles vraies des oignons, à raison de 3 à 5 plantes/motte

PMM : Mottes plantées au stade 2 feuilles vraies des oignons, à raison de 3 à 5 plantes/motte

TMM : Témoin sarclé manuellement planté de motte de 3,2 cm, à raison de 3 à 5 plantes/motte

SD : Semis direct (après une préparation superficielle de sol) dont l'enherbement est géré à l'aide de désherbeur thermique au début puis de binages mécaniques

TSD : Témoin semis direct sarclé manuellement

FSSD : Semis direct sur un sol ayant été préparé superficiellement et irrigué une dizaine de jours avant le semis, l'objectif étant d'obtenir les émergences des adventices avant celle de la culture afin de détruire celles-ci par un passage de thermique.

TFSSD : Témoin sarclé manuellement

B) Contrôles et notations

CULTURE sur 2 ml

- Peuplement à la reprise de la culture,
- Rendement, poids et nombre par calibre,
- Conservation au froid : taux de déchets en poids et nombre.

ADVENTICES sur 1 m²

- Peuplement avant et après chaque passage d'outils,
- Dénombrement du temps passé à sarcler manuellement les adventices.

C) Déroulement de la culture

Variété STURON (Hild), bulbilles AB calibre 10/21 et semences bio.

Précédent céleri, labour le 14 février et préparation superficielle les 14 février, 10 et 24 mars au cultirateur. Paillage des planches le 24 mars selon protocole.

Le 25 mars 2003 : semis direct de SD, FSSD, TSD, TFSSD à raison de 100 graines par mètre linéaire de planche (ml) sur 4 rangs à 30 cm soit 25 graines/ml de rangs.

Le 26 mars 2003 : plantation 72 bulbes/ml PB, B et TB à raison de 4 rangs par planche (30 cm d'inter rangs) soit 18 bulbes/ml de rangs.

Le 27 mars 2003 : semis des mottes (3,2), à raison de 4 à 5 graines par mottes.

Le 29 avril 2003 : plantation des mottes à raison de 18 mottes/ml pour MM, PMM, TMM.

Récolte le 5 août 2003 et séchage au champ jusqu'au 18 août. Les interventions de désherbage ont été réalisées selon le tableau ci-dessous. Conservation en frigo à 1°C humide à compter de mi-septembre.

Tableau I : calendrier cultural
OIGNON AB 2003 : CALENDRIER CULTURAL

Semaines / Modalités	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	Nombre passages	
																	Tracteur	Manuel
B	Plantation 26/03/03		TI (3) 11/04/03	TI (4) 17/04/03		B 29/04/03	C 9/05/03	C 13/05/03 S (13/05/03)			S (6/06/03)		S (18/06/03)				5	2
PB	Plantation 26/03/03							S (13/05/03)			S (6/06/03)		S (18/06/03)				0	3
MM	Semis 27/03/03					Plantation 29/04/03		B 13/05/03		BB 28/05/03	C 5/06/03 S (6/06/03)		C + S 18/06/03			C 10/07/03	5	2
PMM	Semis 27/03/03					Plantation 29/04/03						S (11/06/03)					0	1
SD	Semis 25/03/03		TP (2) 7/04/03	TI (5) 17/04/03		B 29/04/03	C 9/05/03	C 13/05/03 S (13/05/03)		BB 28/05/03	C 5/06/03 S (6/06/03)		C + S 18/06/03			C 10/07/03	9	3
FSSD	Semis 25/03/03	TP (1) 4/04/03		TI (5) 17/04/03		B 29/04/03	C 9/05/03	C 13/05/03 S (13/05/03)		BB 28/05/03	C 5/06/03 S (6/06/03)		C + S 18/06/03			C 10/07/03	9	3

Légende :

- BB** Bineuse à Brosse (1) 2 km/h, 1 kilo de pression, 20 cm du sol, préémergence de la culture
- B** Binage interang (2) 2 km/h, 1 kilo de pression, 20 cm du sol, stade crochet
- C** Cœur interang (3) 3 km/h, 500 gr de pression, 15 cm du sol, oignon stade 1 à 2 feuilles, 2 brûleurs par interrang
- TP** Thermique en Plein (4) 3 km/h, 500 gr de pression, 15 cm du sol, oignon stade 2 à 3 feuilles
- TI** Thermique interang (5) 4 km/h, 300 gr de pression, 15 cm du sol, oignon stade 1 feuille
- S** Sarclage manuel

Les modalités SD et FSSD ont nécessité 9 passages contre 5 pour MM et B. Les sarclages manuels complémentaires vont de 2 à 3 passages.

Protection phytosanitaire : Cuivrol + Heliosol les 4, 10, 17, 23, 30 juin et 7, 17, 23 et 30 juillet.

Présence de mildiou dès début juin (élimination des plantes attaquées).

Forte attaque fin juillet ayant entraîné soit la tombaison du feuillage soit son dessèchement.

2.2 – Campagne 2004-2005

A) Modalités étudiées

Type de plants et désherbage

- Plantation au stade 3 feuilles vraies des oignons, à raison de 5 plantes/motte, semis 6 graines/motte

- Modalités :

MM : Minimottes plaque de 150 et entretien mécanique

PMM : Minimottes plaque de 150 mais plantation sur une planche paillée

TMM : Minimottes plaque de 150 Témoin sarclé manuellement

M : mottes de 3,2 cm et entretien mécanique

PM : mottes de 3,2 cm, mais plantation sur une planche paillée

TM : mottes de 3,2 cm témoin sarclé manuellement

Test de comportement de paillages biodégradables

Deux paillages Biolène (Deltalène/ Polyane) grade A et B sont mis en observation.

B) Contrôles et notations

CULTURE sur 2 ml

Peuplement à la reprise,

Rendement, poids et nombre par calibre,

Conservation au froid sur le calibre le plus représenté : taux de déchets en poids et nombre.

ADVENTICES sur 1 m²

Peuplement

Dénombrement du temps passé à sarcler manuellement les adventices .

