



GAB21
GAB21

Journées Techniques Nationales Fruits & Légumes et Viticulture Biologiques



INRA^C LABRIH



ITAB



INRA^C

Beaune
6 et 7 décembre 2005



SOMMAIRE

CONFERENCES COMMUNES3

Les préparations phytothérapeutiques (Purins, tisanes...) (E.Petiot,Consultant).....	5
Intrants destinés aux productions végétales. Quelles exigences réglementaires actuelles? (M.Jonis, H De Bernardi, ITAB)	15
L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique (N.Delabays, Univ Changins).....	25
Contrôle des mauvaises herbes à base de matières actives naturelles pour l'agriculture biologique ? (E.Wyss, O. Schmid, B. Speiser et L. Tamm, FIBL).....	33
L'aménagement de l'environnement comme moyen de lutte contre les ravageurs en cultures annuelles (L. Pfiffner, H. Luka, C. Schlatter, FIBL).....	43
Bandes florales et biodiversité fonctionnelle en verger (L.Romet, GRAB)	53
Connaissance de la diversité des prédateurs polyphages dans le vignoble du Beaujolais (C. Le Roux,CA Rhône).....	61

MARAICHAGE69

Une nouvelle approche du travail du sol : les planches permanentes (D.Berry, SERAIL ; J.Demeusy, ADAbio ; J.Templier, Gaëc des Jardins du Temple)	71
Les planches permanentes en maraîchage (U.Schreier, Ecodyn)	79
Nouveauté en maraîchage (A.Taulet, GRAB)	81
Filets verticaux contre les ravageurs maraîchers (E.Wyss, FIBL)	85
La mouche mineuse du poireau (Phytomyza gymnostoma) : biologie et lutte (Y.Bouchery, Inra Colmar)	91

ARBORICULTURE.....101

Mycorhizes et nutrition phosphatée des plantes (C.Planchette, Inra Dijon)	103
La conduite d'une plantation de fruits rouges en AB (J.L. Petit, Consultant)	111
Connaissances et expériences sur le système Sandwich (J.L Tschabold, FIBL).....	117

VITICULTURE121

Le point sur les maladies de dépérissement de la vigne (P.Larignon, ITV).....	123
Les effets de la quantité et la de qualité de la lumière réfléchi sur le raisin et le vin (F.X. Sauvage, Inra Montpellier).....	131
Charte de vinification biologique (FNIVAB)	143

CONFERENCES COMMUNES

LES PREPARATIONS EN PHYTOTHERAPIES (PURINS, TISANES...)

*Eric PETIOT
Consultant
840, route du Col
01170 CROZET*

- Préparations Bio-stimulantes
- Préparations Insecticides
- Préparations Fongicides
- Exemples de traitements sur la vigne

1 LES PLANTES BIO-STIMULANTES

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

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

Bien des plantes ont des effets stimulants sur le sol, sur une ou plusieurs parties du végétal, en pulvérisation ou encore pour certaines par leur simple présence à proximité des rangs légumiers.

Utilisées à bon escient, on favorisera la vie microbienne et bactériologique du sol où l'on stimulera les capacités d'autodéfense de la plante aux attaques parasites et où l'on améliorera ses capacités d'échanges voir selon les plantes stimulantes, tout cela en même temps.

Cependant il serait vain de penser que les plantes stimulantes sont capables de remplacer les engrais.

Considérez les comme des "vitamines" ou des remontants capables d'améliorer l'assimilation des engrais.

Basés sur la loi de la restitution, vos apports nutritifs se feront de manière fractionnée tout au long de la saison en tenant compte des facteurs climatiques (pluie), astronomiques (lune et planètes).

1.1 Quelques plantes stimulantes

Grande Ortie - Urtica dioica - Urticacées

Utilisée depuis bien longtemps, l'ortie n'a plus à faire ses preuves en matière d'efficacité. Des travaux ont été effectués en 1981 par le scientifique Rolf Peterson de l'université de Lund en Suède pour confirmer les réels bénéfices de l'usage de l'ortie en tant que plante stimulante.

On l'utilise contre la chlorose (diluée au 1/20) en arrosage aux pieds des arbres, mais aussi comme fortifiant.

C'est un excellent engrais foliaire (Diluée au 1/50 en extrait fermenté). En pulvérisation, elle améliore la photosynthèse et la croissance (300 litres / hectare).

En pulvérisation sur le compost, elle accélère la décomposition (acide carbonique et ammoniac). Celui-ci n'étant pas métabolisé par la plante une fois ramassée , il rentre dans le processus de décomposition du compost.

L'ortie est utilisée en biodynamie.

J'utilise l'ortie en perfusion, diluée au 1/50 contre les chloroses fériques ou pour les arbres souffrants d'un mauvais départ de végétation (mauvaise plantation). On peut l'associer à de la racine d'ortie, préparée en décoction (contre les maladies cryptogamiques). La préparation devra être bien filtrée, sinon les aiguilles se bouchent rapidement.

L'ortie est utilisée en biodynamie.

J'utilise l'ortie en perfusion, diluée au 1/50 contre les chloroses fériques ou pour les arbres souffrants d'un mauvais départ de végétation (mauvaise plantation). On peut l'associer à de la racine d'ortie, préparée en décoction (contre les maladies cryptogamiques). La préparation devra être bien filtrée, sinon les aiguilles se bouchent rapidement.

⇒ Récolte : on peut la récolter plusieurs fois dans l'année mais toujours avant la floraison. On peut faire sécher la plante avant utilisation.

Composition : En ppm (partie par million)

Azote total : 595	Potassium : 630
	Calcium : 730
Azote nitrique : 5	Magnésium : 80
Azote ammoniacal : 240	Sulfate : 5
Azote organique : 20	Fer : 2,5

Consoude - *Symphytum officinale* - Borraginacées

En pulvérisation, la consoude favorise la pousse des semis, stimule la vie du sol. (Arrosage en dilution au 1/10 à 1/20. Purin d'une semaine).

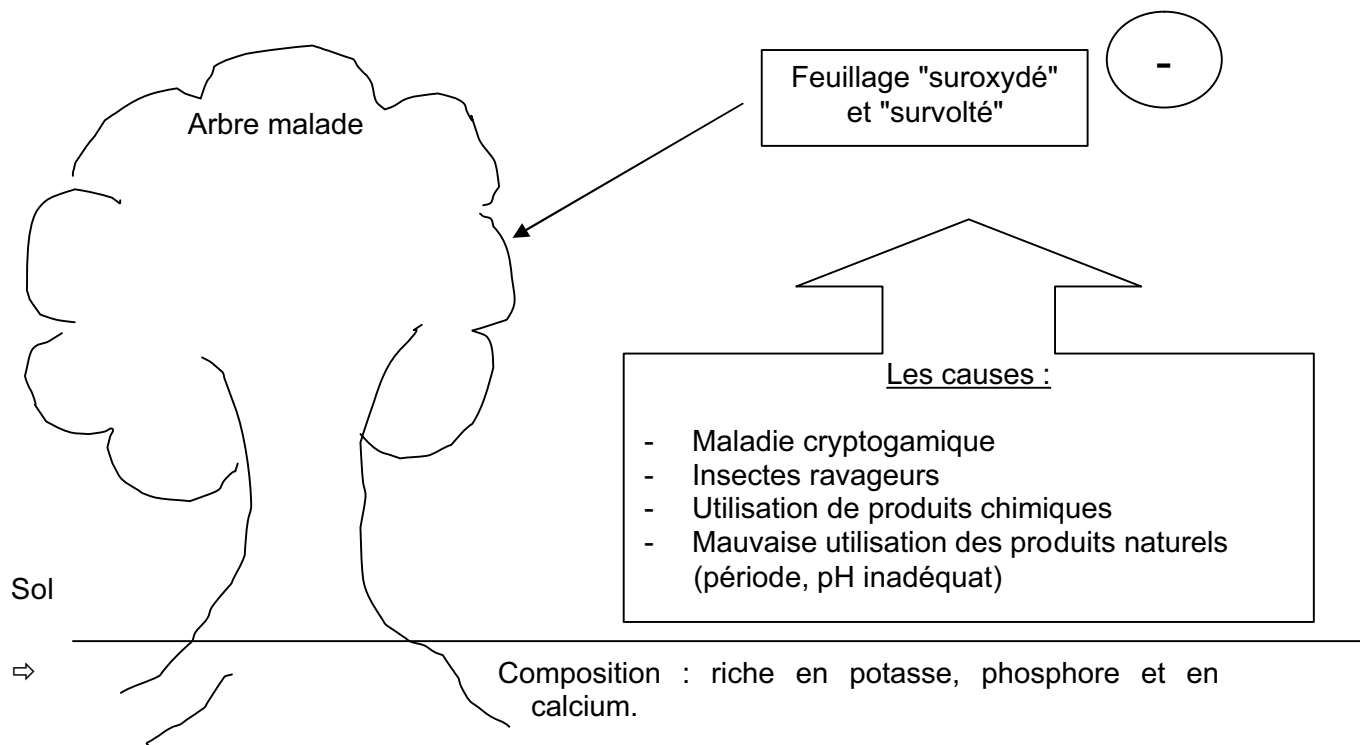
Excellent engrais foliaire (au 1/20 en pulvérisation ; extrait fermenté d'une semaine). A pulvériser en gouttelettes fines le soir après une pluie matinale, faire un arrosage ou encore une perfusion (très bons résultats).

En pulvérisation sur le compost, elle accélère sa décomposition (voir aussi ortie).

En pulvérisation sur le sol la consoude a la propriété de libérer la potasse du sol.

Elle permet de rééquilibrer un sol « suroxydé », en descendant le potentiel redox et le pH.

Un feuillage parasité est systématiquement « suroxydé », « survolté » (redox) et la consoude contribue grandement à rééquilibrer le pH et le potentiel redox sur la surface foliaire.



⇒ Récolte : on peut utiliser la plante entière. On récolte la racine en Avril.

Les feuilles peuvent être ramassées d'Avril jusqu'aux dernières gelées.

⇒ Plantation : la consoude doit être plantée à un endroit mi-ombre sinon elle peut être envahie par l'oïdium.

Achillée millefeuille - Achillea millefolium - Asteracées

Utilisée en biodynamie, l'Achillée permet d'améliorer la fumure.

Introduite sous forme de préparation dans le compost, elle permet l'amélioration de celui-ci.

Elle renforce les systèmes de défense des végétaux aussi bien que la reine des prés.

Elle renforce les préparations fongicides (en extrait, 20 g de fleurs séchées pour un litre d'eau.) A pulvériser en dilution (1 litre d'extrait pour 10 litres d'eau de pluie + la préparation fongicide, dans le cas d'une utilisation contre les champignons). Brassier 10 minutes.

⇒ Récolte : en juin et en septembre. Suspendre les bouquets pour les faire sécher.

⇒ Culture associée : améliore en quantité et en qualité le parfum des plantes aromatiques. Peut se cultiver en rangs intercalaires avec des plantes médicinales.

⇒ Principes actifs : huile volatile (dont pro-azulène), acide isovalérianique, acide salicylique, molécule endogène qui semble agir dans la signalisation intercellulaire lors de l'interaction d'une plante et d'un agent pathogène (il intervient comme messager dans la résistance acquise aux parasites).

2 LES PLANTES INSECTICIDES

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 odeur forte 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.

2.1 Quelques plantes insecticides

Ail - Allium sativum - Liliaceae

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, cette plante 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 g d'ail haché dans 2 c. à soupe d'huile (huile d'olive, huile de sésame, 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 la garder dans un récipient en verre ou en plastique. Pour le traitement, diluer au 1/20.

Ce mélange réduit significativement la ponte des psylles du poirier et empêche l'alimentation de *Mysus persicae* entraînant donc sa mort.

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

Eviter ce type de préparation en période de sécheresse, car cette préparation permet l'ouverture de stomates et peut accentuer les effets du stress hydrique.

⇒ 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 amendements organiques).

L'ail sécrète des saponines, principe actif à action insecticide.

⇒ Partie utilisée : gousse d'ail.

⇒ Plantation : en terrain humifère.

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

Pyrèthre - Tanacetum cinerariifolium - Asteraceae

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

Extrait de fleurs, qui paralyse le système nerveux de tous les insectes, sauf les abeilles provoquant alors 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 pyréthrinés sont rapidement biodégradés 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 g d'alcool.

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, voire dangereuses à long terme (pyréthroïdes 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 un 8 / 10)

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

Grande ortie - Urtica dioica - Urticacées

Les biodynamistes utilisent également les tisanes d'ortie en traitement insecticide pour lutter contre les invasions d'acariens jaunes et rouges.

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 composts de plantes, les semences sont protégées et le début de leur croissance est stimulé.

L'ortie convient aux traitements des semences de céréales (Bernard Bertrand, les secrets de l'ortie).

Neem - Azadirachta indica

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

Le Neem 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 g 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 g / ha, le Neem a fourni une protection acceptable contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

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 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 g 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 de 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 g / 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 g / 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 g / 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 en pulvérisation sur les arbres fruitiers (sauf le poirier Guyot car il brûle).

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

Dans le cadre de recherches 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 thuyas occidentaux dans l'île Joseph (Ontario) et dans des peuplements de sapins baumiers près de Cmerbrook, à Terre-Neuve.

Association de menthe poivrée, sauge officinale, saponaire officinale, rue

Mélange redoutable sur aphidiens, arachnides, sur légumes, fruitiers et vigne.

250 g de plantes fraîches pour 10 l d'eau de pluie en infusion.

Diluer au 1/10 ème.

En pulvérisation foliaire.

La saponine contenue dans la saponaire a des effets insecticides et va aussi favoriser la pénétration du mélange au travers de la cuticule foliaire.

La rue seule peut en perfusion lutter contre les invasions de capricornes, de scolytes et de buprestes.

La menthe poivrée agit sur les pucerons noirs. En association avec la sauge, elle peut empêcher le développement d'un large spectre de pucerons.

3 LES PLANTES FONGICIDES

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

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

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

La lutte contre les champignons parasites repose également sur les métabolites secondaires, des phytohormones, des transporteurs (acide salicylique, acide jasmonique). Beaucoup de plantes répondent à une invasion cryptogamique en produisant des substances inhibant la croissance du parasite.

Il peut s'agir de l'augmentation de la synthèse de produits déjà existants, tanins, composés phénoliques, juglone...

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

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

3.1 Quelques plantes fongicides

Capucine - Tropaeolum majus - Tropaeolacées

En infusion contre les chancres des arbres fruitiers (pulvérisation). On peut utiliser aussi les feuilles d'oseille en pulvérisant sur les chancres.

⇒ Partie utilisée : les feuilles.

⇒ Plantation : se sème au printemps en pleine terre.

Toutes expositions.

⇒ Principes actifs : Glucosinolates (métabolites secondaires soufrés).

Raifort - Armoracia rusticana - Brassicacées

Les feuilles du Raifort sont efficaces contre Moniliose (maladie cryptogamique sur arbres fruitiers), courante sur les cerisiers (*Monilia fructigena*). Infusion puis pulvérisation non diluée (infuser 300 g de feuilles et de racines dans 10 litres d'eau).

On peut réaliser un extrait de 100 g de racine qu'on laisse ramollir 24 heures contre la fonte des semis.

⇒ On pulvérise sur l'arbre entier.

⇒ Principes actifs : Voir capucine.

Ail - *Allium sativum* - Liliacées

En pulvérisation non diluée (décoction), l'ail est très efficace contre la cloque du pêcher.

J'ai pu constater que la préparation insecticide (voir plantes insecticides) est plus efficace contre la cloque et souvent radicale contre le champignon.

Voir la préparation dans plantes insecticides qui peut être utilisée aussi contre la rouille.

Contre la fonte des semis, porter à ébullition 100 g de bulbes hachés et laisser infuser 1 heure avant d'arroser les semis (voir plantes répulsives).

Les plants d'ail cultivés au pied des pêchers sont utiles contre la cloque du pêcher.

⇒ Principes actifs : voir dans plantes insecticides.

⇒ Cultures associées : voir plantes insecticides.

⇒ Plantation : voir plantes insecticides.

Rumex à feuilles obtuses - *Rumex obtusifolius* - Polygonacées

Contre le chancre du poirier et du pommier (*Nectria ditissima*), pulvériser sur la plaie une macération (24 heures) des feuilles. 200 g de feuilles fraîches dans 10 l d'eau.

Contre l'oïdium du pommier : 150 g de racine dans 10 litres d'eau en purin puis arroser au sol.

Les extraits de rumex sont efficaces contre la fonte des semis (10 gouttes d'extrait par litre d'eau, à remuer pendant 15 minutes en arrosage sur les jeunes semis).

Grande ortie - *Urtica dioica* - Urticacées

Certains scientifiques ont découvert que les racines d'ortie contenaient une substance de la famille des phytolectines, qui inhiberait la croissance des champignons responsables de certaines maladies des plantes.

Les chercheurs ont expérimenté cette substance grâce à un extrait de racine d'ortie. Le résultat fut probant, puisque la croissance des champignons pathogènes avait été réduite de 85 %.

La teneur en cette substance des racines varie entre 0,5 et 3 %.

Personnellement j'utilise en pulvérisation mais aussi en injection sous basse pression au monoxyde de carbone des mélanges à fort pourcentage d'ortie contre les maladies cryptogamiques (champignons) + feuilles de sureau, avec des résultats encourageants sur des arbres.

Des essais avec les racines d'orties sont en cours depuis quelque temps, au jardin et sur des arbres malades.

Pamplemousse

L'extrait de pépins de pamplemousse, véritable cadeau de la "pharmacie de Dieu", arrive à point nommé pour traiter une grande partie des maladies sur les végétaux.

D'efficacité large, ce remède s'attaque aux virus, bactéries, levures et autres champignons.

Au Danemark, l'agriculture biologique utilise cet extrait comme insecticide sur bon nombre de légumes ainsi que pour la conservation des fruits et légumes.

L'extrait est un bon fongicide contre bon nombre de champignons.

Beaucoup plus efficace que l'alcool comme désinfectant (chaînes de tronçonneuse).

⇒ Principes actifs : les pépins de pamplemousse contiennent surtout des bioflavonoïdes et le glucoside (naringine), de l'isosacuranétine, du néohespéridine, de l'hespéridine, de la poncirine, quercétine, apigénine, rutinoside, rhôfoline, vonide...

4 QUELQUES EXEMPLES DE TRAITEMENTS SUR LA VIGNE

4.1 Mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*)

🔗 Traitement

⇒ Pulvérisation foliaire : infusion de sauge officinale (*salvia officinalis*) + Bardane (feuilles séchées).

100 grammes de chaque pour 10 litres d'eau

⇒ Dilution 1/10 ème 100 litres / hectare

⇒ Premier traitement lorsque la période d'incubation de l'infection primaire atteint 80 à 90 %. Si possible avant une pluie.

⇒ Deux autres traitements à intervalles de 8 jours.

⇒ Pulvérisation foliaire : infusion de fleurs de tansie 200 g / 10 litres d'eau, dilution 1/20 ème

🔗 Perfusion

⇒ Huiles essentielles Ail + *Satureja montana* (Plante fleurie S.B carvacrol ou S.B Thymol)

4.2 Phylloxéra

🔗 Moyen de contrôle

⇒ Vérifier s'il y a des galles à partir du mois de mai jusqu'en été.
On peut installer des pièges jaunes pour les formes ailées.

🔗 Traitement

⇒ Perfusion d'un complexe d'huiles essentielles pour les formes radicicoles :

- He de *Cinnamomum camphora* (*linalol-citroneloll*)
- He d'*Allium sativum* (diallyl-di-trisulfide)

⇒ Perfusion de neem à la dose 0,1 g / cm de diamètre

5 ml / CEP de vigne

⇒ Infusion de feuilles et de fleurs de Petunia et Tagetes (patula)

150 grammes pour 100 litres d'eau par plante

4.3 Pyrale de la vigne

🔗 Moyen d'avertissement :

⇒ Le piégeage sexuel permet de déceler la présence et de mettre en place un traitement selon la densité de la population en été.

🔗 Perfusion :

⇒ Complexe d'huiles essentielles constituées par des esters :

- *Betula alleghaniensis* (Bouleau jaune)
- *Alpinia galanga* (Galanga des Indes)

🔗 Pulvérisation :

⇒ Infusion de Saponaire officinale + menthe poivrée + sauge officinale + rue

250 grammes de chaque pour 10 litres d'eau

⇒ Dilution :

1/20 ème 200 litres / hectare

INTRANTS DESTINES AUX PRODUCTIONS VEGETALES. QUELLES EXIGENCES REGLEMENTAIRES ACTUELLES ?

Monique Jonis et Hélène De Bernardi. ITAB, Mas de Saporta, 34 875 Lattes cedex.

Tél. : 04 67 06 23 93, fax : 04 67 06 55 75. E-mail : monique.jonis@itab.asso.fr.
www.itab.asso.fr

INTRODUCTION

Voici un bref rappel de l'état actuel de la réglementation concernant la mise sur le marché des intrants destinés aux productions végétales.

Utiliser des intrants agricoles peut présenter des risques pour l'homme, les animaux et l'environnement. Les procédures d'évaluation et d'autorisation des produits visent à garantir l'efficacité des produits et à s'assurer d'un niveau de toxicité acceptable permettant de limiter les risques. Ces procédures sont normalement harmonisées au niveau communautaire. Cependant, des disparités dans les méthodes d'évaluation peuvent apparaître entre différents pays.

1 LES PRINCIPAUX INTRANTS : LES MATIERES FERTILISANTES ET LES PHYTOPHARMACEUTIQUES

1.1 Matières fertilisantes

Article L 255-1 du Code Rural

« Les matières fertilisantes comprennent les engrais, les amendements et, d'une manière générale, tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. »

1.2 Support de culture

Article L 255-1 du Code Rural et décret n°80-478 du 16 juin 1980

« Tout produit destiné à servir de milieu de culture à certains végétaux ou dont la mise en œuvre aboutit à la formation de milieux possédant une porosité telle qu'ils sont capables à la fois d'ancrer les organes absorbants des plantes et de leur permettre d'être en contact avec les solutions nécessaires à leur croissance. »

1.3 Engrais

Décret n°80-478 du 16 juin 1980

« Matière fertilisante dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (éléments fertilisants majeurs : azote, phosphore, potassium ; éléments fertilisants secondaires : calcium, magnésium, sodium, soufre ; oligo-éléments : bore, cobalt, cuivre, fer, manganèse, molybdène, zinc). »

1.4 Amendements

Ces amendements sont en principe des matières minérales ou organiques que l'on incorpore au sol en vue d'améliorer sa constitution et ses propriétés physiques et chimiques.

On trouve deux définitions réglementaires des amendements dans *le décret n°80-478 du 16 juin 1980* :

Amendement calcique ou magnésien

« Matière fertilisante contenant du calcium ou du magnésium, généralement sous forme d'oxydes, d'hydroxydes ou de carbonates, destinés principalement à maintenir ou à élever le pH du sol et à en améliorer les propriétés. »

Amendement organique

« Matière fertilisante composée principalement de combinaisons carbonées d'origine végétal, fermentée ou fermentescible, destinée à l'entretien ou à la reconstitution de la matière organique du sol. »

1.5 Produits phytopharmaceutiques

Article 2 de la directive 91/414 repris dans l'article 1 du décret n°94-359 du 5 mai 1994.

« On entend par produits phytopharmaceutiques les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à :

protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, pour autant que ces substances ou préparations ne soient pas définies ci-après ;

exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives ;

assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs ;

détruire les végétaux indésirables ;

détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux. »

1.6 Substances actives

Article 2 de la directive 91/414 et article 8 du décret n°94-359 du 5 mai 1994

« Substances : les éléments chimiques et leurs composés tels qu'ils se présentent à l'état naturel ou tels que produits par l'industrie, incluant toute impureté résultant inévitablement du processus de fabrication.

Substances actives : les substances ou micro-organismes, y compris les virus exerçant une action générale ou spécifique sur les organismes nuisibles ou sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux. »

1.7 Usage et usage mineur

Un usage est l'emploi auquel est destiné une préparation phytopharmaceutique. Il est généralement constitué d'un couple « plante-organisme nuisible » complété par des précisions sur le mode ou le champ d'application.

Un usage mineur est un usage de faible importance économique nationale, qui fait l'objet d'un aménagement de procédure pour les homologations de produits.

2 LE CADRE GENERAL DES EXIGENCES REGLEMENTAIRES

L'objet de cette présentation est de retracer les grandes lignes des exigences réglementaires concernant les intrants agricoles pour ce qui concerne les phytosanitaires et les matières fertilisantes, c'est-à-dire des intrants susceptibles d'entrer dans, ou en contact avec, les produits récoltés.

Ces exigences réglementaires ont quatre objectifs sociétaux. Il s'agit d'assurer :

- **la sécurité alimentaire**, la protection des consommateurs des biens récoltés après utilisation de ces produits ;
- **la sécurité sanitaire**, la protection des aliments ;
- **la protection de l'utilisateur du produit**, la protection contre des malfaçons et des inconstances d'efficacité du produit, mais aussi contre des risques liés à son utilisation ;
- **la protection de l'environnement**, l'absence d'un impact potentiel de ces produits sur les écosystèmes naturels, aquatiques notamment, mais aussi sur des organismes vivants non cibles.

Ces différentes exigences de sécurité et de protection imposent que les intrants fassent l'objet d'une évaluation toxicologique et écotoxicologique. Les contraintes réglementaires, ont pour conséquence que, pour chaque intrant mis sur le marché, son producteur :

- doit avoir fait la preuve, dans les conditions d'emploi préconisées, d'une part de son **innocuité environnementale** et d'autre part de son **efficacité** ;
- ne peut revendiquer, en matière d'information fournie à l'utilisateur du produit, que les effets dont il a apporté la preuve et qui ont été reconnus par les commissions *ad hoc*. En d'autres termes, un produit ayant obtenu une autorisation de vente, par quelque méthode que ce soit, pour un critère de type "fonction fertilisante" ne peut pas faire état d'un critère "fonction phytopharmaceutique" si cette dernière n'a pas été démontrée et que l'ensemble des tests demandés dans le cadre de la réglementation phytosanitaire n'a pas été effectué.

2.1 L'innocuité environnementale

Tout produit biotoxique mis sur le marché à destination de la production végétale doit passer par le filtre de la **Commission d'étude de la toxicité**, plus connue sous le nom de **commission des toxiques** (ou encore COMTOX), afin de quantifier leur toxicité et écotoxicité. Toxiques, par fonction, pour des organismes vivants dans certaines conditions d'emploi et à certaines doses, il est indispensable que les phytosanitaires fassent l'objet d'évaluations toxicologiques et écotoxicologiques très poussées. Ce type d'évaluation concerne d'abord l'examen des **effets sur les cibles non intentionnelles**, les "organismes non-cibles, – c'est-à-dire l'examen des "effets collatéraux" ou des "bavures". La COMTOX est en charge de ces analyses. Il s'agit d'un filtre souvent long et très onéreux, compte tenu des renseignements toxicologiques à fournir. On peut raisonnablement imaginer que seules des firmes "aux reins solides" entreprennent cette démarche.

Quant aux matières fertilisantes, dont les fonctions escomptées sont positives par rapport au développement du vivant, elles doivent également, et logiquement, faire l'objet d'une analyse écotoxicologique. Mais cet examen est moins poussé que celui requis pour les phytopharmaceutiques.

2.2 L'efficacité des intrants

La preuve de l'efficacité dans les conditions d'emploi préconisées, repose sur la mise en place et l'analyse d'essais effectués dans les conditions d'emploi préconisées. Cette efficacité sera testée en général en analysant les données expérimentales permettant de comparer, au minimum, une modalité de traitement avec le produit et une modalité de traitement sans le produit. Situés dans le domaine de la biologie, ces essais doivent comporter suffisamment de répétitions pour pouvoir subir le feu d'analyses statistiques appropriées et reconnues de la communauté scientifique.

2.3 La constance des produits

Constance des effets phytopharmaceutiques sur les cibles visées, constance des non effets sur les cibles non intentionnelles, constance de l'efficacité des matières fertilisantes, reposent sur la constance de composition des produits. Ce qui impose, le plus souvent, de connaître la (ou les) substance(s) active(s) contenue(s) dans le produit, ou au moins de connaître des marqueurs et/ou des indicateurs permettant d'évaluer la stabilité du produit.

3 ARTICULATION ENTRE LES DIFFERENTS REGLEMENTS

- européen sur les productions biologiques,
- européen sur l'évaluation des produits phytopharmaceutiques,
- national sur l'évaluation des produits phytopharmaceutiques (homologations)

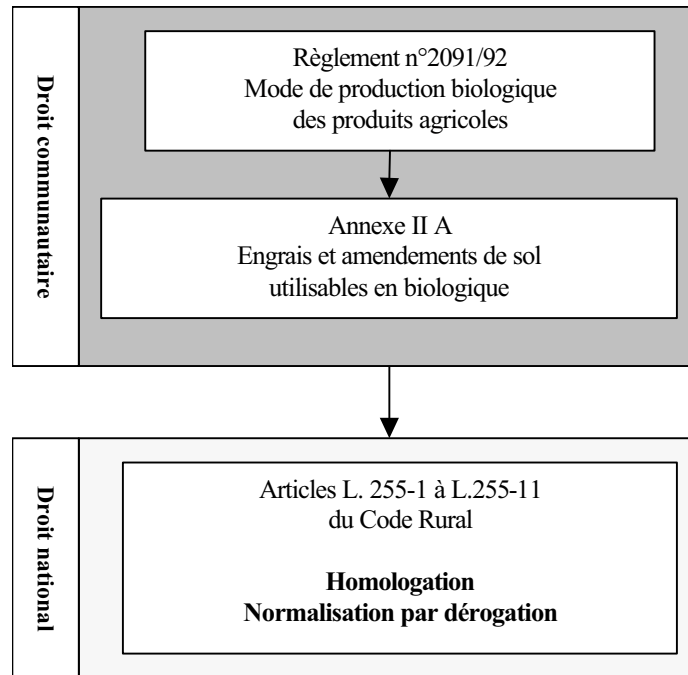
Les productions végétales en mode biologique font l'objet depuis 1991 d'un règlement européen, le règlement CEE du Conseil n °2092/91 du 24 juin 1991. Ce règlement indique en annexes les principes de production biologique des exploitations, notamment concernant l'utilisation des intrants : annexe II A pour les matières fertilisantes et annexe II B pour les produits phytosanitaires.

3.1 Matières fertilisantes

Il n'existe pas de réglementation spécifique européenne pour les matières fertilisantes. Par contre, au niveau national, les dispositions les concernant sont codifiées aux articles L.255-1 à L.255-11 du Code Rural.

Pour être utilisable en France par un agrobiologiste, une matière fertilisante ou un support de culture doit être inscrit en annexe II A du règlement R2091/92 ET homologué en France ou conforme à une norme française.

Cadre réglementaire des engrais et amendements de sol



3.2 Produits phytosanitaires

L'évaluation et l'autorisation des substances actives se réalisent au niveau communautaire. Par contre l'autorisation de mise sur le marché des préparations phytopharmaceutiques est réalisée par chaque état membre.

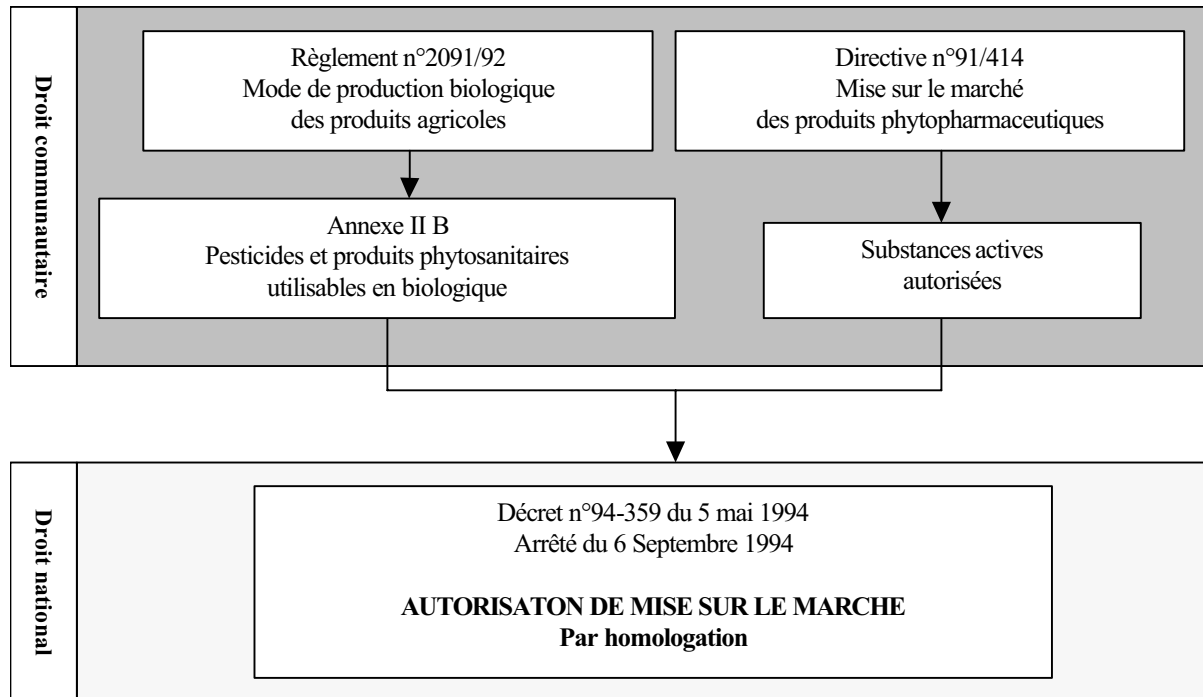
Les produits phytopharmaceutiques dits naturels sont soumis à une réglementation spécifique, encadrée par la directive CEE n°91-414, dont la transposition en droit français est réalisée dans le décret n° 94-359 du 5 mai 1994 et l'arrêté du 6 septembre 1994, notamment.

Les microorganismes sont concernés également par cette même réglementation, avec une adaptation spécifique des modalités d'autorisation des produits décrites dans la directive n°2001/36 qui modifie la directive n° 91/414.

Il n'existe par actuellement de réglementation concernant l'usage des macro organismes.

Pour être utilisable en France par un agriculteur cultivant en biologique pour un usage donné, un produit phytosanitaire doit donc à la fois : être composé de substance(s) active(s) inscrite(s) pour l'usage considéré au règlement R 2092/91 ET composé de substance(s) active(s) inscrite(s) en annexe à la directive n°91/414/CEE ET homologué en France pour l'usage considéré.

Cadre réglementaire des produits phytopharmaceutiques



4 L'ÉVALUATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Utiliser des intrants agricoles peut présenter des risques pour l'homme, les animaux et l'environnement. Les procédures d'évaluation et d'autorisation des produits visent à garantir d'une part l'efficacité des produits, et à s'assurer d'un niveau de toxicité acceptable permettant de limiter les risques. Ces procédures sont normalement harmonisées au niveau communautaire.

L'évaluation des risques repose sur deux principes :

- L'évaluation collégiale au niveau communautaire des substances actives ;
- Les évaluations réalisées dans le cadre des procédures d'autorisations de mise sur le marché au niveau national dans des conditions harmonisées.

4.1 L'évaluation des matières actives au niveau européen

La procédure d'évaluation des matières actives

Les substances actives sont évaluées dans le cadre de la directive 91/414 CEE qui fixe les études nécessaires à cette évaluation. L'évaluation porte sur toute nouvelle substance active qu'elle soit d'origine chimique ou biologique, mais également sur les substances actives anciennes qui sont progressivement revues dans le cadre de la réévaluation communautaire en appliquant le même niveau d'exigence d'évaluation.

La procédure est différente selon que les substances actives étaient ou non commercialisées dans l'Union Européenne au 25 juillet 1993 (date limite de transposition de la directive).

Les substances actives commercialisées dans l'Union Européenne au 25 juillet 1993 sont dites « anciennes » et font l'objet d'un réexamen selon une procédure détaillée ci après. L'Etat Membre rapporteur, chargé du réexamen de la substance, est désignée par la Commission.

Les substances actives commercialisées dans l'Union après le 25 Juillet 1993 sont dites « nouvelles ». C'est la société qui dépose le dossier qui choisit l'Etat rapporteur et l'Etat co-rapporteur.

L'évaluation des substances actives par la France, Etat rapporteur

En France, la Structure Scientifique Mixte (SSM), créée en 1997 par convention entre l'INRA et la DGAL, coordonne l'expertise de ces substances actives.

Les études couvrent différents domaines dans les volets suivants :

- **détermination des propriétés physiques et chimiques** (inflammabilité, explosibilité, solubilité dans l'eau et les solvants, tension de vapeur,...) et évaluation de la validité des méthodes analytiques du produit (dans les végétaux, les denrées d'origine animale, l'eau, l'air, le sol) ;
- **évaluation de la toxicité pour l'homme** : métabolisme et cinétique, toxicité aiguë, tolérance locale y compris le risque allergique, toxicité subaiguë et chronique dans plusieurs espèces de mammifères, toxicité vis-à-vis des fonctions de reproduction (tératogénèse et étude sur plusieurs générations), potentiel mutagène et potentiel cancérigène dans plusieurs espèces. Ces études permettent de définir une dose journalière acceptable (DJA), une dose de référence aiguë (ArfD), une dose d'exposition acceptable pour l'applicateur (AOEL) ;
- **évaluation des résidus dans les végétaux**, produits de transformation, denrées d'origine animale comprenant l'étude du métabolisme dans les plantes destinées à être traitées. Ces études permettent de définir le(s) résidu(s) à doser dans les végétaux traités en suivant les bonnes pratiques agricoles dans plusieurs régions et sur plusieurs années. Elles permettent aussi de définir la limite maximale de résidus (LMR) et le délai avant récolte (DAR) pour chaque type de récolte ;
- **évaluation du devenir de la substance et son comportement dans l'environnement** comprenant l'étude de sa dégradation dans l'eau, l'air, le sol, à la lumière, la possibilité de migration de la substance ou de ses métabolites vers les eaux de surfaces et souterraines et l'air, l'évaluation du risque de sa rémanence dans l'environnement par des études en laboratoire et au champ ;
- **évaluation de la toxicité pour la faune et la flore** comprenant la toxicité pour les oiseaux, les organismes aquatiques (poissons, crustacés, algues, faune benthique), les mammifères terrestres, les arthropodes terrestres, les vers de terre, les bactéries du sol, les insectes et en particulier les abeilles.

Les effets potentiels sur l'homme des substances ou de leurs métabolites présents dans l'environnement sont également pris en compte.

Un classement et un étiquetage concernant les dangers pour l'homme, l'environnement et les propriétés physiques et chimiques sont déterminés.

Cette évaluation permet de caractériser les dangers de la substance et d'évaluer les risques en fonction des usages agricoles.

L'examen des substances actives

Depuis l'entrée en vigueur de la Directive 91/414/CE, un programme de réexamen de toutes les substances actives a été mis en œuvre. L'ensemble des substances doit être réexaminé d'ici décembre 2008. Elles ont été réparties en quatre listes. La plupart des substances actives utilisables en agriculture biologique (annexe II du règlement CEE 2092/91) appartiennent à la 4^{ème} et dernière liste. Les dossiers les concernant sont actuellement en cours d'examen. La date limite d'examen est fixée au 31 décembre 2008. 178 substances

actives sont concernées. En revanche 91 substances n'ont pas été inscrites et devraient être retirées du marché.

Le processus d'examen des substances actives s'effectue selon le processus suivant :

- une firme dépose une série d'études à l'appui de la demande d'inscription d'une substance active ;
- un état de l'Union Européenne est désigné comme rapporteur et élabore un dossier d'examen ;
- ce rapport est discuté collégalement par les Etats Membres, puis évalué par l'agence européenne de sécurité des aliments ;
- les Etats membres décident par vote l'inclusion ou la non inclusion de la substance active.

4.2 L'évaluation des produits au niveau national

La mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques est subordonnée à une autorisation officielle assortie de conditions d'utilisation. Pour obtenir une autorisation de mise sur le marché, le demandeur doit prouver, grâce à un dossier, l'innocuité du produit pour l'homme, utilisateur et consommateur, et l'environnement et l'efficacité et la sélectivité du produit sur la ou les cultures traitées.

L'évaluation nationale du dossier de demande d'autorisation de mise sur le marché est conduite en application des articles L.253-1 à L.253-7 du code Rural, complété par le décret n°94-359 du 5 mai 1994.

Cette évaluation, base de l'autorisation de mise sur le marché est de la compétence de la Direction Générale de l'Alimentation du ministère de l'Agriculture. La DGAL, assistée de la SSM, s'appuie sur plusieurs instances composées d'experts désignés, d'agents de l'administration et de représentants de la société civile, associations de consommateurs et associations de protection de l'environnement.

Ces instances sont les suivantes :

- la commission d'étude de la toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole et des produits assimilés ;
- le comité d'homologation (produits antiparasitaires à usage agricole, matières fertilisantes et supports de culture) ;
- la commission des produits antiparasitaires à usage agricole ;
- le comité national de l'agrément professionnel
- la commission des matières fertilisantes et des supports de culture.

Les trois premières instances de la liste sont compétentes dans le domaine des produits phytopharmaceutiques.

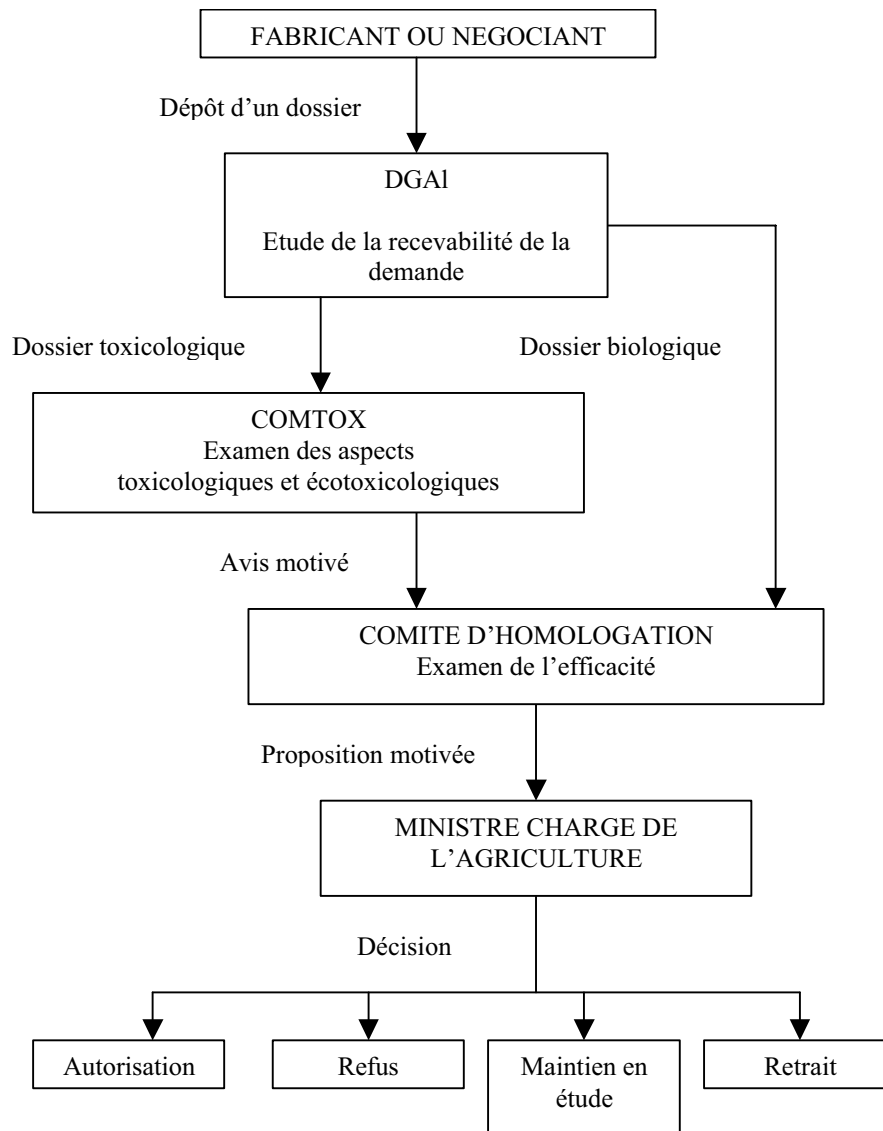
Les fabricants de produits déposent une demande de mise sur le marché, accompagné d'un dossier toxicologique et d'un dossier biologique complet.