C) Déroulement de la culture

Précédent engrais vert avoine/pois d'hiver/féverole semé début septembre 2003, développement important ; destruction les 19 janvier et 3 février 2004, superficielle d'abord puis incorporation

Décompactage le 11 février et labour le 12, traçage des planches au cultivateur le 13 février

Le 3 mars 2004 : apport 10 t/ha de Végéthumus + 2 t/ha de Guanumus (précédent très pauvre et pas d'apport de matière organique hors engrais vert depuis 2 ans) et préparation superficielle à l'aide de cultivateur avec disques.

Paillage des planches le 8 mars et poinçonnage le 3 mars sur sol nu et le 8 mars sur paillage : 4 rangs à 30 cm par planche, 18 mottes par ml de planches donc 4,5 mottes par ml de rang (intervalle théorique 22,2 cm)

Plantation les 10 et 11 mars des mottes de 3,2 cm (semées le 11/1) et minimottes (plaque de 150 semées le 21/1) semées et élevées chez Tecnosem (29) Variété Hyfort Béjo en semences bio

Test en bordure : le 25/03/04, mise en place du paillage biodégradable Biolène enterré, poinçonnage et plantation en mottes de 3,2 cm semées le 26/1

Désherbage

- *Modalités non paillées avec entretien mécanique*

23/03 : passage herse étrille agressivité minimum

24/03 : passage super prefer avec griffes à 5 dents dans les passe-pieds

les 25 et 29/03 et 7 avril , passage super prefer avec paroires latéraux en inter rang

le 7/04 passage manuel de paroires entre les mottes sur le rang (21 h/ha)

le 8/04 passage de super prefer avec griffes à 2 dents en inter rang pour détasser

les 23, 27 avril et 10 mai passage super prefer avec paroires latéraux

les 10 mai et 15 juin sarclage manuel sur le rang (30 h/ha)

Soit au total, un passage de herse étrille et 7 passages de bineuses, 1 passage de paroire manuel et 2 sarclages manuels pour un total d'environ 50 h/ha.

- *Modalités paillées*

Passage manuel le 05/05/04 des planches paillées (22h/ha). + prévoir gestion des passe pieds

- *Modalités témoin*

Le 06/05/04 passage manuel de paroires (entre les plantes et en inter-rang) (90h/ha)

le 24/06/04 sarclage manuel (300h/ha)

soit un total de 400 h/ha

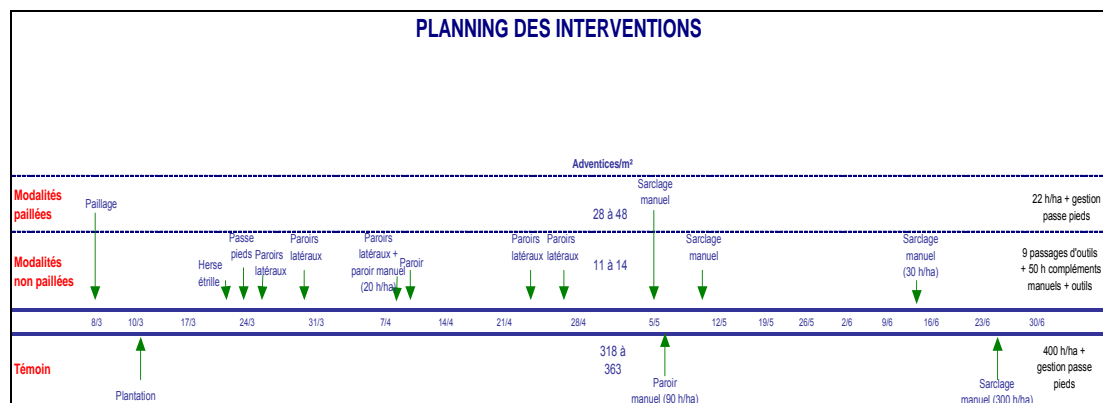
Le 24/08/04 Récolte et séchage au champ

Le 09/09/04 ramassage des essais – Octobre : début de conservation au froid.

Application hebdomadaire à base de Cuivrol 200 g/hl + Héliosol à partir du 12 mai (10 interventions maxi pour ne dépasser les 4000 g Cu/ha/an).

Disponibilité azotée (sous forme nitrique) : de 20 à 30 kg/ha lors de la plantation, elle baisse à 10 kg/ha ensuite à la fin mars pour remonter à 20 kg/ha à la mi-avril puis être quasi nulle ensuite.

Figure 1 : planning des interventions :



III – Résultats

3.1 – Campagne 2003-2004

A) Culture

Peuplement

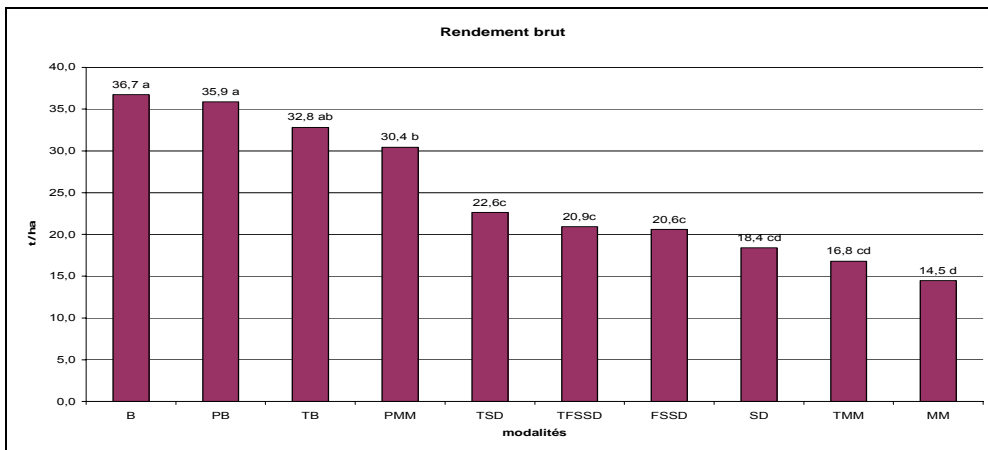
Pour les bulbilles, le peuplement varie de 71 à 72 plantes, illustrant une parfaite reprise. Pour les semis directs, les témoins TSD et TFSSD présentent de 91 à 98 plantes/ml, 1 mois après semis pour 100 graines théoriques semées. Les deux passages de désherbage thermique sur SD et FSSD génèrent un peuplement quelque peu réduit au 5 mai, avec respectivement 74 et 87 plantes/ml. Ceci est dû au décalage de passage entre FSSD le 4 avril et SD le 7 avril et au début d'émergence des oignons dans l'intervalle.