Le dossier toxicologique est examiné par les experts de la commission d'étude de la toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole et des produits assimilés (dite COMTOX). Au vu de la toxicité du produit pour l'homme et l'environnement (faune, flore, milieux), la COMTOX propose un classement toxicologique et des conseils de prudence à respecter pour l'utilisation du produit. Dans un avis motivé transmis au comité d'homologation.

Le dossier biologique présente les résultats portant sur l'efficacité du produit et sa sélectivité à l'égard des végétaux. Le comité d'homologation, assisté des personnes de la Structure Scientifique Mixte, examine ce dossier et propose, en fonction des conclusions de la COMTOX, une décision d'autorisation de mise sur le marché, un refus, un retrait ou un maintien en étude.

La décision d'AMM est prise par le Ministre chargé de l'Agriculture.

Schéma descriptif de la procédure d'évaluation des produits phytopharmaceutiques



5 L'EVALUATION DES MATIERES FERTILISANTES

5.1 Evaluation nationale

L'article L.255-2 du Code Rural indique que la mise sur le marché, l'importation, la distribution même à titre gratuit nécessite l'obtention préalable d'une homologation, ou à défaut d'une autorisation provisoire de vente ou d'importation.

Cependant cet article indique également que, sous réserve de leur innocuité à l'égard de l'homme, des animaux et de l'environnement, des dispenses d'homologation sont possibles pour :

les produits conformes à une norme rendue d'application obligatoire (engrais organiques azotés, composts végétaux ...)

les produits soumis à une directive communautaire (engrais CE, uniquement minéraux) ;

les produits soumis à plan d'épandage par arrêté préfectoral au titre de la loi sur l'eau ou les installations classées ;

les produits organiques bruts et les supports de culture d'origine naturelle, sous produits d'une exploitation agricole ou d'un établissement d'élevage cédés directement par l'exploitant.

La procédure d'homologation est la même que pour les produits phytopharmaceutiques, il existe un sous groupe du comité d'évaluation de la toxicité pour les matières fertilisantes.

5.2 Evaluation européenne

Il n'existe pas d'évaluation européenne, mais une démarche de normalisation CE.

L'ALLELOPATHIE ET SON UTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

N. DELABAYS
Station fédérale de recherches agronomiques
CH-1269 Nyon
Suisse

RESUME

Les plantes présentes dans une parcelle interfèrent entre elles de différentes manières. Outre les effets classiques de compétition, on a mis en évidence ces dernières années une influence induite par l'intermédiaire de molécules chimiques: l'allélopathie. En effet, de nombreuses espèces végétales synthétisent des molécules capables d'inhiber la germination et le développement des plantes croissant dans leur voisinage. La compréhension des phénomènes d'allélopathie offre des perspectives prometteuses pour la gestion de la flore spontanée des parcelles cultivées, par exemple sous la forme de l'utilisation de couvertures végétales allélopathiques, de cultures intercalaires "nettoyantes", voire le développement de variétés cultivées limitant le développement des mauvaises herbes.

Dans la première partie de cet article, nous décrivons comment l'existence et l'importance de ce phénomène ont pu être démontré aux champs, en utilisant des lignées d'*Artemisia annua* (armoïse annuelle) avec des teneurs très variables en artémisinine, une des molécules responsables des propriétés allélopathiques de cette espèce. Dans la seconde partie, nous montrons, avec l'exemple du brome des toits (*Bromus tectorum*) et de l'orge des rats (*Hordeum murinum*), comment nous intégrons le phénomène de l'allélopathie dans nos travaux visant à la mise en place d'un enherbement optimal pour les cultures spéciales, notamment en viticulture.

Mots-clés: allélopathie, couverture végétale, *Bromus tectorum*, *Hordeum murinum*, *Artemisia annua*.

INTRODUCTION

Les plantes présentes dans une parcelle cultivée interfèrent entre elles de différentes manières. Traditionnellement, cette interférence est attribuée principalement à des effets de compétition pour les ressources de l'environnement telles que l'eau, la lumière ou les substances nutritives. Depuis quelques années, un autre volet de cette interférence est postulé par certains chercheurs: l'allélopathie; un phénomène que l'on peut définir comme « l'influence d'une plante sur une autre au moyen du relâchement d'un composé chimique dans l'environnement ». Aujourd'hui, il est avéré que de nombreuses espèces végétales synthétisent des molécules capables d'inhiber la germination et le développement des plantes croissant dans leur voisinage (MACIAS *et al.*, 1999 ; MACIAS *et al.*, 2004).

Une meilleure connaissance de ce phénomène pourrait s'avérer utile dans plusieurs domaines. Par exemple, elle serait à même de contribuer à notre compréhension de la dynamique d'évolution de la végétation dans les milieux naturels et semi-naturels, notamment en ce qui concerne les plantes envahissantes. En effet, plusieurs auteurs estiment que l'allélopathie joue un rôle dans le caractère « envahissant » de certaines néophytes, comme, par exemple, *Centaurea maculosa* (BAIS *et al.*, 2003). Par ailleurs, l'allélopathie constitue vraisemblablement un des aspects de la nuisibilité de certaines mauvaises herbes. Elle est également suspectée d'être parfois à l'origine des déboires rencontrés lors de semis directs: certaines molécules relâchées par les résidus de la récolte précédente sont phytotoxiques et peuvent interférer avec la levée de la nouvelle culture. Enfin, une meilleure maîtrise de l'allélopathie pourrait offrir des perspectives intéressantes

pour la gestion de la flore spontanée des parcelles cultivées; par exemple en utilisant des plantes allélopathiques comme couverture végétale, en sous-semis ou comme culture intercalaire "nettoyante" (smother crop) ((ANAYA, 1999; BHOWMIK & INDERJIT, 2003). Une telle approche constitue une alternative particulièrement prometteuse et bienvenue dans le cadre du développement de la production intégrée ou de l'agriculture biologique.

Notre propre intérêt pour l'allélopathie découle d'observations aux champs, à l'origine réalisées dans le cadre d'un programme de sélection de plantes destinées à l'enherbement des cultures spéciales (DELABAYS *et al.*, 2000). Par la suite, les propriétés allélopathiques de plusieurs espèces ont été mises en évidence en laboratoire et en serre (DELABAYS *et al.*, 1998), et même au champ pour certaines d'entre elles (DELABAYS & MERMILLOD, 2002). Le présent article montre la démarche suivie pour démontrer la réalité du phénomène à l'aide de l'*Artemisia annua*. Il présente également nos premiers résultats obtenus en vigne avec le brome des toits (*Bromus tectorum*) et l'orge des rats (*Hordeum murinum*), 2 espèces dont les propriétés allélopathiques pourraient contribuer à optimiser leur utilisation pour l'enherbement de cultures spéciales (vignes, vergers, cultures de baies,...)

1 L'ALLELOPATHIE : UN PHENOMENE COMPLEXE, DIFFICILE A METTRE EN EVIDENCE

Si l'allélopathie et son utilisation en agronomie ont fait l'objet ces dernières années de nombreuses études, l'ampleur du phénomène, et surtout sa réelle pertinence dans les systèmes agricoles, restent des sujets de controverses scientifiques vivement débattues (BIRKETT *et al.*, 2001). La discussion se nourrit notamment de la difficulté expérimentale de démontrer, au champ, l'importance de ces phénomènes et en particulier de distinguer l'allélopathie de l'autre volet de l'interférence entre plantes, soit la compétition proprement dite pour les ressources de l'environnement. Pour contourner cette difficulté, un protocole classique consiste à utiliser du matériel végétal sec, par exemple en l'incorporant au niveau du sol, ceci afin de mettre en évidence l'effet de molécules chimiques allélopathiques accumulées dans la plante. On se rapproche ainsi de la situation concrète correspondant à l'incorporation de résidus végétaux dans le sol d'une parcelle cultivée. De telles expérimentations ne sont cependant pas exemptes de défauts. En effet, une telle incorporation ajoute de la matière organique dans le sol, modifie sa structure et, plus généralement, change le rapport C/N, avec les conséquences prévisibles sur la flore microbienne du sol et la dynamique de l'azote : autant de facteurs susceptibles d'influer sur la croissance des plantes, sans que l'allélopathie proprement dite soit impliquée (DELABAYS & MUNIER-JOLAIN, 2004).

Pour contourner cette difficulté méthodologique, nous avons réalisé une série d'essais avec *Artemisia annua*, une espèce connue pour synthétiser et accumuler dans ses feuilles de l'artémisinine, une lactone sesquiterpénique aux propriétés phytotoxiques avérées (DUKE *et al.*, 1987). L'originalité des recherches en allélopathie menées avec cette plante réside dans le fait que l'on dispose avec elle de matériaux végétaux chimiquement bien caractérisés, notamment en ce qui concerne la teneur, très variable, en artémisinine (DELABAYS *et al.*, 2001). Ainsi, comparativement à une variété d'*A. annua* très riche en la molécule (jusqu'à 1,4% dans les feuilles séchées), une lignée pauvre, pratiquement exempte d'artémisinine, constitue une sorte de "standard interne" permettant d'isoler, dans différentes expérimentations, l'effet propre de la molécule phytotoxique. Des essais utilisant en parallèle ces 2 lignées d'*A. annua* ont ainsi été réalisés en champs (DELABAYS & MERMILLOD, 2002 ; BOHREN *et al.*, 2004). Dans l'ensemble de ces essais, la même tendance s'est dégagée: un effet marqué d'inhibition de l'émergence et/ou de la croissance des mauvaises herbes est observé lorsque l'on incorpore au sol des feuilles d'*A. annua* riche en artémisinine, alors qu'un effet nul ou nettement plus modeste est relevé avec le matériel pauvre en la molécule. A titre d'exemple, nous présentons des résultats obtenus en 2003 dans une culture de pomme de terre, dans laquelle, la veille de la plantation, des quantités croissantes de feuilles sèches des 2 lignées d'*A. annua* ont été incorporées au sol. La

figure 1 expose l'influence de ces incorporations sur la biomasse des mauvaises herbes mesurée 71 jours après la plantation.

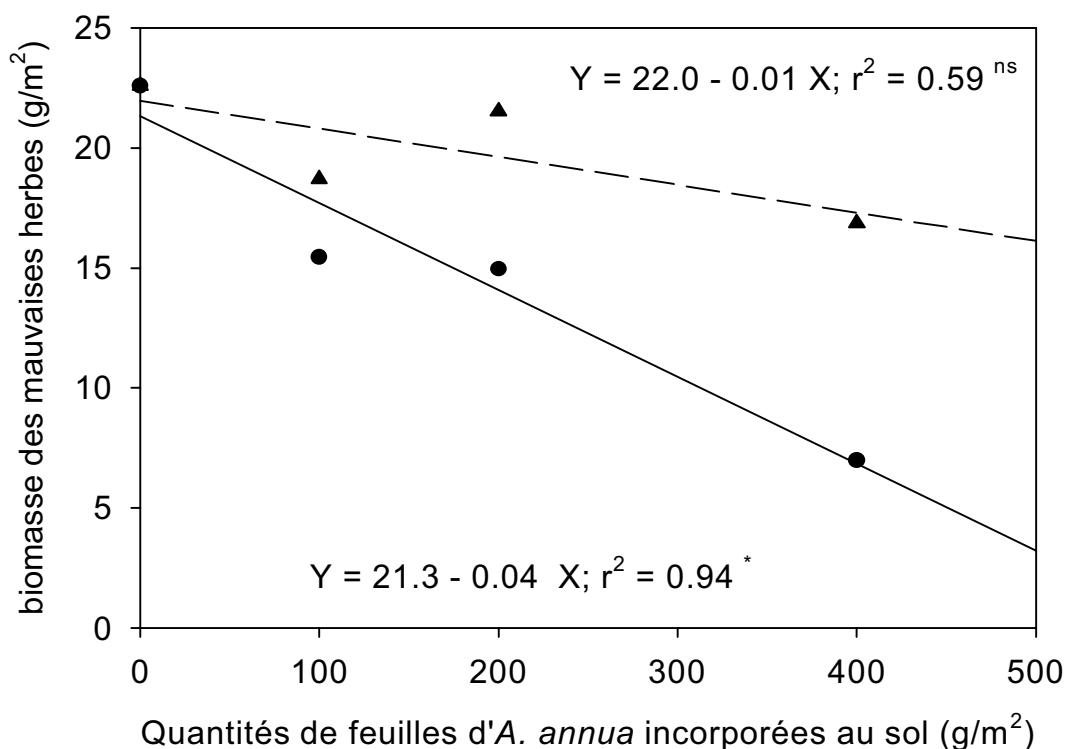


Figure 1. Effets, sur la biomasse des mauvaises herbes (poids sec), de l'incorporation dans le sol de quantités croissantes de feuilles sèches d'*Artemisia annua* riche (ligne pleine, ronds) et pauvre (tirets, triangles) en artémisinine.

Alors qu'aucun effet significatif n'est relevé avec l'incorporation des feuilles de la variété pauvre en artémisinine, une forte inhibition du développement des mauvaises herbes (principalement des *Chenopodium album* et des *Fumaria officinalis*) est observée avec la variété riche en la molécule.

Ces observations démontrent le rôle joué par l'artémisinine dans les effets inhibiteurs observés au champ et confirment ainsi la présence d'un véritable phénomène d'allélopathie. Cette conclusion est encore appuyée par le fait que l'artémisinine, apportée avec les feuilles incorporées au sol, est bien présente dans ce dernier et peut même encore être détectée jusqu'à 10 semaines après l'incorporation (BOHREN *et al.*, 2004).

2 UTILISATIONS POSSIBLES DE L'ALLELOPATHIE EN AGRICULTURE

Exemples du brome des toits (*Bromus tectorum*) et de l'orge des rats (*Hordeum murinum*) pour l'enherbement des cultures spéciales.

Schématiquement, on peut envisager trois manières d'utiliser l'allélopathie pour la maîtrise des mauvaises herbes en agriculture:

- sélectionner des variétés cultivées allélopathiques, donc susceptibles de mieux concurrencer les mauvaises herbes (WU *et al.*, 1999) ;
- mettre en place des cultures « nettoyantes » (cover crop) durant l'interculture (FOLEY, 1999) ;
- installer des couvertures végétales (ground cover) allélopathiques, notamment en cultures pérennes (DELABAYS *et al.*, 2000).

Dans notre laboratoire, nous avons principalement travaillé sur cette dernière application, soit sur des espèces destinées à l'enherbement des cultures spéciales (vignes, vergers, culture de baies,...). Dans ces cultures, l'enherbement de l'interligne offre de nombreux avantages: amélioration de la structure et de la portance du sol, contribution à la maîtrise des mauvaises herbes, limitation de l'érosion ainsi que des pertes en éléments nutritifs. Cependant, la présence d'une couverture végétale, notamment à cause de la compétition pour l'eau et l'azote qu'elle provoque, peut également induire des effets indésirables : baisse de la production de la culture et, dans le cas de la vigne, effets négatifs sur la qualité de la vendange, puis du vin qui en est issu. L'installation dans l'interligne d'espèces allélopathiques - peu compétitives pour la culture, mais néanmoins capables de limiter le développement d'une flore adventice indésirable – pourrait permettre de conserver les avantages de l'enherbement tout en limitant ses effets négatifs. C'est pourquoi, dans nos travaux sur les espèces destinées à l'enherbement, nous avons intégré les données sur leurs propriétés phytotoxiques et allélopathiques.

Dans le cadre de ce projet, le brome des toits (*Bromus tectorum*) s'est révélé particulièrement intéressant. Il s'agit d'une annuelle hivernale qui recouvre bien le sol durant la mauvaise saison et arrive en fin de cycle au printemps, soit au moment où la culture initie son développement. A ce stade, c'est-à-dire au printemps et en été, le mulch que forme les restes secs de la plante contribue à limiter le développement d'une flore spontanée indésirable (DELABAYS *et al.*, 2000). Cette dernière observation nous avait amené à postuler la présence de propriétés allélopathiques chez cette espèce. Et effectivement, dans le cadre de nos biotests en laboratoire et en serre, le brome des toits s'est révélé être une des espèces parmi les plus allélopathiques. Au laboratoire, les extraits de brome ont montré une forte action inhibitrice sur le développement de mauvaises herbes ; une action comparable à celle de l'*Artemisia annua* est confirmée dans des essais effectués en serre (DELABAYS *et al.*, 1998). A titre d'exemple, la figure 2 montre l'effet, sur le développement de 2 adventices importantes, l'amarante réfléchie (*Amaranthus retroflexus*) et le chénopode blanc (*Chenopodium album*), d'une incorporation à un terreau horticole de feuilles sèches de brome des toits, en comparaison avec d'autres espèces. Ces propriétés inhibitrices ont également été confirmées au champ, dans un essai utilisant des feuilles sèche de brome des toits comme mulch incorporé au sol (DELABAYS & MERMILLOD, 2002).

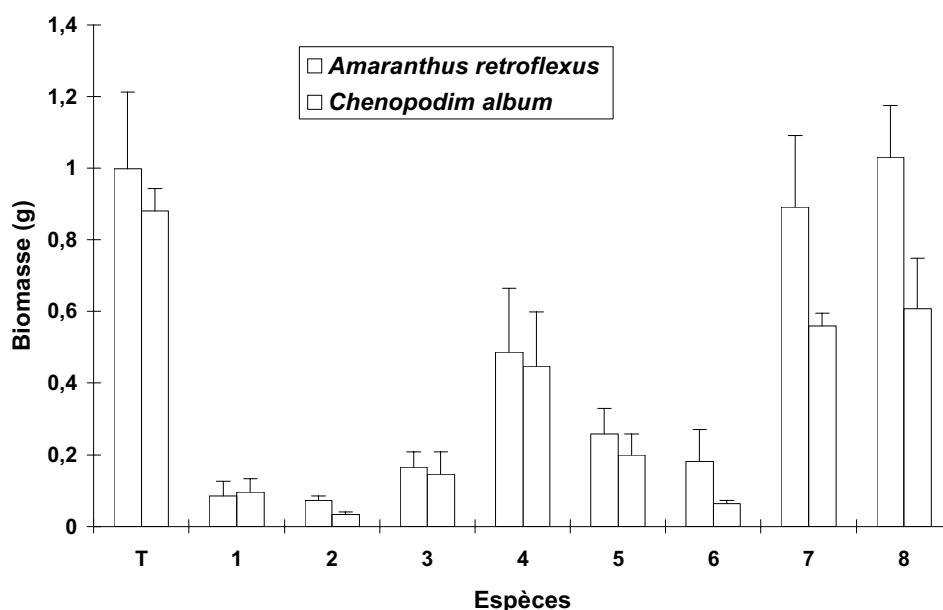


Figure 2. Influence, sur la production en biomasse de plantules d'*Amaranthus retroflexus* et de *Chenopodium album*, de l'adjonction à un terreau de 1% (poids sec) de parties aériennes séchées de 8 espèces végétales. Poids frais des feuilles et des tiges des plantules 18 jour après le semis de 50 graines (moyennes et écarts standards, n=3).

(T. témoin; 1. *Artemisia annua* (armoise annuelle) ; 2. *Bromus tectorum* (brome des toits) ; 3. *Plantago lanceolata* (plantain lancéolé) ; 4. *Geranium pusillum* (géranium à tige grêle = géranium fluet) ; 5. *Trifolium subterraneum* (trèfle souterrain ou semeur) ; 6. *Sanguisorba minor* (petite pimprenelle) ; 7. *Medicago lupulina* (luzerne lupuline) ; 8. *Medicago rigidula* (luzerne de Gérard).

Une autre graminée, l'orge des rats (*Hordeum murinum*), par ailleurs présente spontanément dans de nombreux vignobles de Suisse romande, a également présenté de puissantes propriétés phytotoxiques et allélopathiques en laboratoire et en serre. Il s'agit aussi d'une annuelle d'hiver dont le cycle est bien synchronisé avec celui de la vigne.

Entre 2001 et 2005, ces 2 espèces ont été testées en conditions de culture, en l'occurrence dans une vigne de Chasselas. Les figures 3 et 4 montrent l'évolution de la couverture végétale observée dans l'interligne au cours des mois qui ont suivi le semis réalisé, en septembre 2001, de ces 2 espèces.

Ces 2 figures montrent une évolution comparable, correspondant à ce qui est attendu d'un enherbement optimal, et que l'on peut schématiquement décrire comme suit : l'espèce semée germe rapidement et offre un bon recouvrement du sol durant l'hiver; au printemps, en fin de cycle, elle produit des semences qui se ressèment ainsi spontanément; durant l'été, le mulch qu'elle a formé continue de protéger le sol tout en limitant le développement d'une flore spontanée potentiellement compétitive pour la culture; enfin, à l'automne, les graines formées au printemps germent et permettent la formation d'une nouvelle couverture hivernale du sol. Cette évolution est particulièrement nette et durable avec l'orge des rats: avec cette espèce, en 4^{ème} année, le développement de la flore spontanée reste très limité, formant moins de 20 % du recouvrement, et ceci sans intervention particulière ni application d'herbicides (figure 4).