Concernant les mottes, les peuplements varient après reprise au 13 mai de 63 à 69 plantes/ml.

2) Rendement brut

La pesée brute a été effectuée en début de conservation le 8 septembre 2003. La figure ci-dessous présente les différences observées.

Figure 2 : rendement brut (en tonnes/ha)



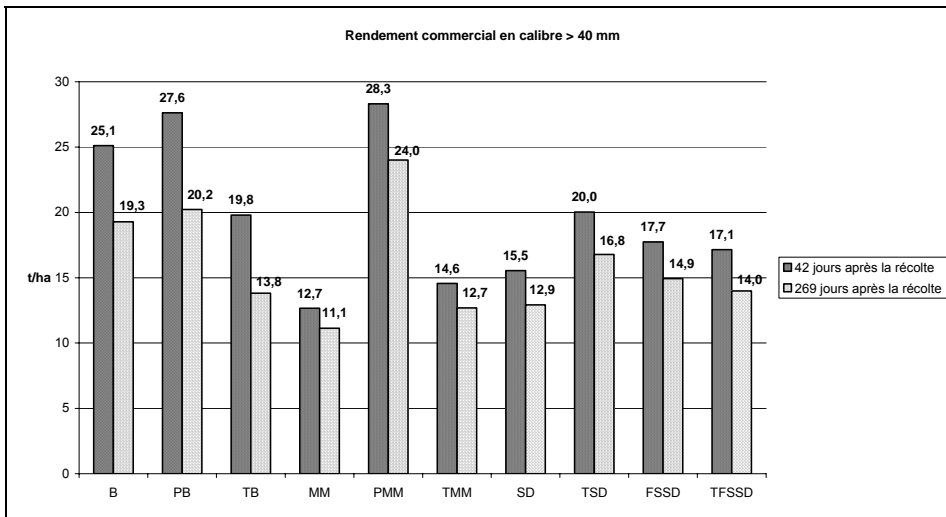
Les modalités à base de bulbilles présentent les rendements les plus élevés, de 33 à 37 t/ha. Ceci s'explique par l'avance de végétation logiquement observée avant bulbaison et donc une moindre conséquence des dégâts de mildiou. Les mottes sur paillage, bien que la plantation ait été tardive, illustre un bon potentiel en raison d'une disponibilité azotée préservée des lessivages (une quarantaine d'unités azotes de plus que la modalité non paillée MM) et d'un enracinement facilité.

Les autres modalités à base de semis direct et mottes sans paillage présentent des rendements limités entre 15 et 23 t/ha illustrant pour les premiers des retards de végétation liés au manque de sélectivité des passages de brûleurs thermiques et pour les seconds une disponibilité azotée réduite ainsi qu'un enracinement limité par la structure compacte du sol lors de la plantation.

3) Rendement commercial en calibre > 40 mm

La figure ci-dessous illustre les différences observées entre les modalités pour leur rendement commercial en calibre > 40 mm.

Figure 3 : rendement commercial (en tonnes/ha) :



Il apparaît que 42 jours après récolte, les modalités à base de bulbilles soit désherbées soit sur paillage, comme les mottes, présentent des rendements de l'ordre de 25 à 28 t/ha. Ce sont les mottes implantées en conditions difficiles en sol nu (TMM, MM) qui expriment le plus leurs difficultés avec moins de 13 t/ha de rendement commercial.

Fin mars 2004, 269 jours après récolte, la gamme de rendement restant à commercialiser en calibre > 40 mm s'est réduite à 20 à 25 t/ha pour les meilleures modalités jusqu'à moins de 12 t/ha pour les moins performantes.

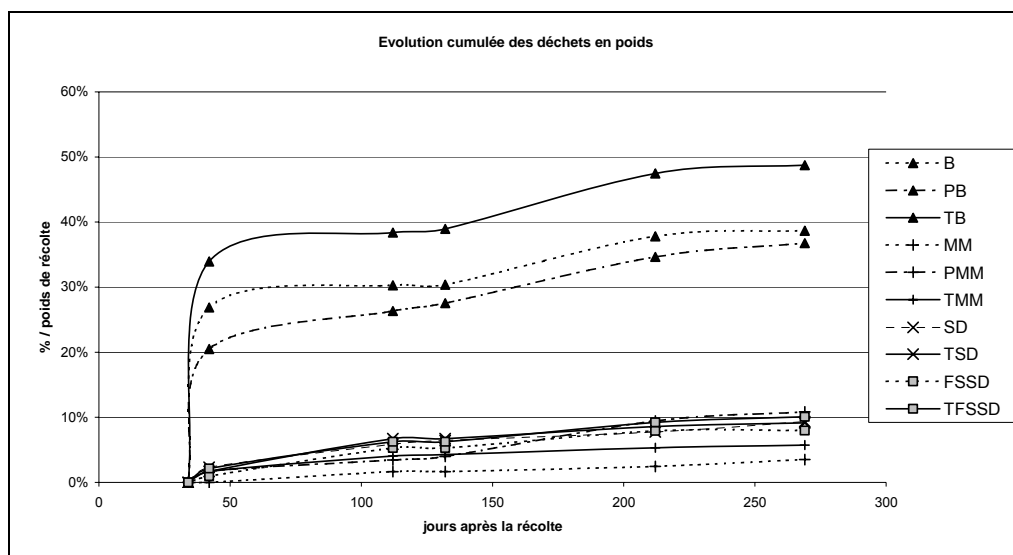
4) Comportement durant la conservation

La figure ci-dessous montre le comportement différencié des modalités en fonction du matériel végétal utilisé.