Bien sûr, même si les propriétés phytotoxiques de ces 2 espèces sont clairement mises en évidence en laboratoire, le rôle joué par l'allélopathie dans cette évolution de la végétation au champ, en particulier dans le maintien d'un sol relativement « propre » durant l'été, doit encore être précisé. Pour cela, comme l'illustre l'exemple de *Artemisia annua*, une

connaissance des molécules impliquées est indispensable. Plus généralement, cette connaissance est nécessaire pour optimiser la gestion de l'enherbement, et elle peut constituer un critère pour le choix des écotypes à utiliser.

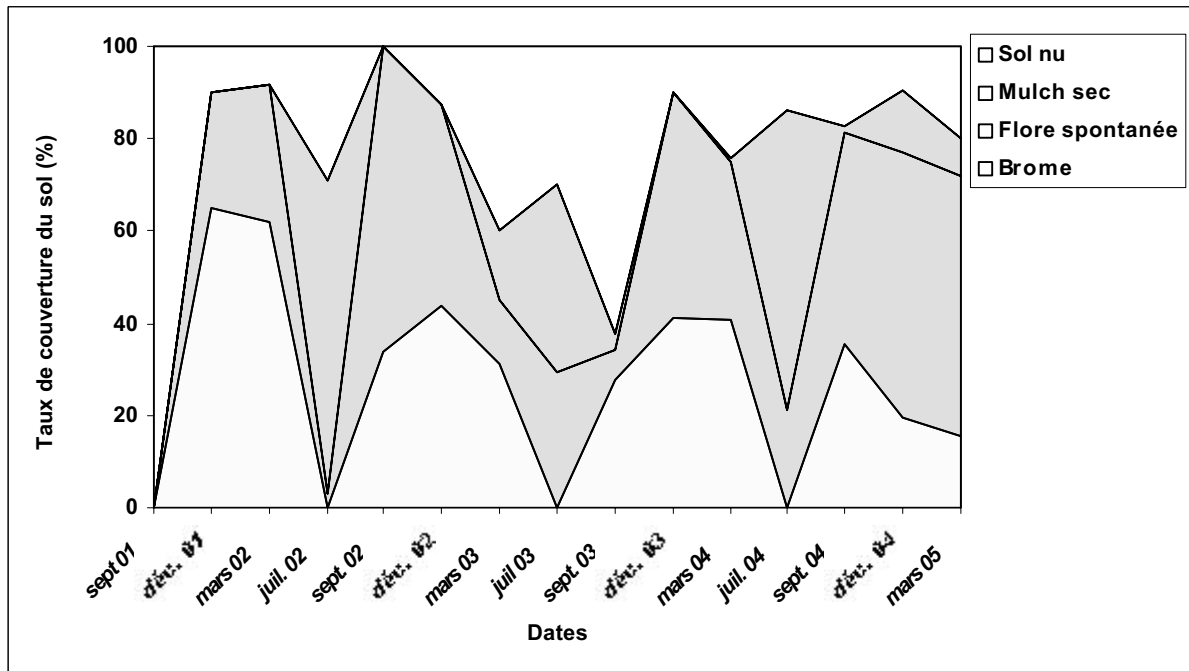


Figure 3. Evolution de la couverture du sol dans l'interligne d'une vigne après un semis de brome des toits (*Bromus tectorum*)

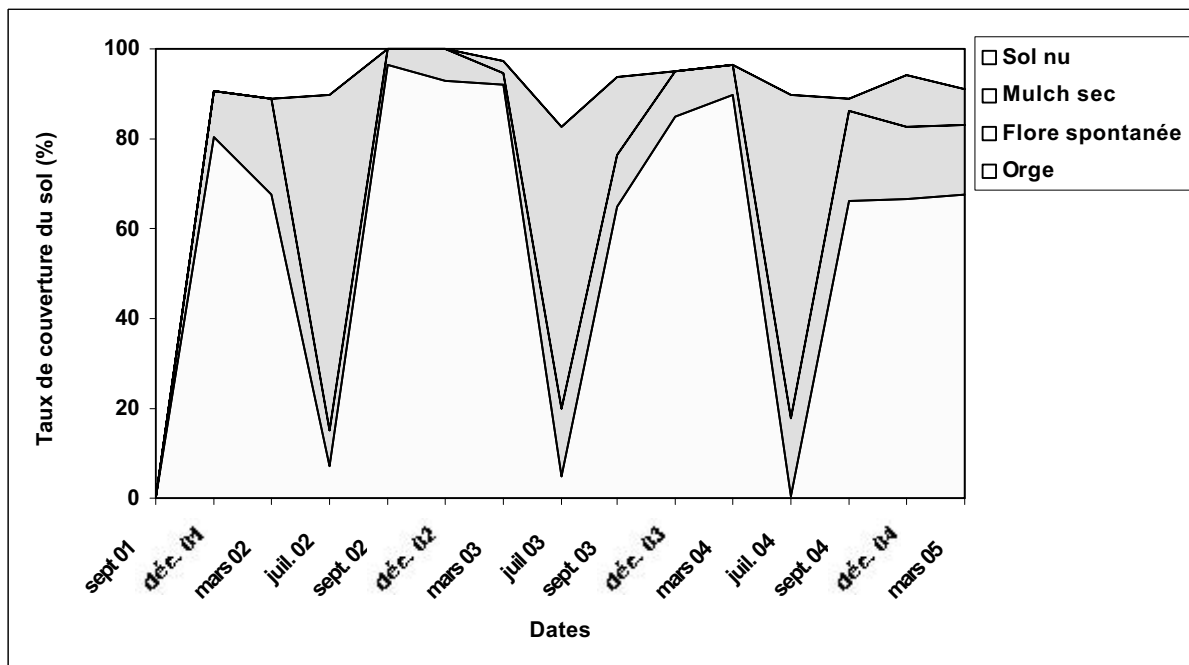


Figure 4. Evolution de la couverture du sol dans l'interligne d'une vigne après un semis d'orge des rats (*Hordeum murinum*)

CONCLUSION

L'allélopathie est assurément un phénomène complexe: entre la molécule synthétisée dans une plante et l'effet allélopathique proprement dit en conditions naturelles, de multiples facteurs peuvent intervenir, tels que le niveau de production des composés phytotoxiques dans les plantes, leur relâchement dans le milieu, leur persistance ou leur transformation éventuelle. De plus, l'inhibition peut résulter d'une action directe sur la plante cible et son métabolisme (division cellulaire, synthèse des protéines, perméabilité membranaire,...) ou d'un effet indirect, par exemple, dans le cas des légumineuses, sur les nodosités responsables de la fixation biologique de l'azote. Cependant, malgré cette complexité, la réalité de l'allélopathie et son influence significative sur le développement et l'évolution de la flore de parcelles cultivées ont maintenant été démontrées à plusieurs reprises (KOHLI *et al.*, 2001), notamment dans des situations où les molécules impliquées ont pu être déterminées (MACIAS *et al.*, 2004). Ce constat justifie l'intérêt grandissant que l'agronomie porte aujourd'hui à l'allélopathie, en particulier dans le cadre de la production intégrée (ou raisonnée), ainsi qu'en agriculture biologique. En effet, alors que la maîtrise des mauvaises herbes reste un facteur de succès déterminant pour nombre de productions végétales, les alternatives aux herbicides demeurent peu nombreuses, et elles sont souvent coûteuses. Dans ce contexte, la prise en compte des phénomènes d'allélopathie dans les réflexions menées autour de la gestion de la flore spontanée des parcelles cultivées constitue certainement une démarche constructive.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANAYA A.L., 1999 - Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. *Critical Review in Plant Sciences*, 18, 697-739.
- BAIS H.P., VEPACHEDU R., GILROY S., VIVANCO J.M., 2003 – Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. *Science*, 301, 1277-1380.
- BHOWMIK P.C., INDERJIT, 2003 - Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop Protection*, 22, 661-671.
- BIRKETT M.A., CHAMBERLAIN K., HOOPER A.M., PICKETT J.A., 2001 - Does allelopathy offer real promise for practical weed management and for explaining rhizosphere interactions involving higher plants ? *Plant and Soil*, 232, 31-39.
- BOHREN C., MERMILLOD G., DE JOFFREY J.-P., DELABAYS N., 2004 – Allelopathie auf dem Feld: Artemisinin von *Artemisia annua* als Herbizid in verschiedenen Ackerkulturen. *Journal of Plant Diseases and Protection*, XIX, 263-270.
- DELABAYS N., ANCAY A., MERMILLOD G., 1998 - Recherche d'espèces végétales à propriétés allélopathiques. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 30, 383-387.
- DELABAYS N., MERMILLOD G., 2002. Phénomènes d'allélopathie : premières observations au champ. *Revue suisse Agric.*, 34, 231-237.
- DELABAYS N., MUNIER-JOLAIN, N.M., 2004 – Inhibition de la croissance des mauvaises herbes après incorporation au sol de résidus végétaux : allélopathie ou modification du cycle de l'azote ? *Annales de la 19^{ème} conférence du COLUMA*, Dijon, 8-10 décembre 2004, 8p.
- DELABAYS N., SPRING J.-L., ANCAY A., MOSIMANN E., SCHMID A., 2000 - Sélection d'espèces pour l'enherbement des cultures spéciales. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 32, 95-104.
- DELABAYS N., SIMONNET X., GAUDIN M., 2001 - The genetics of artemisinin content in *Artemisia annua* L. and the breeding of high yielding cultivars. *Current Medicinal Chemistry*, 8, 1795-1801.

DUKE S.O., VAUGHN K.C., CROOM E.M., ELSOHLY H.N., 1987 – Artemisinin, a constituent of annual wormwood (*Artemisia annua*), is a selective phytotoxin. *Weed Science* 35, 499-505.

FOLEY M.E., 1999 – Genetic approach to the development of cover crop for weed management. *In: Expanding the context of weed management*, BUHLER D.D (Ed), Food Product Press, New-York, 77-93.

KOHLI R.K., SINGH H.P., BATISH D.R. (Eds), 2001 – *Allelopathy in agrosystems*. Food Product Press, New York, 447 p.

MACIAS F.A., GALINDO J.C.G., MOLINILLO J.M., CUTLER H.G. (Eds), 1999 - *Recent advances in allelopathy*. Vol. I. A science for the future. Universidad de Cadiz, Cadiz, 514 p.

MACIAS F.A., GALINDO J.C.G., MOLINILLO J.M., CUTLER H.G. (Eds), 2004 -*Chemistry and mode of action of allelochemicals*. CRC Press, Boca Raton, 372 p.

WU H., PRATLEY J., LELERLE D., HAIG T., 1999 - Crop cultivar with allelopathic capability. *Weed Research*, 39, 171-180.

CONTROLE DES MAUVAISES HERBES A BASE DE MATIERES ACTIVES NATURELLES POUR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE ? DISCUSSION SUR LEUR USAGE EN AB

E. WYSS, O. SCHMID, B. SPEISER et L. TAMM
Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)
Ackerstrasse CH-5070 Frick
Suisse

RESUME

En Suisse, les producteurs bios demandent souvent pourquoi le contrôle de mauvaises herbes, en particulier d'adventices, ne pourrait pas se faire avec des herbicides à base de matières actives naturelles. Actuellement, le cahier des charges de l'association BIO SUISSE interdit l'utilisation d'herbicides, comme beaucoup d'autres associations de producteurs bios en Europe. BIO SUISSE a demandé l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL) de préparer un papier de base pour pouvoir lancer une discussion de fond sur l'utilisation d'herbicides en agriculture biologique. La discussion vient d'être lancée en automne 2005 et l'issue de cette discussion de fond est encore tout ouverte.

Le texte suivant est un extrait du papier BIO SUISSE qui sert de base pour l'actuelle discussion.

1 POURQUOI CETTE DISCUSSION ?

Le désir de réévaluer l'actuelle interdiction des herbicides inscrite dans les directives bio vient de la base de l'association Suisse des producteurs bios, BIO SUISSE, donc des producteurs eux-mêmes. Le FiBL a reçu de BIO SUISSE le mandat de préparer les bases d'une discussion de fond.

La régulation des adventices par les façons culturales ainsi que le désherbage mécanique et thermique n'est pas remis en question. Ces techniques permettent de maîtriser les adventices annuels dans la plupart des *cultures annuelles de plein champ*. Seules quelques cultures de plein champ comme la carotte nécessitent un coûteux désherbage manuel pour compléter les façons culturales, dont la mécanisation a pourtant été optimisée. La planification des rotations culturales, l'entretien du sol et la mécanisation permettent aussi de venir à bout des adventices vivaces, mais si des *surfaces de compensation écologique* (p. ex. des jachères florales) réintègrent la rotation, les problèmes de chiendent et de cirse des champs (ou chardon des champs) augmentent. Les adventices vivaces posent aussi des problèmes dans les *cultures spéciales pluriannuelles*. On ne peut en général en venir à bout qu'à la main et sans succès réellement durable. On notera encore les défis en terme d'organisation du travail que les rumex et les séneçons posent aux producteurs dans les *cultures fourragères*. Ce sont justement ces cas problématiques qui nourrissent la discussion sur la nécessité agronomique, économique et écologique de nouvelles possibilités de désherbage.

La recherche s'est toujours efforcée de faire avancer la régulation biologique des adventices avec des organismes (champignons, insectes, bactéries, virus), mais aussi avec des substances naturelles (p. ex. gluten de maïs, vinaigre). De nombreuses idées à ce sujet fleurissent de par le monde, mais seuls quelques rares produits sont déjà susceptibles d'être utilisés dans la pratique. Cela est dû à plusieurs causes, mais l'une d'entre elles concerne très directement l'agriculture biologique : les prescriptions légales et les cahiers des charges des diverses fédérations interdisent toute utilisation d'herbicides. Il n'y a donc quasiment aucun encouragement au développement de ces produits à base de matières actives

naturelles. L'interdiction des herbicides prononcée par les fédérations limite aussi le travail de la recherche, car les nouvelles possibilités de désherbage biologique ne peuvent pas être testées dans les fermes bios.

D'après le FiBL, cette discussion est judicieuse car il est légitime de repenser les directives après un certain temps, et en tout cas de les adapter aux conditions actuelles. Les fédérations bio des pays européens environnants accepteraient, elles aussi, une discussion de fond sur l'utilisation de substances herbicides en agriculture biologique.

Depuis l'automne 2005, Bio SUISSE a commencé une discussion interne sur ce thème. En fonction du résultat de cette discussion interne, BIO SUISSE cherchera ou non à lancer une discussion au niveau national et international.

2 L'UTILISATION DE MATIERES ACTIVES NATURELLES POUR LA REGULATION DES ADVENTICES EST-ELLE COMPATIBLE AVEC LES PRINCIPES DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE?

Une question centrale de la discussion sur les matières actives naturelles pour la régulation des adventices est la compatibilité de leur utilisation avec les principes de l'agriculture biologique. C'est pourquoi un chapitre spécial est consacré ici à ces principes. Les réflexions du FiBL se réfèrent à la description des principes fondamentaux de l'agriculture biologique qui se trouve dans le nouveau Cahier des charges cadre qui vient d'être reformulé et adopté en septembre 2005 lors de l'AG de l'IFOAM:

2.1 Le principe de santé

Ce principe supérieur regroupe les thèmes suivants : (1) «cycle sol sain – plantes saines – animaux sains – hommes sains», (2) la santé en tant que bien-être physique, mental et social, (3) autorégulation et régénération, et (4) maintien et développement de l'intégrité de tout l'écosystème agricole.

⇒ Si on interprète strictement le principe de santé, il faut éviter (ou interdire) toute utilisation d'intrants parce que l'agriculture biologique mise sur les cycles et l'autorégulation.

⇒ L'utilisation de matières actives herbicides peut cependant, comme c'est d'ailleurs le cas pour tous les autres pesticides utilisés en protection phytosanitaire biologique, être classifiée comme «dernier recours» pour lutter contre les mauvaises herbes, car *la régulation des mauvaises herbes fait partie de la protection phytosanitaire*. La cascade de décisions menant à l'utilisation de ces substances devrait être clarifiée de la manière suivante : il y a en premier lieu les méthodes indirectes comme la rotation culturale, les cultures intercalaires et les façons culturales, puis viennent les méthodes mécaniques et thermiques, et, seulement si ces méthodes ne suffisent pas, certains groupes de matières actives pourraient être utilisés contre des mauvaises herbes particulièrement problématiques.

2.2 Le principe écologique

Ce principe regroupe les thèmes suivants : (1) maintenir, développer et fermer les cycles écologiques, (2) préférer les processus écologiques aux intrants extérieurs, (3) réduire le plus possible l'utilisation de ressources externes non renouvelables, et (4) favoriser le paysage et la biodiversité.

- ⇒ La stricte interprétation du principe écologique mène au renoncement (ou à l'interdiction) de tous les intrants parce que le respect des cycles et la réduction des inputs externes sont des arguments principaux.
- ⇒ Le principe écologique implique la nécessité de discuter la question suivante: le désherbage thermique (effectué avec des carburants fossiles) est-il plus écologique que l'utilisation de matières actives herbicides naturelles ? Il va de soi que chaque groupe de matières actives devrait être testé selon les critères écologiques mentionnés.

2.3 Le principe de l'équité

Ce principe regroupe les thèmes suivants : (1) relations commerciales équitables et justice sociale, (2) durabilité économique, (3) inclusion des véritables coûts environnementaux et sociaux, et (4) production animale respectueuse des besoins propres de chaque espèce animale.

- ⇒ Dans la discussion sur l'autorisation de substances herbicides, un des principaux arguments est celui de l'économie du travail. D'un côté on cherche à diminuer la charge en travail parce que c'est un des principaux facteurs de coût de production, et de l'autre les frais de main-d'œuvre supérieurs ont été et restent un argument en faveur de la différence de prix des produits bio.

2.4 Le principe de précaution et d'attention

Ce principe regroupe les thèmes suivants : (1) le principe de prudence et le principe d'attention, (2) l'utilisation de technologies adaptées, (3) l'efficacité, qui ne doit pas aller au détriment de la durabilité, et (4) l'inclusion participative de tous les concernés.

- ⇒ Comme celles de tous les autres pesticides, les matières actives herbicides doivent être évaluées selon le principe de prudence. En même temps, une comparaison avec les technologies courantes est nécessaire pour évaluer leur adéquation et leur durabilité.

À notre avis, l'utilisation de matières actives naturelles (non synthétiques) pour la régulation des adventices est compatible avec les principes de l'agriculture biologique à condition de lui attribuer, comme à l'utilisation des autres pesticides dans le domaine de la protection des plantes, le statut de «dernier recours».

3 QUE DISENT LES ACTUELS CAHIERS DES CHARGES, ORDONNANCES ET NORMES?

3.1 Le désherbage dans le Cahier des charges cadre de l'IFOAM

En s'appuyant sur le Cahier des charges cadre de l'IFOAM, l'utilisation de matières actives herbicides est réglée selon la procédure graduelle suivante :

1. épuisement de toutes les techniques agricoles préventives (rotation culturale, cultures intercalaires étouffantes, fertilisation adéquate, façons culturales, etc.) ;

2. si cela ne suffit pas, régulation mécanique (faucher, sarcler, etc.) ;
3. si cela ne suffit pas, régulation thermique ou utilisation d'organismes vivants autorisés (champignons, virus, bactéries, insectes) ;
4. si cela ne suffit pas, utilisation si possible uniquement ponctuelle (traitement au plante-à-plante) de matières actives végétales à action sélective ;
5. si cela ne suffit pas, utilisation si possible uniquement ponctuelle (traitement au plante-à-plante) de matières actives végétales à action non sélective.

3.2 Comparaison de la situation actuelle nationale et internationale

Toutes les normes, ordonnances et directives internationales et nationales parlent de la même manière des techniques autorisées pour le désherbage : les problèmes de mauvaises herbes doivent en principe être résolus par des techniques agricoles préventives (rotations culturales + façons culturales) puis par des méthodes de désherbage mécanique, thermique et électrique. L'interdiction explicite des herbicides présente quant à elle des différences:

Tableau 1: Vue d'ensemble de l'état actuel du désherbage en Suisse et à l'étranger

Cahiers des charges/Ordonnances	État actuel	Tendances/Remarques
<ul style="list-style-type: none"> • Ordonnance bio (Suisse) • BIO SUISSE 	<p>Interdiction des herbicides</p> <p>Interdiction des herbicides</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Ordonnance UE 2092/91 • Bioland (DE), Ernte (AT), Soil Association (UK) • Autres fédérations européennes 	<p>Pas d'interdiction explicite des herbicides</p> <p>Interdiction des herbicides</p> <p>S'en tiennent à l'Ordonnance UE</p>	<p>Pas de produits autorisés.</p> <p>Actuel: homologation de l'huile de pin comme matière active herbicide (décision fin 2005)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • National Organic Program (USA) 	<p>Possibilité d'utiliser des substances biologiques et végétales si les façons culturales ne suffisent pas</p>	<p>La liste OMRI autorise des substances végétales, bactériennes, cryptogamiques et animales en cas de besoin avéré</p>
<ul style="list-style-type: none"> • IFOAM 	<p>Produits chimiques de synthèse interdits, matières actives d'origine végétale, animale, microbienne ou minérale autorisées</p>	<p>Farine de gluten de maïs et acides naturels explicitement mentionnés comme herbicides. Liste de microorganismes</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Codex Alimentarius 	<p>Pas d'interdiction des herbicides</p>	<p>Autorisation prévue de produits herbicides, vinaigre mentionné</p>

3.3 Sur quelles mesures de régulation des mauvaises herbes porte le débat ?

Quand on compare les différentes réglementations, on se rend compte que seule l'utilisation des divers produits herbicides donne lieu à des différences d'application. Ces produits et l'ordre dans lequel ils peuvent être utilisés peuvent être présentés par un diagramme pyramidal (cf. ill.). Dans ce diagramme, les méthodes indirectes de régulation des mauvaises herbes comme la rotation culturale et la gestion des pâturages forment la base de la pyramide, tandis que le désherbage mécanique et thermique viennent en deuxième position. Ce n'est qu'ensuite qu'arrivent les matières actives herbicides, dans le même ordre habituel que pour la protection phytosanitaire biologique : lutte biologique (organisme contre organisme), matières actives végétales et animales, matières actives minérales (non synthétiques).

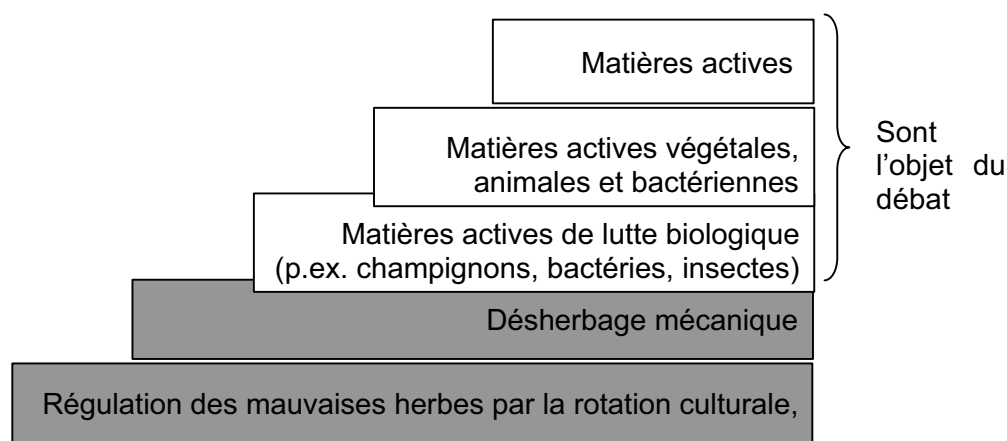


Diagramme pyramidal des différentes méthodes de régulation des mauvaises herbes. Le débat actuel ne concerne que les trois étages du haut.

4 COMMENT FAUT-IL EVALUER LES MATIERES ACTIVES?

4.1 Prendre comme base les critères de l'IFOAM

Si Bio Suisse s'engage dans une discussion sur l'utilisation de matières actives herbicides, elle devra inévitablement faire face à la question de savoir comment les divers groupes de matières actives peuvent être évalués.

En principe, les critères de l'IFOAM sont utilisables pour tous les produits. Un groupe international d'experts, institué dans le cadre d'un projet de l'UE (Organic Inputs Évaluation), s'occupe actuellement de figurer ce cadre d'évaluation en élaborant un catalogue complet de critères d'évaluation pour tous les intrants utilisés en agriculture biologique. Cette trame permettrait aussi une évaluation détaillée des matières actives herbicides. Les principaux critères de ce catalogue sont les suivants :

- la compatibilité avec les principes de l'agriculture biologique ;
- le statut légal du produit et son statut dans les directives bio ;
- les matières premières et le processus de fabrication du produit ;
- l'utilisation et la nécessité du produit (aussi importance économique, alternatives, mécanisme d'action, effets sur les organismes non visés, etc.) ;
- la santé humaine (toxicologie humaine, résidus dans les produits récoltés) ;
- la santé animale (risques pour les animaux) ;

- la dangerosité pour l'environnement (impact sur l'environnement) ;
- les aspects socio-économiques (perception par le public, équité sociale, commerce équitable, etc.).

4.2 Les problèmes spéciaux de l'évaluation des matières actives herbicides

- Leur utilisation est-elle compatible avec les principes de l'agriculture biologique ? Les questions posées sur la compatibilité avec les principes devraient absolument être discutées. Cette discussion de fond permettrait une réévaluation et une nouvelle justification pour (ou contre) l'utilisation de certains intrants pour la protection des plantes.
- La nécessité agronomique est-elle prouvée ? La démonstration de la nécessité d'un groupe de matières actives ou de son utilisation est certainement un des points centraux de l'évaluation de l'utilisation des intrants en agriculture biologique. De notre point de vue, la nécessité agronomique des matières actives herbicides pourrait être donnée dans les cas suivants : mauvaises herbes pluriannuelles dans des cultures pluriannuelles et dans des surfaces de compensation écologique, rumex dans des prairies artificielles, des cultures fourragères et des zones piétinées. Ces exemples illustrent des problèmes de mauvaises herbes impossibles à résoudre avec des mesures indirectes, ou alors seulement incomplètement et avec énormément de travail.
- La crédibilité de l'agriculture biologique auprès des consommateurs en pâtirait-elle ? On sait par les enquêtes effectuées auprès des consommateurs que l'interdiction des herbicides est peu connue. Ils considèrent beaucoup plus l'agriculture biologique comme une méthode d'agriculture sans manipulations génétiques et sans traitements et la relient en tout cas au désherbage mécanique et au commerce équitable. Actuellement, l'agriculture biologique est toujours plus critiquée parce que les images qui correspondent aux principes de base de l'agriculture biologique ne correspondent plus à la réalité. L'utilisation de produits de traitement en fait partie d'une manière générale. En cas d'utilisation d'une substance naturelle comme herbicide de prélevée (p. ex. de l'acide acétique) sur toute une parcelle, la différence avec un champ traité chimiquement n'est plus visible (il n'y a d'ailleurs pas non plus de grande différence avec un champ traité thermiquement). En cas de traitements ponctuels par contre, les effets visibles («champs brûlés») ne seraient quasiment pas perceptibles pour les consommateurs.

L'utilisation d'herbicides naturels devrait dans tous les cas être communiquée de manière claire et offensive, et elle devrait être incorporée à une stratégie de communication sur la protection phytosanitaire biologique.

⇒ Cette question a reçu des réponses très diverses lors d'une enquête effectuée auprès des experts des fédérations européennes d'agriculture biologique, mais la plupart des experts pensent qu'une communication transparente serait nécessaire.

- La crédibilité de l'agriculture biologique auprès des cercles agricoles en pâtirait-elle ? La perception de l'agriculture biologique par les cercles agricoles n'est assurément pas indépendante de sa perception par les consommateurs, et la PI (production intégrée, production raisonnée) pourrait bien profiter de l'utilisation de substances herbicides pour alléguer qu'il n'y a plus de différences entre PI et bio. L'autorisation de désherbants biologiques (organismes contre organismes) serait la plus susceptible de passer sans critique. Par contre, l'autorisation d'autres groupes de matières actives pourrait permettre à la PI de critiquer le fait que le principe des écosystèmes, si souvent invoqué, a fait naufrage et qu'un «fatras» de mesures indirectes et directes est maintenant autorisé. ⇒ L'enquête effectuée auprès des experts n'a pas non plus donné une image uniforme sur ce point: depuis l'urgente nécessité d'argumentation pour les paiements directs à caractère écologique par rapport à la PI jusqu'à l'accueil favorable réservé à de nouvelles idées écologiques pour le désherbage dans la PI, les opinions sont très diverses.

- Y aurait-il des difficultés à tracer la limite entre le bio et la PI ? Le problème de la délimitation entre le bio et la PI existe déjà chez les consommateurs, il est probable que la PI l'invoquerait à son tour. Nous sommes cependant d'avis, premièrement, qu'une communication nettement plus ouverte devrait permettre de faire comprendre au public les différences décisives qui existent entre l'agriculture biologique et les autres méthodes d'agriculture, et, deuxièmement, que même l'utilisation d'herbicides naturels pourrait être expliquée.

⇒ Les experts ne sont pas non plus d'accord à ce sujet : dans les pays plutôt sceptiques envers les herbicides, la délimitation par rapport à la PI est aussi mentionnée comme un aspect négatif.
- Cela déboucherait-il sur une scission du mouvement bio ? Au vu des polémiques que cette question déclenche en Suisse et en Europe au sein même du mouvement bio, il faut conclure qu'il existe un certain risque de scission entre les paysans bio. Si on considère par contre le fait que tous les concernés en Suisse et en Europe sont disposés à mener cette discussion de fond, on peut s'attendre à que la discussion débouche sur un consensus du mouvement bio.

5 DE QUELLES MATIERES ACTIVES S'AGIT-IL ?

5.1 Matières actives de lutte biologique

Divers groupes de chercheurs travaillent dans le monde entier au développement du désherbage biologique basé sur des agents pathogènes et des ravageurs. Cependant, il n'y a que peu de produits basés sur le principe de la lutte biologique (aussi connus sous le nom de mycoherbicides) sur le marché, mais de nombreuses hautes écoles et entreprises ont dans leurs tiroirs des produits dont le développement est presque terminé.

- ⇒ Mécanisme d'action : affaiblissement des plantes jusqu'à ce qu'elles deviennent sensibles à la concurrence. La dénomination «mycoherbicides» n'est pas totalement correcte car ces produits ne tuent pas les plantes.
- ⇒ Première estimation : les matières actives de lutte biologique sont très spécifiques (elles ne s'attaquent qu'à une seule ou à peu d'espèces), sans effets secondaires pour l'environnement, l'homme et l'animal, et elles ne sont pas typiquement des herbicides.

5.2 Matières actives végétales, animales et microbiennes

Des matières actives végétales, animales et microbiennes les plus diverses sont connues pour leur efficacité herbicide :

- la catéchine, une matière active qui a été extraite d'une sécrétion racinaire d'une centaurée (*Centaurea maculosa*), possède une très grande efficacité phytotoxique ;
- le gluten de maïs est le seul herbicide cité nommément dans le Cahier des charges cadre de l'IFOAM. Aux USA, le gluten de maïs a été testé avec succès comme herbicide de prélevée dans diverses cultures ;
- dans différents essais américains en serre et en plein champ, le vinaigre a lui aussi montré une efficacité étonnamment bonne contre les sétaies, l'amarante, le chardon des champs et les malvacées: du vinaigre à 5 % semble déjà avoir une très bonne efficacité.

- ⇒ Mécanisme d'action : contrairement aux matières actives de lutte biologique, les matières actives végétales, animales et bactériennes ne se contentent pas d'affaiblir les plantes, mais elles ont une efficacité au moins partiellement létale (herbicide).
- ⇒ Première estimation : Ces matières actives ne sont pas sélectives, elles peuvent avoir certains effets secondaires, elles sont le plus souvent facilement dégradables, et elles ne sont pas typiquement des herbicides.

5.3 Matières actives minérales

Les sels (p. ex. sel de cuisine en solution) sont connus pour leurs propriétés herbicides, mais une clarification systématique serait nécessaire pour estimer leurs potentiels et leurs risques.

On se rappellera que l'alcool à brûler («white spirit») avait été utilisé comme herbicide dans les débuts de l'agriculture biologique, et que sa nocivité écologique avait contribué à l'interdiction totale des herbicides décrétée par BIO SUISSE.

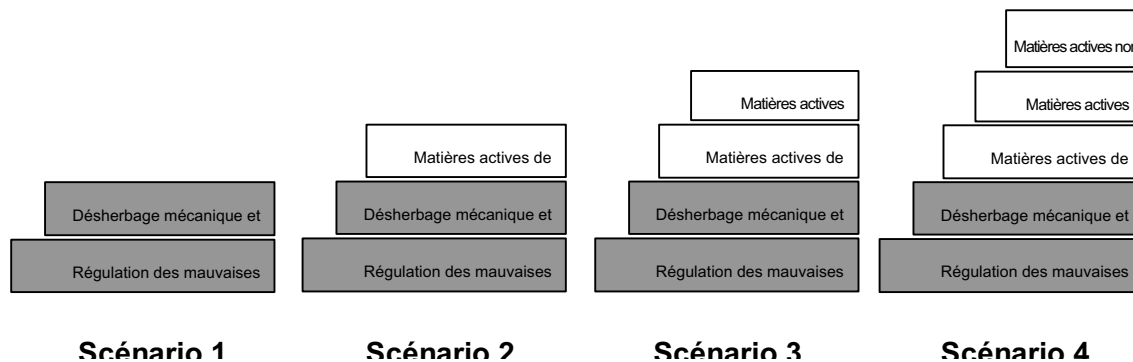
- ⇒ Mécanisme d'action : comme pour les matières actives végétales et microbiennes, les produits de ce groupe ne se contentent pas d'affaiblir les plantes, mais ont une efficacité au moins partiellement létale (herbicide).
- ⇒ Première estimation : ces matières actives ne sont pas sélectives, elles ont le plus souvent des effets secondaires, et elles sont le plus souvent difficilement dégradables.

6 COMMENT LES EXPERTS DES FEDERATIONS EUROPEENNES JUGENT-ILS L'UTILISATION DE MATIERES ACTIVES HERBICIDES NATURELLES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE?

Une vaste enquête représentative menée sur cette question dans toutes les fédérations européennes d'agriculture biologique aurait dépassé nos possibilités. Nous nous sommes donc décidés à interroger des experts sélectionnés pour faire ressortir le climat général. Comme on pouvait s'y attendre, les opinions divergent énormément sur cette question, ce qui correspond au climat général qui règne au sein du mouvement biologique suisse. En résumé: dans tous les pays, le désherbage est une question importante dans les mêmes cultures (cultures fourragères, cultures spéciale pérennes, cultures maraîchères). Bien que les opinions divergent fortement, tous les experts sont favorables à une discussion de fond sur l'utilisation de matières actives herbicides en agriculture biologique.

La discussion en Suisse est en route

Depuis quelques semaines le débat de fond prend son cours chez BIO SUISSE. La discussion est très ouverte et donc son résultat est imprévisible. Il dépend du résultat (voir scénarios pouvant résulter du débat de fond ci-dessous) BIO SUISSE lancera une discussion au niveau international.



Scénarios pouvant résulter du débat de fond

REMERCIEMENTS

Je remercie en particulier mes collègues Otto Schmid, Bernhard Speiser et Lucius Tamm d'avoir contribué à ce papier de base et BIO SUISSE d'avoir donné la permission de présenter ce papier. Merci aussi à Manuel Perret d'avoir traduit le papier de base en français.

L'AMENAGEMENT DE L'ENVIRONNEMENT COMME MOYEN DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS EN CULTURES ANNUELLES

Lukas Pfiffner, Henryk Luka, Christian Schlatter
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Postfach, CH-5070 Frick
lukas.pfiffner@fibl.ch

Traduction et adaptation : Jérôme Lambion (GRAB)

INTRODUCTION

De nombreux agro-écosystèmes sont défavorables aux ennemis naturels des ravageurs, car ils constituent des milieux très perturbés par l'Homme. La fragmentation et la disparition d'habitats préservés ont entraîné chez les auxiliaires une diminution du nombre d'espèces et d'individus, conduisant à une réduction de leur fonction de contrôle biologique des ravageurs. Une diversification des paysages agricoles à travers l'aménagement de l'environnement est donc essentielle pour créer une structure écologique convenable. Cette démarche s'appuie sur l'amélioration des ressources pour les auxiliaires au niveau de la disponibilité en nourriture, en proies alternatives ou en hôtes et la fourniture d'abris face aux conditions extérieures défavorables.

Le concept d'approche multi - niveaux du contrôle des ravageurs sera présenté. Cette approche combine des mesures directes et indirectes de protection des cultures avec l'aménagement de l'environnement basé sur le principe de la biodiversité fonctionnelle (Fig. 1). Cet aménagement pourrait jouer un rôle significatif pour stimuler les ennemis naturels dans les cultures annuelles.

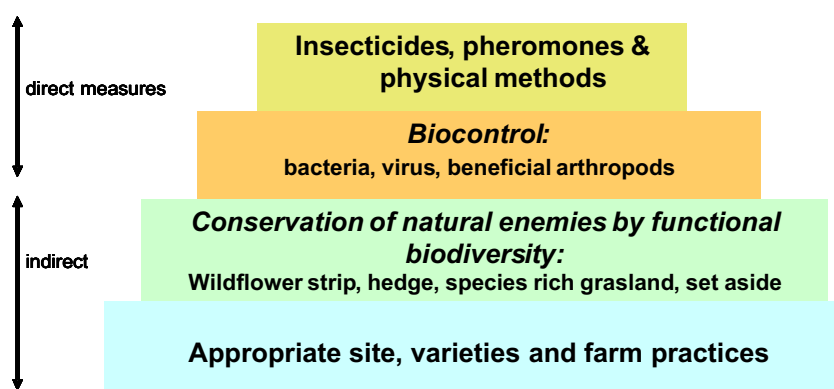


Fig. 1: Le concept d'approche multi-niveaux avec mesures directes et indirectes de protection des cultures, appliqué au niveau de l'exploitation.

Wildflower strip : bande florale ; *hedge* : haie ; *species rich grassland* : prairie riche en espèces végétales, *set aside* : jachère

1 LES HABITATS NON CULTIVES HEBERGENT UNE BIODIVERSITE SUPERIEURE

Les habitats non cultivés sont connus pour jouer un rôle essentiel dans la reproduction et la survie des ennemis naturels en offrant des ressources en nourriture, des sites d'hivernage et des refuges (Fig.2).

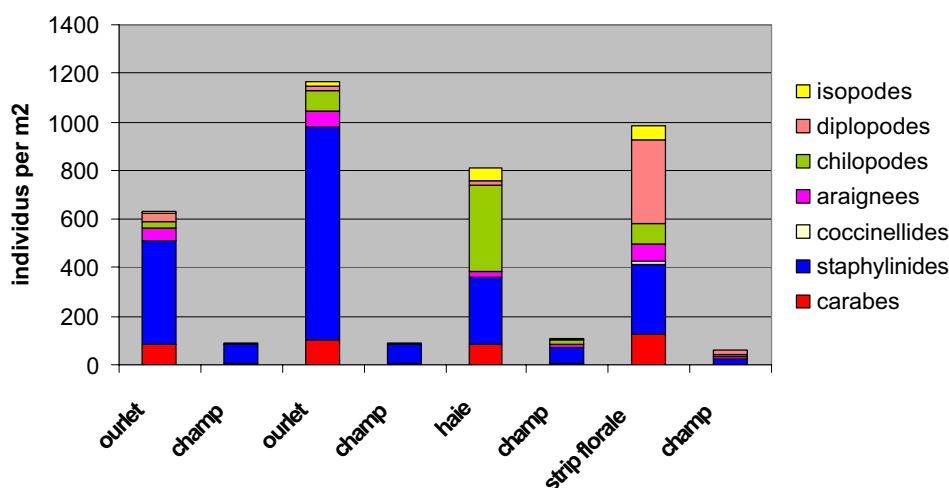


Fig. 2 : la plupart des arthropodes passe l'hiver dans des habitats semi-naturels : des densités sensiblement supérieures d'arthropodes (la plupart auxiliaires) ont été trouvées dans différentes bordures de champs, comparativement à la culture adjacente (Pfiffner et Luka, 2000).

Ourlet : bordure du champ

2 AMELIORER LA BIODIVERSITE GENERALE ...

Planter des prairies riches en espèces végétales, sélectionner des plantes adéquates sur les pourtours des champs (haies composites, tours de parcelles "sauvages") est fondamental pour permettre une amélioration générale de la biodiversité au sein de l'exploitation. Un mélange de semences pour bandes florales en grande cultures est ainsi préconisé au niveau fédéral en Suisse dans les zones de compensation écologique, dont la mise en place donne lieu au versement de subventions (Tab. 1).

	botanical	
Annual species	type ²⁾	g/ha ³⁾
<u><i>Agrostemma githago</i> L.</u> ¹⁾	segetal	600
<i>Anchusa arvensis</i> L.	segetal	70
<i>Buglossoides arvensis</i> L.	segetal	60
<i>Camelina sativa</i> L.	segetal	30
<u><i>Centaurea cyanus</i> L.</u>	segetal	500
<i>Consolida regalis</i> SF Gray ¹⁾	segetal	30
<u><i>Fagopyrum esculentum</i> Miller</u>	culture	7245
<i>Legousia speculum-veneris</i> L. ¹⁾	segetal	30
<i>Misopates orontium</i> L. ¹⁾	segetal	30
<i>Nigella arvensis</i> L. ¹⁾	segetal	30
<i>Papaver dubium</i> L.	segetal	20
<u><i>Papaver rhoeas</i> L.</u>	segetal	150
<i>Silene noctiflora</i> L. ¹⁾	segetal	30
<i>Stachys annua</i> L. ¹⁾	segetal	60
<i>Vaccaria hispanica</i> Miller ¹⁾	segetal	70
<i>Valerinanella ramosa</i> Bast. ¹⁾	segetal	30
Biennial species		
<u><i>Cichorium intybus</i> L.</u>	ruderal	120
<u><i>Daucus carota</i> L.</u>	meadow	150
<u><i>Dipsacus silvester</i> L.</u>	ruderal	2
<u><i>Echium vulgare</i> L.</u>	ruderal	200
<u><i>Malva sylvestris</i> L.</u>	ruderal	60
<u><i>Melilotus albus</i> MED.</u>	ruderal	20
<u><i>Pastinaca sativa</i> L.</u>	ruderal	80
<i>Reseda lutea</i> L.	ruderal	40
<u><i>Silene alba</i> L.</u>	ruderal	100
<i>Tragopogon orientalis</i> L.	meadow	100
<u><i>Verbascum densiflorum</i> Bertol.</u>	ruderal	50
<u><i>Verbascum lychnitis</i> L.</u>	ruderal	30
Perennial species		
<u><i>Achillea millefolium</i> L.</u>	meadow	20
<u><i>Anthemis tinctoria</i> L.</u>	ruderal	20
<u><i>Centaurea jacea</i> L.</u>	meadow	200
<u><i>Leucanthemum vulgare</i> LAM.</u>	meadow	80
<u><i>Hypericum perforatum</i> L.</u>	meadow	60
<u><i>Malva moschata</i> L.</u>	ruderal	20
<u><i>Onobrychis viciifolia</i> SCOP.</u>	meadow	600
<u><i>Origanum vulgare</i> L.</u>	meadow	60
<u><i>Tanacetum vulgare</i> L.</u>	ruderal	3
		11 kg/ha

Legend:

¹⁾ endangered plant species

²⁾ segetal species: typical wild flora of arable land

³⁾ seed quantity for the full mixture with 37 species

underlined species: Basic mixture containing 24 species

Tab.1 : composition du mélange de semences des bandes de fleurs sauvages (en 2003), adaptées au plateau suisse, qui est officiellement recommandé pour améliorer la biodiversité des milieux cultivés (plus de détails dans Pfiffner et Wyss, 2004)

1) espèce rare

2) ségétal : flore sauvage typique des grandes cultures (messicole)

3) quantité de semences pour le mélange complet de 37 espèces (espèces soulignées : mélange de base contenant 24 espèces)

3 ... PUIS AMELIORER LA BIODIVERSITE AUTOUR DE LA PARCELLE A PROTEGER

En complément de l'amélioration de la biodiversité globale au sein de l'exploitation, une biodiversité spécialement adaptée aux besoins des auxiliaires majeurs de la culture visée est nécessaire pour améliorer le contrôle des ravageurs de cette culture. Un mélange de semences a donc été mis au point pour le chou, car il favorise les auxiliaires naturels de cette culture (Tab. 2).