Les bulbilles, quelque soient leurs conditions culturales, présentent des taux de déchets élevés de 20 à 34 % du poids initial dans les semaines qui suivent la récolte ;. On note ensuite à 212 jours des taux de déchets supérieurs à 5 % pour les mêmes bulbilles et les mottes paillées (PMM)

L'évolution cumulée permet de confirmer un comportement particulier des bulbilles avec des pertes importantes en début de conservation. Les modalités à base de semis direct ou de mottes voient des pertes régulières et faibles à chaque date, atteignant au maximum 10 % en fin de conservation. Après la première notation, les bulbilles voient leurs déchets évoluer de manière similaire à celles des autres modalités, sauf pour le délai de 212 jours après récolte où les pertes cumulées augmentent plus rapidement. Ceci confirme les éléments observés par ailleurs en Val de Loire sur la conservation difficile des oignons issus de bulbilles, qui semblent sujets à des évolutions plus rapides que les produits issus de semis.

Figure 4 : évolution cumulée des déchets en poids (en %) :

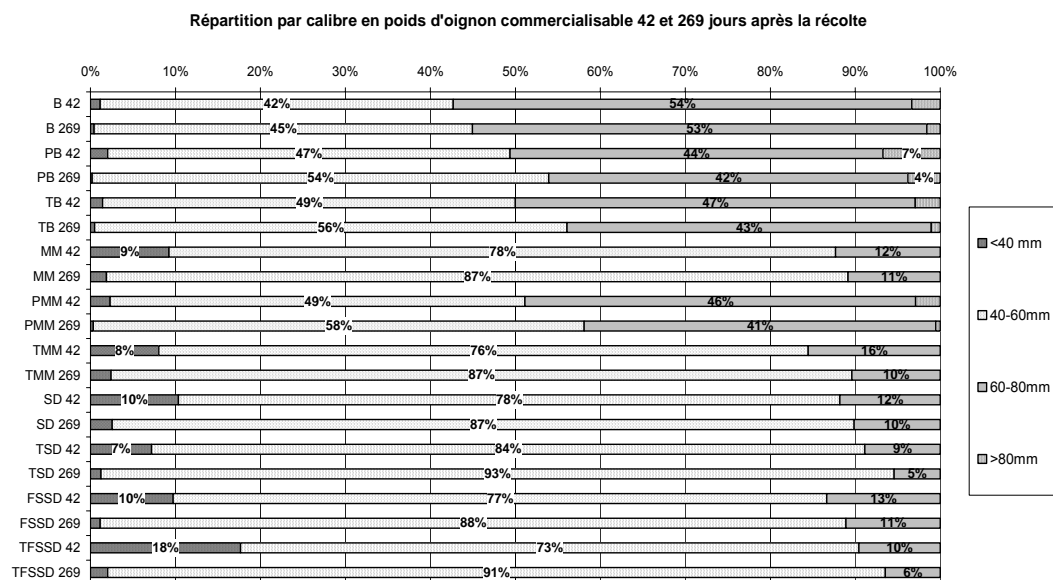


5) Répartition par calibre

La figure ci-dessous illustre des différences sensibles. 42 jours après récolte, les bulbilles ainsi que les mottes sur paillage présentent entre 44 et 54 % de leur poids en 60-80 mm. Les autres modalités sont plutôt centrées sur les calibres 40 à 60 mm avec 73 et 84 % du poids récolté.

Après conservation, 269 jours après récolte, la répartition des calibres reste équivalente à cette observation pour les calibres moyens et gros. Les calibres < 40 mm sont beaucoup moins représentés.

Figure 5 : répartition par calibre, en poids d'oignons commercialisables (42 jours et 269 jours après récolte)



B) Adventices

1) Peuplement

Le tableau ci-dessous illustre les variations observées de peuplement d'adventices par mètre carré.

Tableau II : Peuplement en adventices en cours de culture (nombre/m²)

Date	11 avril	16 avril	25 avril	28 avril	5 mai	12 mai	21 mai	6 juin	8 juil
TFSSD	568				432	124	31	32	18
FSSD		330		382		186	105	33	11
TB		580			226	64	25	4	7
B	259	182	201			117	139	72	34
PB						39		8	1
TSD		557			287	94	39	33	23
SD		190		356		146	101	40	14
MM						31	47	28	17
TMM						45	47	27	24
PMM									3

Le potentiel d'enherbement est important avec plus de 550 plantes/m² sur les témoins : TFSSD = Témoin sarclé manuellement, TB = Témoin bulbilles sarclé manuellement, TSD = Témoin semis direct sarclé manuellement.

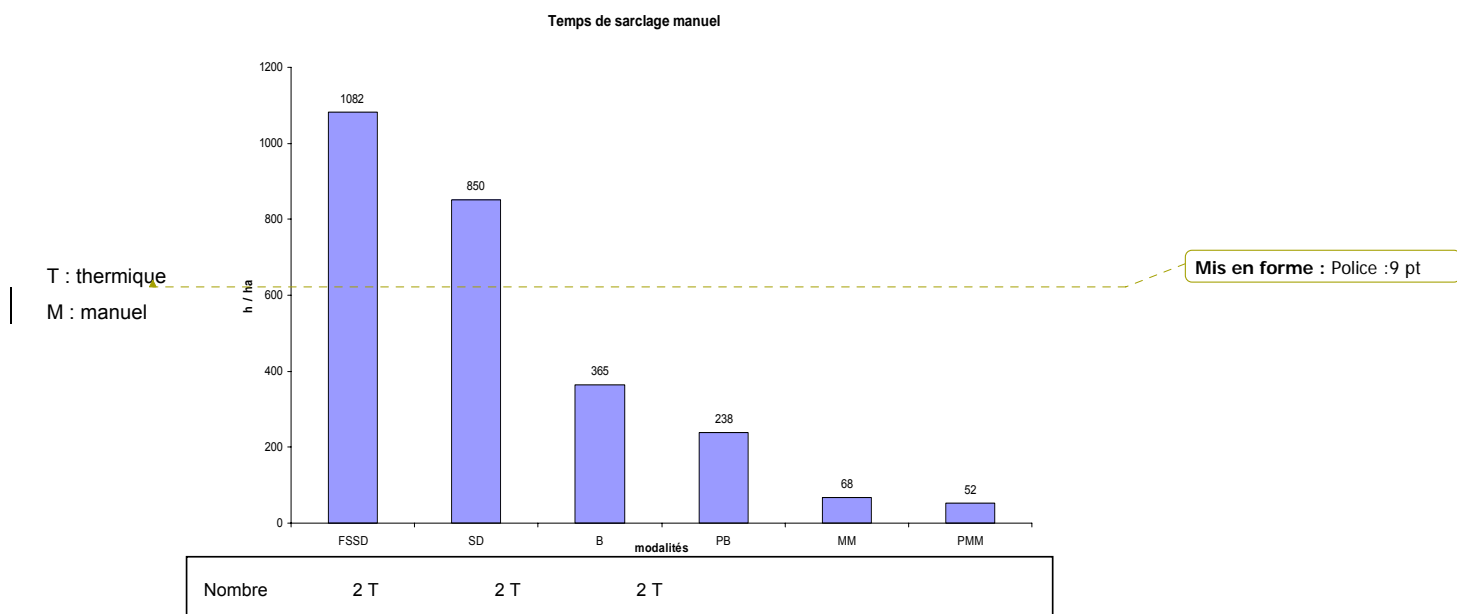
En revanche, dans les autres modalités, les divers passages opérés permettent de réduire ces valeurs à 180-190 plantes/m² au 16 avril (soit 70 % de moins que dans les témoins), ce qui reste bien en-delà d'un seuil de nuisibilité.