Species	Family	Annual/ biennial	Duration of blossom	Colour of blossom	Plant type
<i>Ammi majus</i> *	Apiaceae	1	6-10	yellow	ruderal
<i>Anethum graveolens</i>	Apiaceae	1	7-8	yellow	culture
<i>Carum carvi</i>	Apiaceae	2	5-7	white	meadow
<i>Centaurea cyanus</i>	Asteraceae	1	5-10	blue	segetal
<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	2	6-8	white	meadow
<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae	2	5-9	red	segetal
<i>Pastinaca sativa</i>	Apiaceae	2	7-8	yellow	ruderal

* endangered plant species in CH

Tab. 2 : bande florale spécialement conçue pour favoriser les auxiliaires naturels dans les cultures de chou (zone écologique). La bande est semée à l'automne et dure un an dans le champ.

Blossom : floraison ; *ruderal* : des décombres et des talus (rudérale) ; *meadow* : bordure, *segetal* : flore sauvage typique des grandes cultures (messicole)

* Endangered plant species in CH : plante rare en Suisse

4 QUEL TYPE DE PLANTES NOURRICIERES REINTRODUIRE SUR L'EXPLOITATION POUR FAVORISER LES AUXILIAIRES NATURELS ?

Les critères au niveau de nourriture pour la sélection d'espèces végétales appropriées pour les zones écologiques sont :

- une bonne accessibilité des sources de nourriture (nectar, pollen)
- une forte attractivité des espèces végétales au niveau visuel et olfactif
- une fourniture d'un type de sucre approprié pour les auxiliaires naturels

Les différences de régime alimentaire entre ravageurs herbivores et leurs ennemis naturels peuvent être exploitées pour adapter la fourniture de nourriture. Sont ainsi sélectionnées ces sources de nourriture qui favorisent les auxiliaires naturels sans fournir aucun bénéfice nutritionnel aux herbivores ravageurs des cultures.

Pour les cultures annuelles, les habitats pérennes et non-perturbés tels que les bandes de fleurs sauvages adjacentes à la parcelle cultivée sont nécessaires pour fournir la structure, la stabilité et les ressources nécessaires à la conservation réussie des parasitoïdes et des prédateurs, et pour un bon contrôle des ravageurs. Pour de nombreux parasitoïdes, l'offre de sources proches de sucre améliore considérablement la longévité, la fécondité et la recherche de proies. L'alimentation en nectar est fondamentale pour la survie et la fécondité du parasitoïde (Tab. 3). Le nectar, le miellat, et le pollen apparaissent comme les sources de nourriture les plus exploitées au champ et ces sources sont disponibles dans les bandes florales à longue période de floraison.

	Parasitoïdes sans nectar	Parasitoïdes avec nectar
Nombre moyen de chenilles parasitées *	3,7	124
Nombre de guêpes ayant pondu (%)	27	100
Fécondité (œufs)	4	390
Durée de reproduction (en jours)	1	28

* durant les 10 premiers jours

Tab. 3 : effet de l'apport de nectar sur une guêpe parasite (*Diadegma semiclausum*) de la teigne des crucifères *Plutella xylostella* - source : Winkler et al., 2005

5 CES MESURES SE REVELENT EFFICACE EN TERME DE CONTROLE DES RAVAGEURS...

Les résultats de différents essais concernant les cultures maraîchères ont montré le potentiel et les limites de cette approche (Fig. 3, Fig. 4 et Fig. 5). Les données de ces essais chez les producteurs montrent que les bandes de fleurs sauvages améliorent la diversité et l'abondance des guêpes parasitoïdes, et accroissent même le parasitisme de certains lépidoptères ravageurs du chou dans les parcelles adjacentes. En plus des effets démontrés des parasitoïdes, des densités accrues de prédateurs généralistes grâce aux bandes florales pourraient améliorer encore le contrôle naturel des ravageurs.

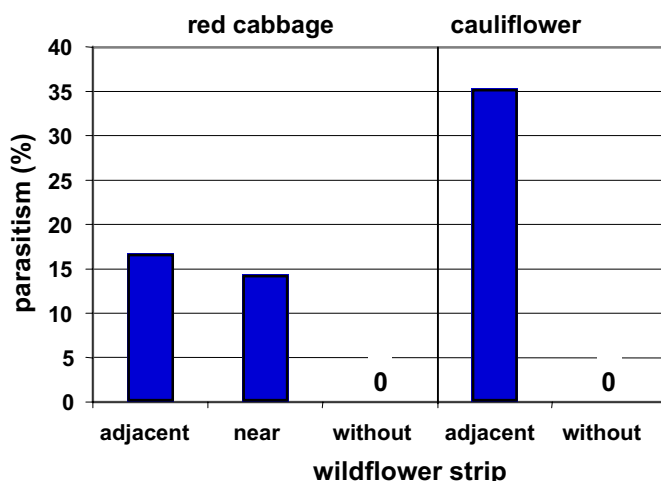


Fig. 3 : taux de parasitisme des oeufs de noctuelle du chou *Mamestra brassicae* dans des parcelles de chou rouge (à gauche) de chou-fleur (à droite), en relation avec la présence et l'éloignement de la bande florale.

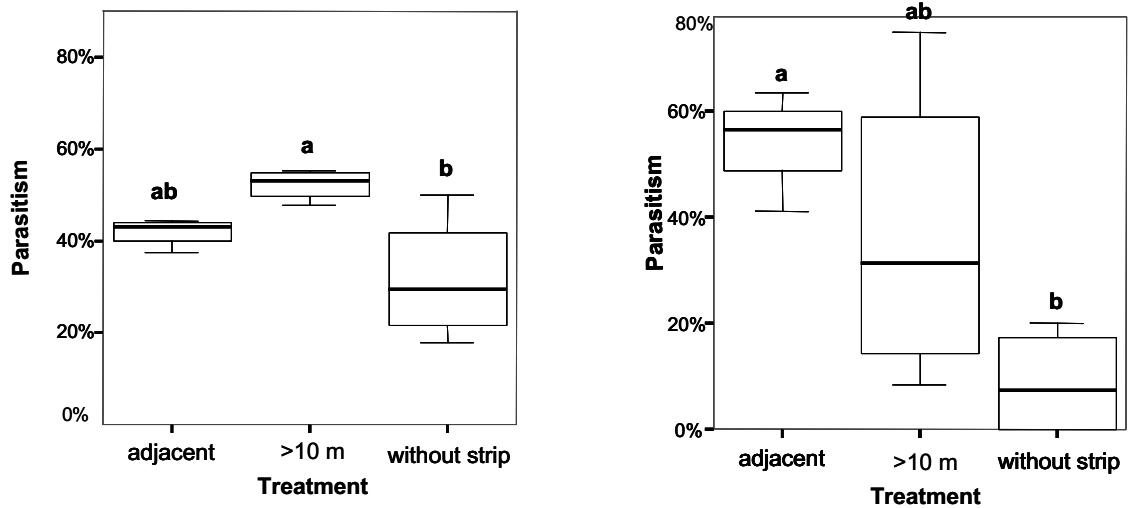


Fig. 4 : taux de parasitisme des chenilles de noctuelle du chou *Mamestra brassicae* (à gauche) et de piéride du chou *Pieris rapae* (à droite) dans des parcelles de chou rouge, en relation avec la distance/présence de la bande florale. Les traitements avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$, test de Tukey)

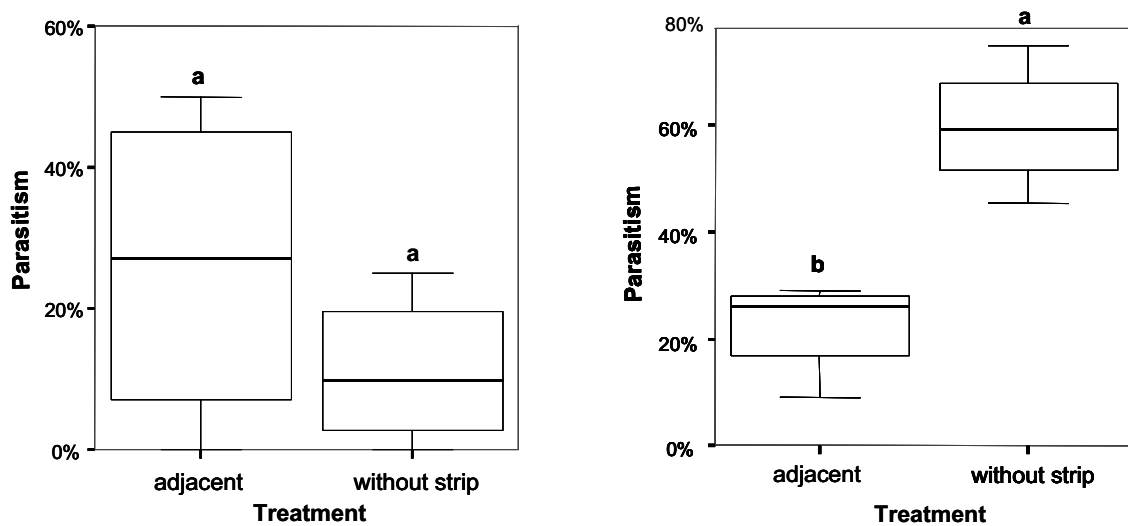


Fig. 5 : taux de parasitisme des chenilles de noctuelle du chou *Mamestra brassicae* (à gauche) et de la teigne des crucifères *Plutella xylostella* (à droite) dans des parcelles de chou-fleur, en relation avec la présence de bande florale (Pfiffner et al., 2003). Les traitements avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$, test de Mann-Whitney)

6 ... ET DE REDUCTION DES DEGATS

L'évaluation des dégâts dans les 2 modalités a montré qu'il y avait moins de dégâts dans les parcelles voisines de bandes florales, comparé à une parcelle sans bande florale (Fig. 6). Cependant, un épisode de grêle dans la parcelle de chou rouge a entraîné une baisse des rendements et une plus forte densité de mauvaises herbes ; cela a probablement influencé l'importance des dégâts.

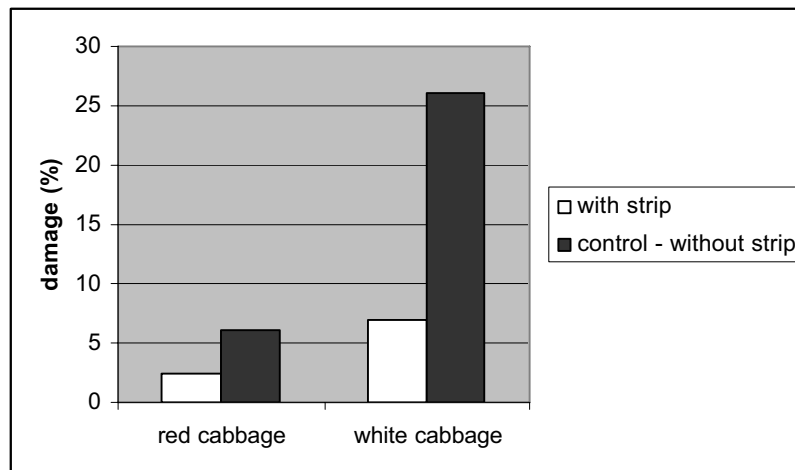


Fig. 6 : dégâts moyens dans des parcelles de chou rouge et de chou blanc adjacentes à une bande florale (barre blanche), ou sans bande florale (barre noire) avant la récolte le 20/10/2004. Les dégâts sont causés par des lépidoptères (*Pieris* sp., *Mamestra brassicae*, *Plutella xylostella*).

7 UNE TECHNIQUE NOVATRICE A PERFECTIONNER

Pour améliorer l'efficacité des auxiliaires naturels, nous avons besoin d'informations complémentaires sur la dispersion spatio-temporelle de ces auxiliaires entre les habitats cultivés ou non, à une échelle locale et régionale pour atteindre un espacement optimal des bandes (Fig. 7).

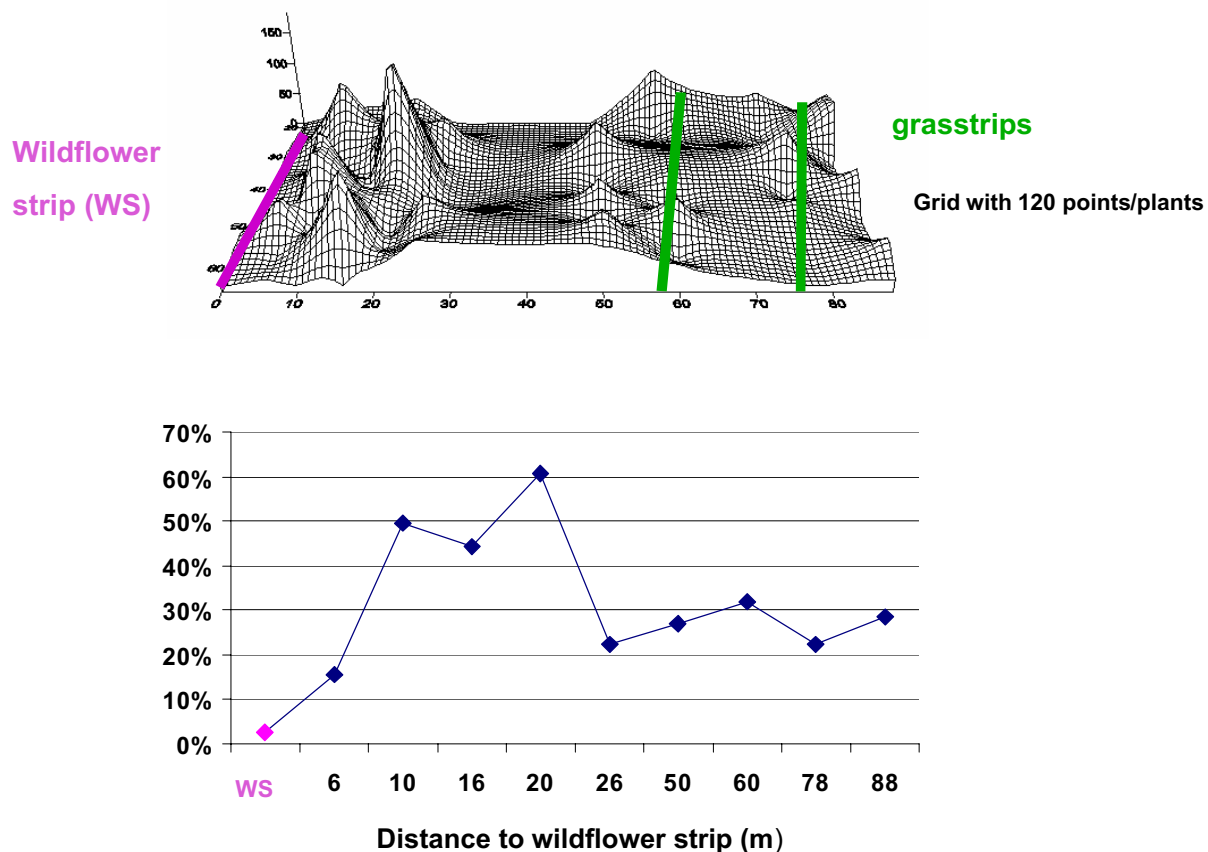


Fig. 7: Répartition spatiale des œufs parasités de teigne de crucifères (*Plutella xylostella*) en fonction de la distance avec la bande florale

CONCLUSION

L'aménagement de l'environnement en se basant sur la biodiversité fonctionnelle et l'approche multi-niveaux constitue un atout majeur pour améliorer le contrôle des ravageurs au sein des exploitations en AB. Les habitats non cultivés jouent en effet un rôle essentiel dans la reproduction et la survie des auxiliaires naturels en offrant des ressources en nourriture, des sites d'hivernage et des refuges. Sélectionner des plantes adéquates n'apportant aucun avantage pour les ravageurs est fondamental. Par ailleurs, à chaque culture correspond une biodiversité d'espèces végétales conçue pour favoriser les auxiliaires spécifiques à cette culture.

A l'échelle du paysage, un certain nombre de questions reste en suspens : quel type d'aménagement paysager des cultures permet le meilleur maintien des populations de ravageurs en deçà du seuil de nuisibilité économique ? Par ailleurs, l'aménagement de l'environnement en utilisant des bandes florales apparaît comme une méthode efficace à combiner avec des mesures de lutte biologique en agriculture raisonnée et en agriculture biologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pfiffner, L., Luka, H. (2000). Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent seminatural habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 215-222.

Pfiffner, L., Merkelbach, L. and Luka, H. (2003). Do sown wildflower strips enhance the parasitism of lepidopteran pests in cabbage crops? *IOBC/WPRS Bulletin* 26 (4): 111-116.

Pfiffner, L. & Wyss, E. (2004). Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. In: *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*, Edts. GM Gurr, SD Wratten and M Altieri, pp 167-188. CSIRO Publishing, Collingwood VIC Australia.

Winkler K. et al. in press. Nectar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. *Basic Applied Ecology*.

BANDES FLORALES ET BIODIVERSITE FONCTIONNELLE EN VERGER

Lionel ROMET

Groupe de Recherche en Agriculture Biologique - Agroparc BP 1222

84911 Avignon cedex 9

e-mail : romet.grab@tiscali.fr

RESUME

Des zones écologiques constituées de fleurs peuvent être créées afin d'augmenter la biodiversité et ainsi favoriser la lutte biologique naturelle contre certains ennemis des cultures. Des essais menés par le G.R.A.B. en arboriculture ont mis en avant certaines espèces herbacées intéressantes dans cette optique. Elles ont été sélectionnées pour leur capacité à offrir de la nourriture et des hôtes de ponte aux auxiliaires, qu'ils soient généralistes ou spécialistes, prédateurs, parasitoïdes ou hyperparasitoïdes. Mais les essais mettent également en valeur l'importance de la flore spontanée (forcément mieux adaptée au terrain considéré) ainsi que la présence de plantes en hiver, même sèches, pour maintenir la faune in-situ.

Il existe deux façons de constituer la zone florale : une entrée « botanique », en suivant des critères d'adaptation pédo-climatique, et une entrée « fonctionnelle », en identifiant les relations « tritrophiques » entre plantes, phytophages et parasitoïdes. On parle alors de biodiversité fonctionnelle. Elle nécessite un travail plus important de connaissance sur toutes les relations trophiques qu'il peut exister autour des parasitoïdes de ravageurs des cultures. Mais cette seconde option offre plus de chance de succès et moins de risques vis-à-vis d'autres ravageurs potentiellement dangereux pour les cultures.

Mots clés : bandes florales _ zones écologiques _ biodiversité fonctionnelle _ phytophages _ parasitoïdes _ pommier_ agroécologie

INTRODUCTION

L'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique) insiste sur l'importance de « Zones de Compensation Ecologique » qui doivent être prises en compte dans les exploitations agricoles pour maintenir une biodiversité indispensable, notamment en zone de monoculture. Ces dispositifs sont à ce jour beaucoup plus développés en Suisse ou en Allemagne, où de nombreux documents de vulgarisation sont distribués, et où les producteurs s'engagent dans des démarches concrètes. Les bandes florales non fauchées, non traitées, rentrent dans ce schéma, en allant plus loin puisque leur composition est conçue pour avoir un rôle écologique fonctionnel direct (WARLOP, non publié).

En viticulture, dans des paysages diversifiés, certains exploitants n'ont pas besoin d'insecticide. La présence de multiples refuges (enherbement, zones écologiques réservoirs) favorise une biodiversité des ennemis naturels généralistes, qui semble fonctionnelle dans le maintien des ravageurs à des niveaux acceptables.

Par ailleurs, en oliveraie, le GRAB a mis en place chez un réseau de producteurs, 25 espèces en cours d'observation depuis 2004 (WARLOP, 2004) et en viticulture, des observations sont également réalisées sur des zones écologiques réservoirs formées de haies composites spécialement plantées par les viticulteurs à cet effet (CHOVELON, 2004).

1 1ERE PARTIE : LES BANDES FLORALES, BILAN DES EXPERIMENTATIONS DU GRAB

Les bandes florales, les zones de compensation écologique (ZCE) ou les zones écologiques réservoirs (ZER), ont toutes pour principe de maintenir ou de rétablir la biodiversité dans les zones cultivées. Elles ont également plusieurs fonctions agronomiques qui peuvent être :

- l'amélioration de la structure du sol,
- l'augmentation de la matière organique,
- la rétention d'eau,
- l'amélioration de l'activité microbienne,
- la lutte contre l'érosion,
- la fixation de l'azote,
- la maîtrise des adventices.

Mais la fonction première de ces bandes florales, est de favoriser dans le temps et dans l'espace l'installation des ennemis naturels des ravageurs de nos cultures. Pour cela, on doit d'abord leur permettre de disposer d'abris pendant la saison et hors saison, mais aussi leur assurer des sources de nourriture. Il est important d'avoir des espèces à floraison la plus étalée possible ou des mélanges d'espèces différentes aux floraisons successives afin de donner de la nourriture aux différents insectes dont les adultes se nourrissent de nectar ou de pollen. Il convient également d'apporter aux larves et adultes prédateurs et aux parasitoïdes des proies et des hôtes potentiels.