Au 12 mai, on note encore des valeurs comprises entre 100 et 200 individus/m² illustrant des re-émergences. Il faut noter que la climatologie particulière du printemps 2003 (vent sec d'est, manque de végétation) a échelonné les levées d'adventices dans le temps. Début juillet, malgré les sarclages manuels, les enherbements restent élevés.

2) Temps de sarclage manuel

La figure ci-dessous illustre les variations mesurées :

Figure 6 : temps de sarclage manuel



Les modalités à base de semis direct ont nécessité un nombre élevé d'heures, compris entre 850 et 1100 h/ha.

Les modalités à base de bulbilles, paillées ou non, ont respectivement occupé 240 h/ha et 370 h/ha, ce qui valorise de manière satisfaisante le coût du paillage et sa mise en place.

Les modalités à base de minimottes ont imposé des faux semis répétés pour la modalité MM ; malgré une préparation profonde remontant des horizons inférieurs de sols juste avant plantation, elles ont pu être gérées de manière satisfaisante par les passages mécaniques et totalisent, avec ou sans paillage, de 52 à 68 h/ha.

3.2 – Campagne 2004-2005

A) Peuplement au 21 avril

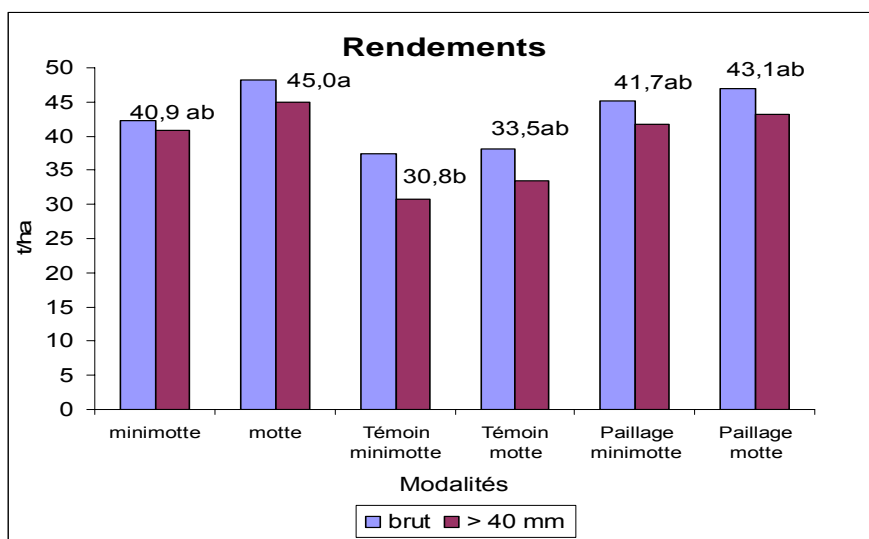
Les peuplements sont équivalents avec en moyenne 103 oignons/m², les modalités étant équivalentes entre elles (de 100 à 115 plantes/m²). Il est donc possible de comparer les résultats agronomiques des modalités étudiées. Il faut noter ici que les interventions mécaniques réalisées n'ont pas handicapé les peuplements des modalités concernées.

B) Rendements avant conservation :

Les pesées réalisées avant entrée en conservation permettent d'observer sur la figure 7 ci-dessous des rendements bruts inférieurs sur les modalités témoin par rapport aux modalités étudiées avec environ 37 à 38 t/ha.

Les modalités sur paillage ou entretenues mécaniquement présentent des rendements bruts de l'ordre de 42 à 48 t/ha. Le type de mottes ou le type de conduite n'entraîne pas dans les conditions de l'étude des différences de rendement brut.

Figure 7 : rendements brut et commercialisable (>40) avant conservation :

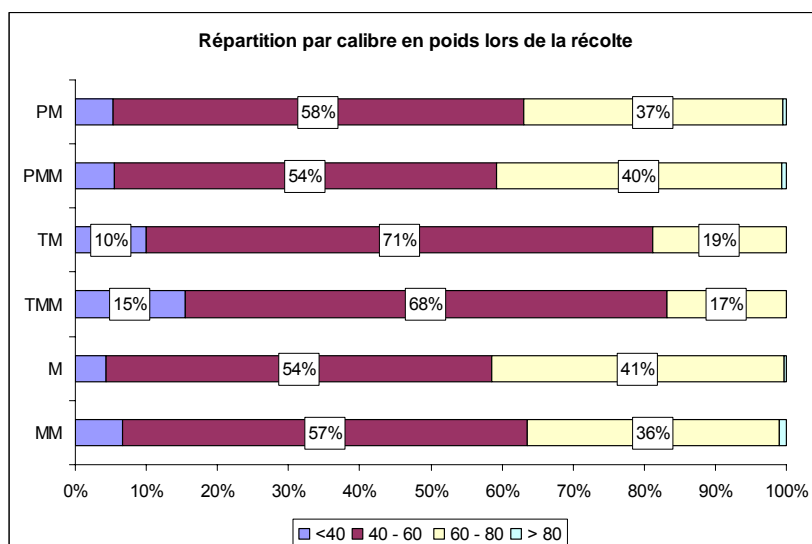


Concernant les rendements pour les calibres supérieurs à 40 mm, ceux-ci s'élèvent seulement de 31 à 33 t/ha dans le témoin avec de 40 à 45 t/ha pour les modalités sur paillage ou entretenues mécaniquement sans différence entre elles. Le type de mottes n'influence pas les résultats agronomiques obtenus.

C) Répartition par calibre

L'histogramme ci-dessous illustre les différences notées lors de la récolte :

Figure 8 : répartition par calibre :



Les modalités témoin, quel que soit le type de motte, présentent des calibres inférieurs aux modalités sur paillage ou entretenus mécaniquement.

Aussi la proportion de bulbes < 40 mm et entre 40 et 60 mm y est supérieure avec respectivement 10-15 % et 68-71 % par rapport à celle des autres modalités (moins de 7 % et 54 à 58 % en 40-60).

35 à 40 % du rendement est constitué de bulbes de calibre entre 60-80 mm pour les modalités paillées ou entretenues mécaniquement contre 17 à 19 % dans les témoins.

D) Paillages biodégradables

Le comportement des deux paillages biodégradables en observation a été satisfaisant, avec une dégradation dans les passe-pieds suffisamment tardive dans le cycle de la culture, pour ne pas offrir de prise au vent. Sur la planche, la dégradation a été limitée jusqu'au moment de la récolte, justifiant un unique sarclage manuel avant soulèvement. Le recours à ce type de paillage permet de réaliser un soulèvement mécanique de la culture au champ afin de faciliter son séchage mais aussi les opérations de récolte.

E) Evaluation économique des implantations :

- Le temps de plantation est de 30 à 40 h/ha ; on peut considérer que ce temps est multiplié par deux dans le cas des mottes en raison des difficultés de séparation des mottes ; pour les minimottes, une gestion appropriée des irrigations de préplantation (notamment dans le cas d'élevage par l'exploitant) ainsi qu'un soulèvement préalable des mottes permettra de réduire significativement les temps de travaux.

- Coût de plants (achat auprès de pépiniéristes) pour 90 000 plants/ha : 3030 €/ha en mottes et 4450 €/ha en mini-mottes.

IV – Discussion – Synthèse

- type de « plants » :

Le recours aux **bulbilles** reste intéressant pour des productions précoces ou lorsque les problématiques de conservation (sanitaires) ne sont pas préoccupantes. A ce jour, la gamme variétale disponible en bulbilles est limitée et n'intègre pas les dernières avancées de la sélection en terme de potentiel de conservation ou de moindre sensibilité au mildiou.

L'utilisation de plants en **mottes** ou **minimottes**, au-delà d'un choix variétal beaucoup plus large, permet d'obtenir des résultats agronomiques satisfaisants. La motte de 3,2 cm apporte une souplesse dans les stades de plantation. La production de ce type de plants est envisageable sur les exploitations, pourvu que les équipements adéquats soient présents en fonction des créneaux de plantation envisagés (abris chauffés ...).

- gestion de l'enherbement : le recours au paillage constitue une garantie importante de réussite ; son coût est équivalent voir moindre à celui de l'ensemble des interventions mécaniques ou thermiques réalisées dans les modalités non paillées. Le paillage apporte de plus une souplesse dans l'organisation du travail sur l'exploitation dans une période printanière déjà fortement chargée. Sa mise en place précoce à l'automne précédent par exemple pourrait permettre d'obtenir une bonne structure de sol lors de la plantation ainsi que la préservation des minéralisations du sol durant l'hiver. Pour des mises en place de paillages lors de la plantation, le recours à des matériaux biodégradables sur une longue durée constitue une piste intéressante, afin notamment de faciliter les conditions de récolte. Il est montré, dans les conditions de ces études, qu'il est possible de gérer mécaniquement l'enherbement, moyennant des interventions répétées et souvent non différables.

Pour des productions très précoces, le recours à une couverture des cultures avec des chenilles plastiques ou des voiles permettrait de s'assurer d'une reprise rapide et homogène des plantes, à l'abri des fraîcheurs matinales et des vents, qui peuvent sensibiliser certaines variétés très précoces à la montaison.

Ces études ont été réalisées avec le soutien de l'ANDA, de l'ARELPAL, de l'ONIFLHOR et du Conseil Régional des Pays de Loire. Elles ont été définies en lien avec BIOLOIRE OCEAN.

CONTRIBUTION AU DEBAT SUR LA STERILITE MALE CYTOPLASMIQUE - CMS

François Delmond

Germinance - Les Rétifs 49150 St Martin d'Arcé

La CMS est le moyen le plus utilisé par les semenciers pour produire des semences de variétés hybrides. Pour débattre de l'acceptabilité en bio des variétés hybrides F1 à CMS, il est nécessaire de comprendre ce qui a conduit les sélectionneurs à utiliser cette technique, de savoir dans quels cas et comment ils pratiquent. N'étant pas sélectionneur moi-même, il faudra avoir recours, pour compléter ces informations, à des sélectionneurs compétents pour les espèces concernées. D'autre part, nous ne disposons pas de toutes les données les plus récentes.