Le but des essais conduits au GRAB en arboriculture depuis 2001 est de déterminer une liste de plantes en vue de les planter dans des lieux où ces équilibres naturels ne sont pas encore atteints.

1.1 Matériels et méthode

En totalisant l'ensemble des espèces florales semées dans les différents dispositifs testés pour l'arboriculture, nous obtenons 114 espèces réparties dans 34 familles botaniques différentes. Il est bien évident qu'il s'agit d'un nombre maximum et que la plupart d'entre elles ne pourront faire l'objet d'études approfondies (non germination, couverture insignifiante, mauvais re-semis, ...). En 2005, une étude sur la flore spontanée a complété les trois dispositifs déjà mis en place.

Des observations régulières de terrain depuis 2001 permettent de qualifier et de quantifier les périodes et les durées de floraison des espèces.

Les suivis entomologiques ont été réalisés par différents moyens suivant le but de l'expérience :

- Pour connaître la quantité de faune présente sur certaines plantes bien développées en saison, ainsi que le régime alimentaire de cette faune (phytophages ou auxiliaires), un travail régulier de prélèvement d'arthropodes a été réalisé entre avril et août 2004, à l'aide d'un aspirateur à insectes puis un travail de détermination a été entrepris au laboratoire.
- Pour savoir si les différentes tiges de fleurs sèches servent d'abri ou de gîte à des ravageurs et à des auxiliaires, des prélèvements de tiges ont été réalisés en mars 2005, et placés dans des « photo-éclosoirs », jusqu'à émergence des adultes, qui ont été par la suite déterminés.

- Pour savoir, en saison, quels auxiliaires parasitaient les ravageurs de ces plantes, des plantes infestées (en général par des pucerons, dont certains paraissaient parasités) ont été prélevées et placées dans ces mêmes « photo-éclosoirs » jusqu'à émergence des adultes.

1.2 Résultats

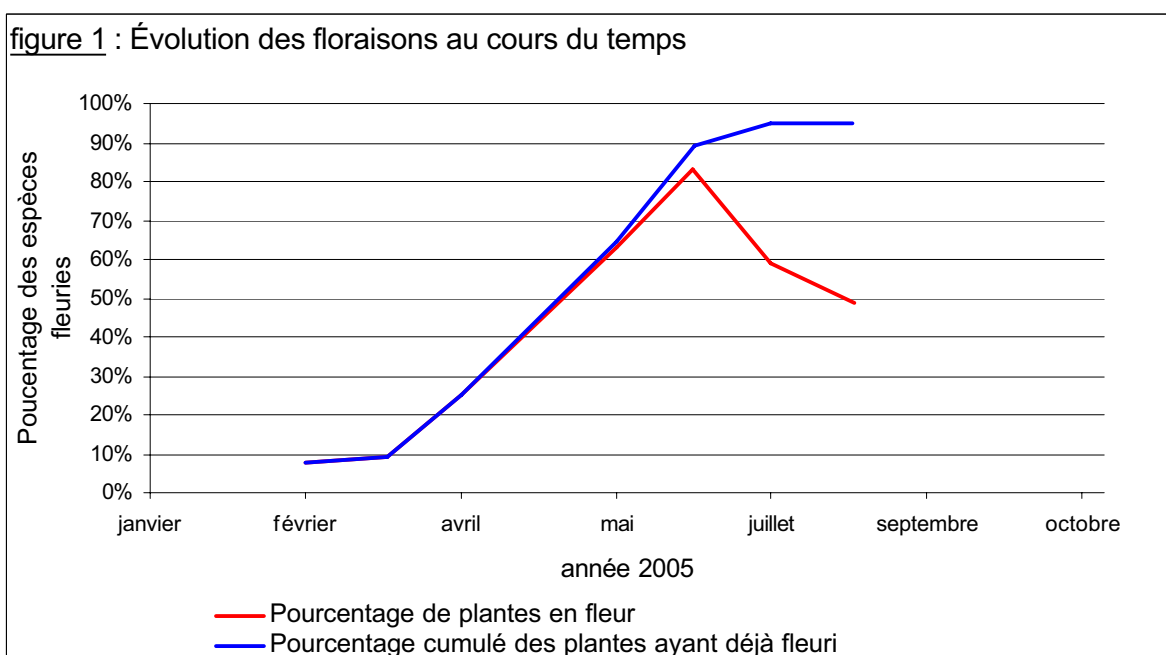
Les floraisons en 2005

la figure 1 ci-dessous indique sur les 76 espèces (or graminées) recensées sur la parcelle support des essais, le pourcentage de plantes dont la floraison a commencé, ainsi que le cumul des plantes qui ont déjà fleuri.

Dès le mois de février, les premières floraisons ont débuté par les 6 espèces suivantes : la véronique de perse (*Veronica persica*), le passereau drave (*Cardaria draba*), l'alyse maritime (*Alyssum maritimum*), la bourse à pasteur (*Capsella bursa-pastoris*), l'euphorbe réveil-matin (*Euphorbia helioscopia*) et le pissenlit (*Taraxacum vulgare*). Par la suite, au cours du mois de Mars, une seule espèce a débuté sa floraison : la dame de onze heures (*Ornithogalum umbellatum*). Sur les 7 espèces précédemment citées, une seule avait été semée (l'alyse maritime), les autres étant toutes des espèces spontanées.

A partir du mois d'avril, le nombre d'espèces ayant déjà fleuri a augmenté régulièrement jusqu'à atteindre 63 au mois de juin (représentant 83% des espèces).

Seulement 31 espèces préalablement semées dans les différents dispositifs ont été observées en fleur cette année (sur un total de 111 espèces semées en excluant les graminées, cela ne représente que 28%).



Les relevés entomologiques

1) Auxiliaires présents sur les plantes en pleine saison

Les déterminations entomologiques ainsi que la caractérisation du régime alimentaire (auxiliaires, ravageurs et indifférents), ont été réalisées sur un total de 5154 arthropodes récoltés par aspiration selon un protocole défini, sur onze espèces de fleurs : achillée, fenouil, lin vivace, lotier corniculé, pimprenelle, menthe verte, panais sauvage, coronille bigarrée, souci, trèfle blanc et carotte sauvage.

Sur les 5154 arthropodes, on dénombre 1236 auxiliaires ; ce qui représente 24% de l'effectif total. Ils sont répartis dans 28 familles et 49 genres différents. Les principaux résultats sont consignés dans le tableau 1.

Les araignées représentent 6,5% des auxiliaires, elles appartiennent à six familles différentes dont les Thomisidae et les Philodromidae, familles d'araignées qui chassent les autres insectes à l'affût et les Salticidae, qui elles, se déplacent à la recherche de leur proie.

Les auxiliaires "classiques", c'est-à-dire les coccinelles, les chrysopes et les syrphes ont été piégés en faible nombre.

Les Diptères représentent près de 10% des auxiliaires - Mis à part les syrphes (fam. Syrphidae, ordre Diptères) déjà classés dans les « Classiques ».

Tableau 1 : Auxiliaires présents sur les plantes entre avril et juin 2004 : nombre moyen d'individus par relevé.

	achillée	coronille	fenouil	lin	lotier	menthe	panais	pimprenelle	soucis	carotte	trèfle
Araignées	2,8	1	1,5	2,3	3,3	4,5	0,5	1,5	1,3	6	0
"Classiques"	1,25	0	3,3	0	0,3	0	1,25	1,5	0	0	1
Diptères	10,5	0	3,5	0,8	6,3	5,5	4,3	6	3,7	12	12
Punaises	3,3	0	0,3	0,5	1,3	5,8	0	0	38	11	1
Ichneumonidae	0,5	3	1,5	0,3	3	0	1,8	0	1,3	0	0
Braconidae	17,3	6	10,8	2,5	17,5	14,3	1,8	8,5	5,7	26	9
Chalcidiens	8	2,3	2,8	1,8	15,3	1	10,5	2	3,7	5	5
Autres hyméno.	7,3	3	4,5	4	10	0,3	6,5	3	2	4	5

Parmi les punaises (sous-ordre des hétéroptères), trois familles sont intéressantes car partiellement prédatrices d'autres insectes : les nabis, les anthocoridés et les miridés. A noter la très forte présence de l'espèce *Malacocoris chlorizans* (fam. Miridae) sur le souci.

L'ordre des hyménoptères fût de loin le plus représenté dans cette étude. Avec plus de 60% des effectifs d'auxiliaires sur l'ensemble des fleurs (en fait, entre 23% pour le souci et 80% pour la coronille bigarrée et le lotier corniculé). Parmi ces hyménoptères, on retrouve notamment les Ichneumonidae, les Braconidae et les Chalcidiens, tous parasitoïdes ou hyperparasitoïdes très importants dans l'équilibre naturel des ennemis des cultures.

2) Les insectes hébergés sur les plantes pendant l'hiver

Cette petite étude avait pour but de savoir si les tiges creuses de certaines espèces pouvaient servir d'abri pour des auxiliaires.

Le tableau 2 répertorie les insectes intéressants qui ont émergé des tiges sèches de quelques plantes.

Tableau 2 : Insectes émergeant des tiges creuses et sèches des plantes entre mars et juin 2005

Plantes	Nb et nom des insectes	commentaires
<i>Erigeron canadensis</i>	1 <i>Agria mamillata</i>	Diptère dont la larve est prédatrice de chenille
	3 <i>Crabro sp.</i>	Hyménoptère parasitoïde
<i>Pastinaca sativa</i>	2 Ichneumonidae	Hyménoptère parasitoïde
	1 <i>Cydia pomonella</i>	Carpocapse des pommes
	1 <i>Elodia tragica</i>	Parasite de <i>Cydia Pomonella</i>
<i>Achillea millefolium</i>	4 Braconidae	Hyménoptère parasitoïde
	1 <i>Coniopteryx sp.</i>	même sous ordre que les chrysopes

3) Les insectes hébergés sur ou dans les plantes pendant l'été

Les insectes récupérés grâce aux photos-éclosoirs sur des plantes fraîchement coupées en saison (mi-juin) sont issus d'œufs ou de larves présents au moment du prélèvement de la plante, soit sur ou dans la tige, soit dans certains insectes hôtes. 7 plantes ont été observées. La plupart des ravageurs observés ont été des pucerons (80%) surtout sur le trèfle blanc (*Trifolium repens*), le cirse des champs (*Cirsium arvense*) et le mélilot officinal (*Melilotus officinalis*).

Chez les auxiliaires, 73 individus ont émergé des photos-éclosoirs. Nous avons mis en évidence la présence d'un thrips prédateur (*Aeolothrips intermedius*) sur la picris fausse épervière (*Picris hieracioides*), d'un carabe sur le trèfle blanc. Le reste des individus appartenait à l'ordre des hyménoptères, tous parasitoïdes, qui se répartissaient de la façon suivante :

- ❑ Le groupe des **chalcidiens**, avec 40 individus (55% des effectifs d'auxiliaires) répartis dans 7 familles différentes (*Aphelinidae*, *Encyrtidae*, *Eulophidae*, *Eupelmidae*, *Eurytomidae*, *Mymaridae*, *Pteromalidae*)
- ❑ La famille des **Braconidés**, avec 14 individus (19% des effectifs d'auxiliaires)
- ❑ La famille des **Scelionidés**, avec 16 individus (22% des effectifs d'auxiliaires)
- ❑ La famille des **Ceraphronidés**, avec 1 individu (1,4% des effectifs d'auxiliaires)
- ❑ A noter l'absence d'individus de la famille des **Ichneumonidés** (en tous cas dans les relevés, pas forcément exhaustifs).

L'identification à l'espèce est malheureusement trop complexe, et n'a pas été possible dans le cadre de ces travaux.

1.3 Discussion

Les fleurs présentes dans les différents dispositifs d'essais mis en place depuis 2001, ainsi que celles dont la présence est spontanée, offrent de la nourriture aux adultes auxiliaires grâce à la présence de nectar et de pollen à partir du mois de février puis en continuité tout au long de la saison. Ces fleurs amènent également en saison leur cortège de ravageurs, punaises phytophages et pucerons essentiellement. Les punaises phytophages peuvent être potentiellement dangereuses pour les arbres fruitiers, mais il est souvent cité en bibliographie qu'elles ne migrent sur les arbres que si les plantes sur lesquelles elles se trouvent sont fauchées. Les pucerons recensés n'ont pas tous été identifiés jusqu'à l'espèce ; cependant, ils ne correspondent pas aux pucerons connus comme nuisibles sur fruitiers. Nous avons pu mettre en évidence la présence de *Theioaphis trifolii*, espèce inféodée au trèfle, et la probable (car non identifiée de façon sûre) présence sur le cirse des champs (*Cirsium arvense*) d'*Aphis fabae circiiacanthoidis* une sous espèce inféodée à ce chardon.

Le carpocapse des pommes (*Cydia pomonella*) est connu pour se loger dans des tiges creuses pour se nymphoser pendant l'hiver. Ce fut le cas sur le panais sauvage, mais il a été mis en évidence la présence également d'*Elodia tragica*, une tachinidée (sorte de grosse mouche), de l'ordre des diptères dont la larve se nourrit aux dépens de la chenille de ce même carpocapse des pommes.

L'étude tend à montrer (même si les relevés sont peu nombreux) qu'il est important de laisser en place les tiges creuses de plantes pendant l'hiver puisqu'elles peuvent abriter des parasitoïdes, souvent hyménoptères mais aussi parfois diptères.

Certaines plantes (choisies par rapport à leur forte présence sur le site) hébergent également pendant la saison un très important - en nombre et en diversité - cortège d'auxiliaires parasitoïdes.

Le mode de prélèvement choisi (photo-éclosoirs) a éliminé tous les individus capables de s'envoler. Il restait donc sur les plantes, uniquement les individus peu mobiles (ex. pucerons) ou des œufs placés directement sur les tiges ou bien encore des œufs de parasitoïdes placés eux dans différents hôtes (ex. pucerons, chenilles, coléoptères,...).

Ainsi l'étude a montré un taux de parasitisme important lié à la présence de 10 familles différentes d'hyménoptères parasitoïdes ou hyperparasitoïdes, dont l'identité reste à déterminer, pour une meilleure « fonctionnalité » de la flore. Les 71 individus d'hyménoptères représentent 38% de tous les insectes ayant émergé suite au mois passé dans les photo-éclosoirs.

CONCLUSION

La présence d'un nombre important d'espèces de fleurs dans un verger, ainsi qu'un mode de production biologique, présentant l'avantage d'utiliser des produits ayant moins d'effets secondaires sur l'entomofaune, permettent de façon naturelle de bénéficier d'un cortège important en nombre et en diversité d'auxiliaires parasitoïdes.

Les bandes florales, ou « zones écologiques réservoirs » ou bien encore les « zones de compensation écologique » ont plusieurs intérêts selon la période de l'année : -1- elles sont sources de nourriture grâce aux pollens pendant la floraison, -2- elles sont sites de reproduction d'auxiliaires pendant la saison grâce à la présence de ravageurs inféodés à la fleur, servant d'hôtes spécifiques, et -3- elles sont sites de reproduction d'auxiliaires pendant l'hiver grâce à la présence de ravageurs en hibernation dans les tiges creuses des fleurs.

2 2NDE PARTIE : EXEMPLE DE BIODIVERSITE FONCTIONNELLE EN VERGER DE POMMIERS

Les bandes florales qui rentrent dans le cadre de la biodiversité fonctionnelle, sont spécialement conçues pour apporter, au sein de la culture, les ennemis naturels aux ravageurs. On parle alors de rôle écologique fonctionnel.

La composition des espèces de la bande florale ne se fait pas sur des critères morphologiques ou botaniques, mais elle se fait en fonction de la faune hébergée sur ces plantes et notamment des parasitoïdes associés.

La figure 2 montre la relation trophique simplifiée entre les deux principaux pucerons du pommier, le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) et le puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*) et certains de leurs parasitoïdes.

Le mélilot officinal (*Melilotus officinalis*) possède un cortège d'au moins 10 ravageurs, dont aucun n'est commun au pommier. Parmi ces 10 ravageurs, il existe un puceron (*Therioaphis riehmi*, Börner.) qui est parasité par différents parasitoïdes dont *Asaphes suspensus* Nees, 1 hyménoptère chalcidien de la famille des Ptéromalidés qui s'avère parasite également du puceron lanigère et du puceron cendré.

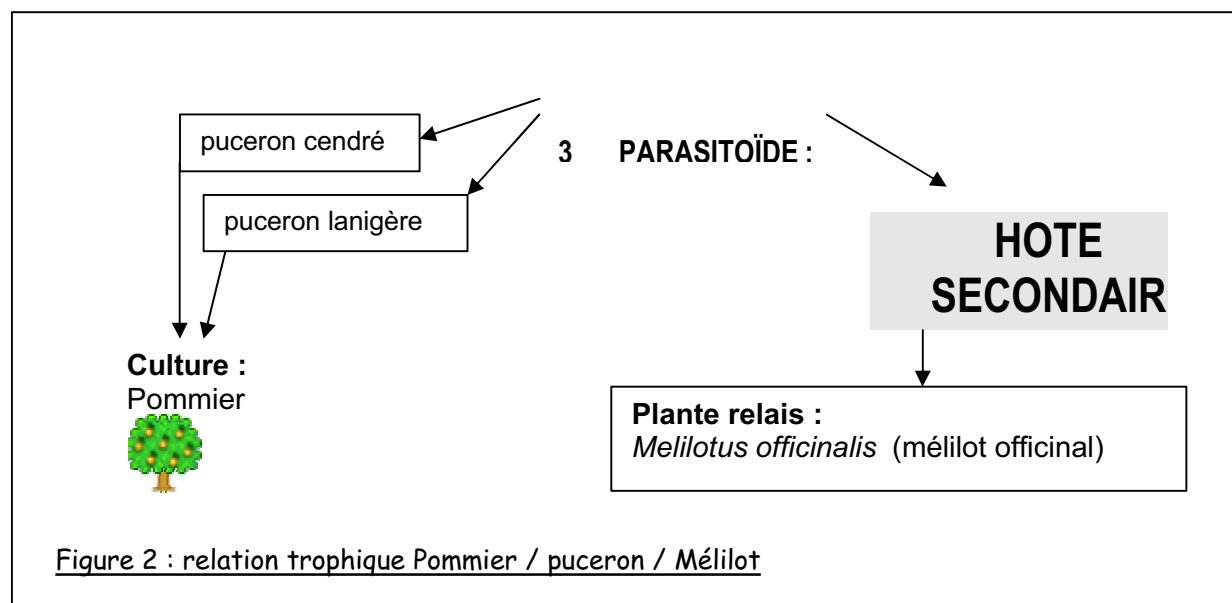


Figure 2 : relation trophique Pommier / puceron / Mélilot

Il existe de nombreuses relations trophiques de ce type qui associent le puceron cendré du pommier et/ou le puceron lanigère. L'ensemble des relations trophiques connues permettent de créer des listes d'espèces de fleurs à favoriser dans l'environnement du verger. Ainsi, le GRAB conseille pour la mise en place de bandes florales en zone méditerranéenne, la liste qui figure dans le tableau 3 ci dessous. Elle donne quelques espèces disponibles dans le commerce, à prix réduits, qui permettent théoriquement d'apporter dans l'environnement du verger de pommiers, les 10 principaux parasitoïdes hyménoptères chalcidiens des pucerons cendré et lanigère du pommier.

Une liste plus étoffée a été créée et existe au G.R.A.B.

Il convient de limiter si possible les traitements insecticides au niveau des bandes florales.

Tableau 3 - Liste de quelques espèces à favoriser dans l'environnement immédiat des pommiers :

Zone de compensation écologique : **Bandes florales**

Verger type : **pommier**

Situation pédo-climatique : **région méditerranéenne ; sol calcaire.**

Ravageurs cibles : *Dysaphis plantaginea* et *Eriosoma lanigerum*

Nom latin	Nom commun
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé
<i>Daucus carota</i>	Carotte sauvage
<i>Pastinaca sativa</i>	Panais sauvage
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Capselle bourse-pasteur
<i>Sinapis arvensis</i>	Moutarde des champs
<i>Melilotus officinalis</i>	Mélilot officinal
<i>Rumex acetosa</i>	Oseille des prés
<i>Picris hieracioides</i>	Picris Fausse épervière
<i>Achillea millefolium</i>	Achillée millefeuille

CONCLUSION

La création de zones écologiques au sein d'un verger pour augmenter la biodiversité fonctionnelle de l'agrosystème est plus complexe que la création aléatoire de bandes florales simples car elle nécessite un important travail bibliographique. Par contre elle offre des chances de réussite supérieures pour la lutte biologique via un cortège de prédateurs généralistes mais surtout un cortège de parasitoïdes, moins bien connus, mais beaucoup plus spécialisés et variés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHOVELON M., 2004 – Rapport final d'expérimentations en viticulture biologique, GRAB 2004, région PACA. Groupe de Recherche en Agriculture Biologique. 34 p.

WARLOP F., 2004 – Rapport final d'expérimentations en maraîchage et arboriculture biologique, GRAB 2004, région PACA. Groupe de Recherche en Agriculture Biologique. 155 p.

WARLOP F., 2003 – Ecologie oléicole : un aperçu des connaissances actuelles, *Olivae*, sous presse

CONNAISSANCE DE LA DIVERSITE DES PREDATEURS POLYPHAGES DANS LE VIGNOBLE DU BEAUJOLAIS

Caroline Le Roux

Chambre d'Agriculture du Rhône - Comité de Développement du Beaujolais – 210 en Beaujolais - BP 319 – 69661 Villefranche Sur Saône.