Rappel :

Quelque soit l'espèce, pour pouvoir produire des semences commerciales de variétés hybrides F1, il faut réunir deux conditions :

1. Avoir une lignée "mâle" pollinisatrice (lignée normale : peu importe qu'elle soit aussi femelle, elle sera, la plupart du temps, détruite) et une lignée "femelle" sur laquelle les semences commerciales F1 seront récoltées dans le champ du multiplicateur (= cette lignée ne doit absolument pas s'autoféconder et doit recevoir **tout** le pollen de la lignée mâle).
2. S'assurer du transfert du pollen de la lignée mâle, et de lui seul, vers la lignée femelle. La pollinisation pourra être manuelle dans le cas de plantes autogames comme la tomate ou le poivron. Sinon, elle se fera librement à condition qu'il y ait une bonne concordance de floraison entre les deux lignées et suffisamment d'insectes pollinisateurs (ou du vent) intéressés par les deux lignées au moment de la floraison.

Il faut donc trouver un moyen d'empêcher la lignée femelle de s'autoféconder. Il existe pour cela plusieurs méthodes, entre autres :

- la castration manuelle ou mécanique de la lignée femelle : on enlève les fleurs mâles avant qu'elles ne pollinisent les fleurs femelles. Exemple : le maïs hybride.
- La castration chimique : pulvérisation d'une substance gamétocide ("Agent Chimique d'Hybridation" = AGH, probablement une hormone) sur la lignée femelle seulement. Exemple : le blé hybride.
- L'auto incompatibilité : c'est le seul cas où la lignée femelle n'est pas rendue mâle stérile. On utilise une caractéristique présente dans l'espèce ou dans certaines populations de l'espèce qui oblige la plante à être allogame (fécondation croisée) car, dans ce cas, les grains de pollen ne germent pas sur les fleurs de la même plante. L'inconvénient, c'est que ce système n'est pas fiable à 100% ; il y a souvent quelques pour cent d'autofécondation qui se traduisent, à la génération suivante, dans le champ du paysan, par la présence de plantes hors type peu productives ou difformes. D'où le recours à la CMS quand c'est possible car elle est généralement plus fiable.
- La stérilité mâle génétique : dans ce cas le caractère est apporté par un gène. Exemple : les premiers hybrides de poireau.
- **La stérilité mâle cytoplasmique** (CMS = Cytoplasmic Male Sterility) : le caractère est apporté par l'ADN des mitochondries (organites de la cellule qui règlent, entre autres, ses fonctions énergétiques), ADN dont les fonctions dans la vie cellulaire et les interactions avec l'ADN du

noyau de la cellule sont encore mal connues. Le tournesol hybride est la 1^{ère} plante chez laquelle les sélectionneurs ont réussi à mettre en place une CMS vers 1968 – 70.

Trois cas se présentent alors :

- ou bien ce caractère existe naturellement chez des variétés cultivées ou chez des populations sauvages de l'espèce considérée. Le caractère peut alors être transféré par croisement naturel à la lignée choisie. Exemple : la carotte hybride.
- Ou bien ce caractère n'a pas été trouvé et il faut alors le faire venir d'une autre espèce par des techniques de laboratoire. Exemple : le chou fleur hybride à CMS de radis. Ces choux fleurs contiennent des mitochondries de radis.
- Il existe le cas intermédiaire où la CMS vient d'une espèce suffisamment proche pour que le croisement naturel soit possible, même s'il est difficile. C'est le cas du tournesol dont la CMS vient d'un tournesol sauvage, *Helianthus petiolaris*.

La descendance de la lignée femelle à CMS (= la semence F1 vendue au paysan) est généralement stérile. Aussi, à nouveau 2 cas se présentent :

- Ou bien il s'agit d'une espèce cultivée pour son fruit ou sa graine et il faut alors lever cette stérilité sinon le paysan ne récoltera rien. Pour cela, la lignée mâle a été sélectionnée pour apporter avec son pollen un gène restaurateur de fertilité. Exemple : le tournesol hybride. Pour d'autres espèces de plantes à fruit, il existe un système pour "verrouiller" quand même la variété : mettre au point des variétés qui produisent des fruits parthénocarpiques, c'est à dire des fruits qui ne contiennent pas de graines (aubergine, concombre, cornichon). Le paysan ne peut rien ressemer !
- Ou bien il s'agit d'une espèce cultivée pour sa racine ou pour sa feuille. Dans ce cas, le sélectionneur "ne se sent pas obligé" de restaurer la fertilité. La descendance est bel et bien stérile. L'obteneur s'assure ainsi d'une protection totale de sa variété : l'agriculteur sera obligé de racheter de la semence chaque année. C'est ce qu'on appelle les variétés hybrides à CMS sans gène restaurateur de fertilité. Exemple : carotte hybride à CMS (tous les hybrides de carotte ne sont pas à CMS).

NB : pour simplifier, nous n'avons pas abordé le cas des hybrides de plantes dioïques comme l'asperge et l'épinard, ou monoïques comme les cucurbitacées dont les méthodes d'hybridations sont particulières.

Techniques utilisées pour le transfert de la CMS dans une lignée :

Les techniques utilisées dépendent de l'espèce :

Si la CMS existe naturellement dans cette espèce, le transfert de la CMS à une lignée particulière peut se faire par croisement naturel. Il en est de même si le croisement est possible entre la lignée et une espèce sauvage apparentée comme c'est le cas pour le tournesol dont la CMS vient, on l'a vu, d'un tournesol sauvage.

Pour les espèces comme le chou et le colza d'une part, la chicorée d'autre part, seules les biotechnologies permettent le transfert de la CMS en provenance respectivement du radis et du tournesol. Sans rentrer dans les détails citons :

- La fécondation manuelle suivie de "sauvetage d'embryon immature" sinon l'ovule fécondé par le pollen de l'autre espèce meurt au bout de quelques jours.
- La culture in vitro de cet embryon (= en éprouvette) avec adjonction de solution NPK + hormones de synthèse pour obtenir une plante entière (A).

- La fusion de protoplastes c'est à dire de cellules débarrassées de leurs parois grâce à l'action d'enzymes. Dans le cas du chou, cette technique a pour but de remplacer les chloroplastes (où se fait la photosynthèse) déficients de la plante A par ceux d'un chou normal.

On peut légitimement se demander si ces techniques non conformes à la réglementation de la bio et qui brutalisent et fragilisent les plantes, sont acceptables en bio sur le long terme. D'autant que leur influence sur la valeur alimentaire des variétés ainsi obtenues n'a jamais été évaluée.

Avenir de cette technique :

Comme on vient de le voir, la CMS n'est pas seulement une technique efficace pour produire des variétés hybrides chez les espèces où d'autres méthodes ne sont pas possibles ou sont moins fiables. Elle est aussi – et peut-être surtout – une des techniques qui permet le mieux de "verrouiller" des variétés en en rendant leur descendance stérile pour empêcher le paysan de les ressemer (Terminator est déjà dans les champs des bio, souvent sans qu'ils s'en doutent !). Du point de vue des sélectionneurs et des semenciers, c'est donc une technique vouée à un grand avenir.

Le développement des biotechnologies rendent déjà possible le transfert de CMS d'une espèce à une autre espèce de la même famille mais rendra sans doute aussi possible prochainement ce transfert à une espèce d'une autre famille. Il faut donc s'attendre à un grand développement des variétés hybrides à CMS chaque fois qu'il n'y a pas d'autre méthode plus simple ou plus fiable et tout particulièrement dans le cas des plantes où il n'est pas indispensable d'utiliser un gène restaurateur de fertilité (verrouillage complet de la variété) : plantes potagères, fourragères.

Proposition :

Concernant les variétés hybrides à CMS, les bio peuvent décider de renoncer, du plus incompatible avec la bio au moins incompatible :

1. D'abord aux variétés dont la stérilité a été transférée à partir d'une autre espèce par des méthodes biotechnologiques brutales. Ce sont quasiment des variétés génétiquement manipulées assimilables aux OGM (le fait que l'ADN étranger soit dans les mitochondries plutôt que dans le noyau ne change pas fondamentalement la situation de ces variétés).
2. Ensuite aux variétés sans gène restaurateur de fertilité. C'est contraire à l'esprit de la bio d'avoir recours à des plantes amputées de leur capacité naturelle de reproduction. C'est aussi accepter une dépendance inacceptable.
3. Enfin, plus tard, aux autres variétés hybrides à CMS, essentiellement des espèces cultivées pour leur fruit ou leur graine. Mais cela signifierait de renoncer, par exemple, à toutes les variétés hybrides de tournesol qui, pour le moment, sont les seules variétés disponibles, que ce soit en bio ou en non bio. Cela conduirait donc à abandonner presque toute culture bio de tournesol.

Pour information, la base de données Organic X seeds du FIBL en Suisse (www.organicxseeds.com) considère que la fusion de protoplastes (qui permet le transfert de la CMS entre certaines plantes) est une forme de manipulation génétique et que les plantes qui portent ce caractère sont assimilables à des OGM. Cette base n'autorise pas les semenciers à y faire figurer les variétés hybrides à CMS obtenues par fusion de protoplastes. Mais il est difficile d'obtenir des semenciers des informations sur les méthodes de sélections utilisées car ils n'en ont pas, pour le moment, l'obligation réglementaire : il faut savoir qu'il n'y a même pas de contrôle sur le caractère hybride d'une variété (un semencier peut sans problème vendre comme hybride une variété qui ne l'est pas et vice versa).

Par ailleurs, l'entreprise Vitalis, aux Pays Bas (sélection et production de semences potagères 100% biologiques), a décidé de ne pas recourir à la CMS pour la sélection de variétés pour la bio. D'autres entreprises semencières reconnaissent qu'il est possible de faire des hybrides sans recourir à la CMS (y compris pour les choux) mais qu'alors la semence sera plus chère.

Quand aux sélectionneurs biodynamiques de variétés potagères d'Allemagne, de Suisse et d'Autriche, ils considèrent qu'on peut se passer des variétés hybrides et qu'on peut sélectionner des variétés population tout aussi homogènes que celles ci mais ce type de sélection demande nettement plus de temps. Pour le moment, il n'y a que quelques variétés de ce type inscrites au catalogue officiel. Ces variétés ne reviennent pas nécessairement plus cher que les hybrides car elles font appel à des techniques peu coûteuses (l'essentiel du coût consiste en temps de travail et en frais d'inscription).

Espèces pour lesquelles il existe des variétés hybrides à stérilité mâle cytoplasmique :

La stérilité mâle cytoplasmique existe naturellement chez plus de 150 espèces (INRA - 1988) : chez certaines espèces cultivées (artichaut, carotte, betterave, maïs, oignon, piment, dactyle, féverole, luzerne, trèfle, mil,) ou chez des espèces sauvages apparentées (coton, riz, tournesol). Elle existe aussi chez le pétunia, l'origan, le thym.

Elle est apparue à la suite de croisements au sein de l'espèce ou entre espèces proches, chez le sorgho, le blé, l'orge, le riz, le tabac. Elle peut aussi apparaître à la suite de traitements chimiques ou physiques (rayons X) effectués en vue d'obtenir des mutations : betterave, sorgho, féverole, etc.

Quelques indications bibliographiques :

Julien DEMOL & Co. Amélioration des Plantes (application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux. Belgique. 2002. 580 p. Br. Certains chapitres (maïs) sont sur le site www.genagro.org.

André GALLAIS, Hubert BANNEROT et autres. Amélioration des Espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed° INRA. P. 1992. Relié. 768 p.

I.N.R.A. Les Biotechnologies au Service de la Production végétale. INRA. 1988. 74 p. *Dossier de 10 fascicules présentant les principales méthodes biotechnologiques : multiplication in vitro, stérilité mâle, fusion de protoplasme, etc... Un peu ancien, mais toujours valable, et très abordable.*

IRAB / FIBL. Techniques de sélection végétale : Evaluation pour l'Agriculture biologique. FIBL. 2001. 24 p. *Une bonne synthèse.*

M.C.B.D. Quelle Ethique pour la Sélection des Plantes cultivées ? Mouvement de Culture Bio-Dynamique. Colmar. 2002. Br. 70p. (8.00 e). *Recueil d'articles de sélectionneurs allemands.*

Gilbert ROCHARD. Etude de l'Application de la Réglementation sur l'Utilisation des Semences potagères biologiques : le cas du chou-fleur en Bretagne. IBB. 2001. 23 p.