Tél. : 04.74.02.22.30 fax : 04.74.02.22.39, e-mail : caroline.le-roux@rhone.chambagri.fr

RESUME

Dans le cadre de recherches pour le développement de la lutte biologique en viticulture, un essai en grande parcelle mené pendant 4 années permet d'évaluer la diversité et l'importance des prédateurs polyphages présents spontanément dans le vignoble du Beaujolais, et d'apprécier l'impact des traitements phytosanitaires sur ces prédateurs.

Les principaux prédateurs polyphages présents dans nos prélèvements sont : les Araignées (77 %), les Insectes (20 %) et les Acariens (3 %).

Les traitements phytosanitaires ont un impact sur ces prédateurs dépendant du type et du nombre de spécialités phytosanitaires utilisées.

Mots-clefs : vigne, biodiversité, prédateurs polyphages, araignée, traitement phytosanitaire.

INTRODUCTION

Dès la fin des années 80, de nombreux viticulteurs du Beaujolais ont appliqué les règles de la protection phytosanitaire raisonnée.

Le choix judicieux des spécialités phytosanitaires a permis aux populations de *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN de se rétablir rapidement et de contrôler les populations d'acariens ravageurs. Cet exemple de lutte biologique par action sur les intrants a fait ses preuves sur l'ensemble du vignoble : de très rares parcelles nécessitent actuellement un traitement acaricide.

D'autres arthropodes prédateurs sont naturellement présents et régulièrement observés par les viticulteurs. Afin d'identifier et de quantifier ces prédateurs polyphages et d'évaluer leur intérêt dans le contrôle des ravageurs, un essai en grande parcelle a été mis en place de 2001 à 2004 au sein d'une parcelle du sud du vignoble.

Par ailleurs, l'influence des pratiques phytosanitaires a parallèlement été mesurée et évaluée.

Cette étude a été financée dans le cadre du PEP VIN (Région Rhône Alpes).

1 MATERIEL ET METHODES

1.1 Situation de la parcelle d'étude

L'essai a été mis en place au sein d'une parcelle de vigne à Charnay (Rhône). Cette parcelle plantée en 1978, d'une surface de 1,14 ha, est représentative du vignoble du Sud Beaujolais. Plantée en Gamay, elle est conduite à une densité élevée (1,3 m X 0,8 m soit 9600 pieds/ha). Les ceps sont palissés collectivement (fils releveurs), la surface foliaire exposée potentielle mesurée au moment de la récolte est en moyenne de 0,88 m².

L'inter-rang et les tournières sont enherbés spontanément de dicotylédones (une quarantaine d'espèces végétales différentes) et de poacées (principalement du ray grass). Ce site est bordé par un verger enherbé sans intervention phytosanitaire (cerisiers, pommiers, pruniers et abricotiers) et un muret de pierres sèches.

1.2 Dispositif expérimental

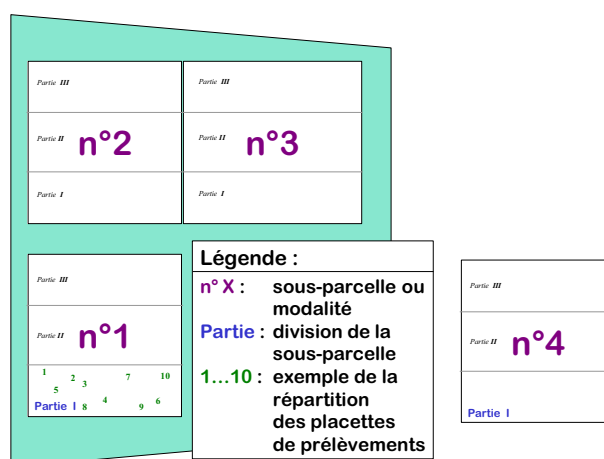
Cette parcelle est divisée en 4 sous-parcelles (figure 1) sur lesquelles sont appliqués des programmes de traitements différents (modalités 1, 2, 3 et 4) (Tableau I).

Tableau 1 : Programmes phytosanitaires étudiés

	Programme fongicide	Programme insecticide
Modalité 1	Programme à profil éco-toxicologique favorable	Néant
Modalité 2		Insecticide biologique (<i>Bacillus thuringiensis</i>)
Modalité 3	Identique aux programmes employés de 1989 à 2000	Organo-phosphoré
Modalité 4	Programme "conventionnel"	2 insecticides (Organo-phosphoré et RCI)

Compte tenu des méthodes d'observation et de prélèvement, chaque sous-parcelle ou modalité est divisée en trois parties (I, II et III) afin de répéter trois fois chaque prélèvement. Dix placettes de prélèvement sont ensuite tirées au sort au sein de chaque partie, elles sont numérotées de 1 à 10 et sont constituées de 7 ceps entre 2 piquets. Elles correspondent à chaque prélèvement susceptible d'être réalisé par campagne. Les rangs et les ceps de bordure ne sont pas retenus.

Figure 1 : Plan de la parcelle



1.3 Méthodes d'observations et de prélèvements

Afin de dénombrer les arthropodes prédateurs présents dans le feuillage et sur les ceps de vigne, les 3 pieds centraux de chaque placette numérotée font l'objet d'un prélèvement. Ce prélèvement est répété trois fois pour chaque modalité.

Par exemple, pour la 1^{ère} observation, les placettes suivantes ont été prélevées :

- placettes n°1 des parties I, II et III de la modalité n°1,
- placettes n°1 des parties I, II et III de la modalité n°2,
- placette n°1 des parties I, II et III de la modalité n°3,
- placette n°1 des parties I, II et III de la modalité n°4.

Lors de la 2^{ème} intervention, l'ensemble des placettes n°2 ont fait l'objet d'un prélèvement et ainsi de suite. Cette méthode par placette a été retenue du fait de l'aspect destructif des prélèvements de faune. L'ensemble des prélèvements est effectué de jour de juin à début octobre (nouaison à post-récolte).

Des cadres plastifiés (de 1 m²) sont disposés sous les ceps de part et d'autre du rang de vigne lors du prélèvement. Après un prélèvement sur le feuillage à l'aide d'un aspirateur à dos, les ceps sont frappés 3 fois à l'aide d'une batte puis secoués pendant 15 secondes.

Chaque arthropode tombé sur les cadres est prélevé à l'aide d'un aspirateur à bouche, puis conservé dans de l'alcool à 60°.

Ce recensement a uniquement pris en compte les **arthropodes prédateurs polyphages présents dans le feuillage et sur le tronc**. Il a volontairement exclu :

- les arthropodes indifférents,
- les arthropodes pollinisateurs,
- les hyménoptères parasitoïdes,
- les arthropodes vivant sur ou dans sol (carabes, collemboles, lycoses etc.)
- les ravageurs occasionnels de la vigne (cigarier, altises, sauterelles etc.)
- Les arthropodes circulant dans le vignoble et les ravageurs d'autres cultures (mélégèthes, pucerons etc.).

Les **ravageurs de la vigne** ont fait l'objet d'observations spécifiques par prélèvements de feuilles ou de grappes à des périodes précises de sensibilité de la vigne (cochylis, eudémis, cicadelle verte, cochenille bohémienne, cochenille du cornouiller et thrips).

1.4 Identification des prélèvements

Chaque spécimen individuellement placé dans des tubes à essai est soumis à une identification la plus précise possible. Ces identifications ont été réalisées par les entomologistes du laboratoire d'Ecologie animale et de Zoologie agricole de l'INRA de Montpellier* et du LNPV (Entomologie) de Montpellier** : MM. Cocquempot C.*, Martinez M.*, Pierre E.*, Reynaud P.** et Streito J.-C.**

2 RESULTATS

2.1 Biodiversité du peuplement d'arthropodes prédateurs

Au cours des quatre années d'expérimentation, l'ensemble des prélèvements réalisés au sein des 4 modalités révèle une grande diversité de prédateurs polyphages.

Le tableau II montre le nombre de familles, genres et espèces identifiés par classe d'arthropodes pour l'ensemble des modalités.

Tableau 2 : Recensement des prédateurs polyphages (2001 à 2004)

	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Araignées	17	43	60
Insectes prédateurs	7	24	25
Acariens prédateurs	4	4	5

Ce tableau met en évidence la diversité aranéologique de cette parcelle. Dans cet essai de nombreuses familles d'**araignées** sont représentées, elles se caractérisent par la diversité de leurs modes de captures complémentaires et d'habitats : retraites tubulaires, petites ou grandes toiles (régulières ou irrégulières, horizontales ou verticales), toiles demeures, chasse à l'affût, chasse à courre. Les araignées sont d'efficaces prédatrices d'insectes. Elles sont uniquement carnivores et ne consomment que des insectes.

Les **acariens prédateurs**, hormis les typhlodromes, sont représentés par trois familles potentiellement prédatrices : Thrombidiidae, Anystidae et Cunaxidae.

Tableau 3 : Détail des observations typhlodromes (2001 à 2004)

	03/05/01	27/06/01	16/05/02	26/06/02	23/05/03	08/07/03	14/05/04	01/07/04
Modalité 1	78	76	94	88	94	80	69	83
Modalité 2	86	88	99	88	83	74	68	89
Modalité 3	85	92	92	89	87	72	65	76
Modalité 4	20	32	44	64	66	22	30	48

Les **insectes prédateurs** sont répartis en quatre ordres : Hémiptères, Coléoptères, Neuroptères et Diptères. On remarque une grande diversité des Coléoptères Coccinellidae avec 16 espèces recensées. Les Hémiptères (Hétéroptères) sont surtout représentés par une espèce Anthocoridae et une espèce Nabidae.

Les **proies** de ces prédateurs peuvent être des acariens (acariens prédateurs, punaises anthocorides ou mirides, neuroptères, coccinelle *Stethorus* ou *Platynaspis*), des papillons (araignées tisseuses de toiles), des œufs de tordeuses (larves de chrysopes), de jeunes chenilles (punaises nabides, larves de chrysopes), de cicadelles vertes larves ou adultes (acariens Anystidae, araignées, punaises anthocorides ou nabides, larves de chrysopes, coccinelle *Scymnus*), et de larves de cochenilles (larves de chrysopes, coccinelles).

2.2 Importance relative des diverses populations d'arthropodes prédateurs

Les araignées sont les prédateurs les plus assidus au sein de cet essai. Pour l'ensemble des modalités, le tableau IV montre leur importance relative aux autres classes d'arthropodes prédateurs présents : 77 % des prédateurs polyphages prélevés sont des araignées.

Tableau IV : Nombre total d'arthropodes prélevés par groupe taxinomique (2001 à 2004)

	Acariens prédateurs	Insectes prédateurs	Araignées
2001	16	98	467
2002	26	125	1043
2003	44	86	740
2004	27	388	523

De nombreuses familles d'araignées sont observées. Les Salticidae dominent avec 56 % des individus identifiés, notamment dans les genres *Salticus* LATREILLE et *Evophrys* C. L. KOCH.

Le tableau V montre la répartition des familles d'araignées par mode de captures ou d'habitats.

Tableau 5 : Répartition des familles d'araignées par mode de chasse

Chasse à course (Salticidae, Oxyopidae, Lycosidae, Pisauridae, Dysderidae/Segestridae)	56%
Toiles pièges (Araneidae, Theridiidae, Uloboridae, Linyphiidae, Erigonidae)	18%
Chasse à l'affût (Thomisidae, Philodromidae)	13%
Retraites tubulaires (Anyphaenidae, Clubionidae, Sparassidae)	12%
Toiles demeures (Gnaphosidae/Drassidae)	1%

A noter l'identification en 2001 d'une araignée prédatrice d'araignées *Ero* sp. appartenant à la famille des Mimetidae.

De plus, les différentes observations réalisées montre une présence des prédateurs tout au long de l'année. Elle s'accroît lorsque la nourriture devient plus abondante : les populations les plus nombreuses sont notées de mi-juillet à mi-août. L'écorce des ceps offre un refuge hivernal idéal notamment pour les formes juvéniles des Salticidae : **à la fin de l'hiver en moyenne 3 nids sont dénombrés par cep.**

Les résultats de ces 4 années d'observations montrent une faune en perpétuelle évolution : **la diversité et l'importance de chaque espèce et ou groupe sont différents d'une année sur l'autre.**

Tableau 6 : Araignées : Evolution inter-annuelle du nombre d'identification

	2001	2002	2003	2004
Nb famille	13	14	14	10
Nb genre	22	29	23	22
Nb espèces	18	29	17	22

2.3 Evaluation des dégâts des ravageurs présents

Au sein de la modalité n°1 (sans insecticide), les dégâts liés aux ravageurs restent négligeables : ils demeurent, pour la plupart, inférieurs aux seuils d'intervention.

Les fortes attaques de **Mildiou**, **Oïdium** et **Black Rot** observées sur le témoin sans traitement phytosanitaire montrent que ce site est de forte sensibilité aux maladies cryptogamiques : il nécessite une protection fongicide adéquate.

Les **acariens rouges** (*Panonychus ulmi* KOCH) et leurs dégâts sont absents de cette partie grâce à une importante population de typhlodromes (*T. pyri*). Des acariens rouges sont uniquement observés sur la partie n°4 compte tenu de l'historique chimique de cette partie basé sur l'utilisation de spécialités toxiques vis-à-vis des typhlodromes.

La **cochylis** (*Eupoecilia ambiguella* HÜBNER) est le principal ravageur de cet essai. Elle est rencontrée au printemps (première génération) et en été (seconde génération). Les intensités d'attaque demeurent limitées avec des populations de chenilles inférieures à 20 chenilles observées. L'eudémis (*Lobesia botrana* DENIS & SCHIFFERMÜLLER) est également rencontré au sein de ce site. Ses dégâts directs ou indirects (*Botrytis cinerea* BALL) sont très liés à son expression annuelle, très variable d'un été à l'autre (quasi-absence en 2001, 18 chenilles pour 100 grappes en 2002, absence en 2003 et 2004).

La **cicadelle verte** ou des grillures (*Empoasca vitis* GOETHE) est présente. Elle provoque occasionnellement des dégâts en première génération (courant juin) et en seconde génération (début août). Les observations réalisées en 2001 et 2002 montrent des populations négligeables n'occasionnant aucun dégât sur feuilles.

La **cicadelle de la Flavescence Dorée** (*Scaphoïdeus titanus* BALL) est absente de cet essai.

Les **cochenilles** (*Heliococcus bohemicus* SULC et *Parthenolecanium corni* BOUCHE) sont régulièrement présentes, aucun dégât direct n'est observé.

Le **thrips** (*Drepanothrips reuteri* UZEL) est présent notamment en 2004 où les populations ont montré une forte recrudescence.

Tableau 7 : Quelques exemples de comptages réalisés

	<i>P. ulmi</i>		Cochylis		Eudémis	<i>E. vitis</i>	<i>P. corni</i>	<i>D. reuteri</i>
	% feuilles occupées		% chenilles			% larves	% larves	% larves
	16/05/02	23/05/03	07/06/01	30/08/02		13/06/03	01/07/04	
Modalité 1	0	0	12	16	18	4	24	24
Modalité 2	0	0	12	5*	8*	5	20	22
Modalité 3	0	0	16	1*	12*	4	19	33
Modalité 4	34	0	9	9*	12*	4	1	23

* : après application d'insecticides (selon le protocole).

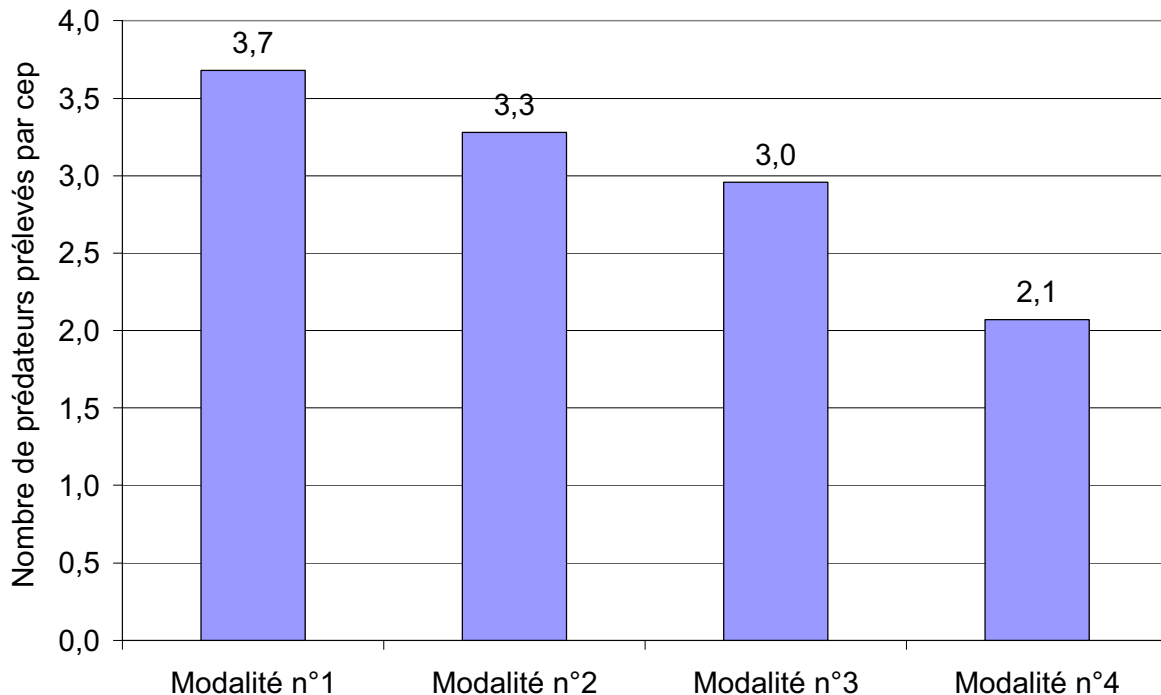
Des ravageurs qualifiés "secondaires" sont également observés : altise, boarmies, noctuelles, cicadelle bubale, cigarier, pyrale, criquets, sauterelles etc.

2.4 Influence des pratiques phytosanitaires

Afin de mesurer l'impact des pratiques phytosanitaires sur les populations des prédateurs, des traitements phytosanitaires différents ont été appliqués selon les modalités (tableau I).

La **moyenne du nombre de prédateurs par cep** est calculée pour les quatre années d'expérimentation et pour l'ensemble des prélèvements réalisés (figure 4).

Figure 2 : Comparaison générale des résultats des 3 modalités



La modalité 1 (sans insecticide) comporte un nombre moyen de prédateurs supérieur aux autres modalités.

La modalité 2 (avec 1,3 insecticide biologique en moyenne) comporte un nombre moyen de prédateurs supérieur à la modalité 3 (avec un insecticide organophosphoré).

La modalité 4 comporte un nombre moyen de prédateurs inférieur aux trois autres modalités (avec 1,5 insecticide organophosphoré ou RCI).

3 DISCUSSION / CONCLUSION

La biodiversité globale des arthropodes de cette parcelle est sous-estimée compte tenu que seuls les prédateurs polyphages présents dans le feuillage et les ceps de vigne ont été prélevés.

Toutefois, l'ensemble des prélèvements montre déjà une **grande diversité** au sein de cette parcelle, potentiel jusqu'alors insoupçonnée pour une parcelle de vigne en production, notamment pour ce qui concerne les araignées. Elles sont des prédatrices privilégiées, leur régime alimentaire insectivore est varié.

Elles sont capables de se maintenir au sein d'une culture pérenne comme la vigne grâce à la présence continue d'insectes ravageurs ou non. Mais elles demeurent très sensibles aux pratiques culturales :

- destruction des toiles de captures par le passage des tracteurs,
- toxicité directe des spécialités phytosanitaires appliquées,
- pollution des toiles par les spécialités phytosanitaires,
- destruction de leur réserve de nourriture par la toxicité des spécialités phytosanitaires sur les insectes.

Cette expérimentation donne un état des lieux de la faune dans un contexte particulier, il serait intéressant d'acquérir plus d'éléments sur la toxicité réelle des spécialités phytosanitaires sur les araignées et de poursuivre ce type d'études afin d'intégrer ces notions aux conseils phytosanitaires de saison comme cela a été fait au début des années 90 pour les typhlodromes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LE ROUX C., COCQUEMPOT C., 2005. Contribution à la connaissance de la diversité des prédateurs polyphages et de leur importance dans le vignoble du Beaujolais et aperçu de l'impact des interventions phytosanitaires sur leurs populations. AFPP, 7^{ème} Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture.

REBOULET, J. N. Les auxiliaires entomophages. ACTA, 1999, p. 19-26, p. 31-37

BAUDRY, O. Reconnaître les auxiliaires en vergers et vignes. CTIFL, 2001, p. 30-46, p.55-67

MARAÎCHAGE

UNE NOUVELLE APPROCHE DU TRAVAIL DU SOL : LES PLANCHES PERMANENTES

D. BERRY

SERAIL, 123 chemin du Finday, F - 69126 BRINDAS – Chambre D'Agriculture 69 – CRARA

J. DEMEUSY

ADABio, Maison des Agriculteurs, 40 av M Berthelot, BP2608, F-38036 GRENOBLE cedex 2

J. TEMPLIER

GAEC des Jardins du Temple, 220 chemin du Temple, F-38140 SAINT BLAISE DU BUIS

RESUME

Le travail du sol en butte sur planches permanentes inspiré des techniques de M Kemink – Wenz – Mussler a débuté en Rhône-Alpes en 2000. La mise au point de matériel adapté et la comparaison avec un itinéraire classique ont été menées en parallèle depuis 5 ans sur une exploitation maraîchère iséroise dans le cadre du programme régional d'expérimentation.

Les premiers résultats montrent l'intérêt de cette nouvelle approche sur l'augmentation de la praticabilité et le gain de temps lors des interventions de travail du sol sans pénaliser les résultats culturaux.

L'observation de la structure du sol montre la nécessité d'améliorer encore les outils utilisés et les itinéraires techniques.

Mots-Clés: Travail du sol, Planches permanentes, Maraîchage Biologique, Expérimentation.

1 HISTORIQUE DE LA DEMARCHE

1.1 Constats par rapports au travail du sol classique

Depuis longtemps, certains agrobiologistes ont remis en cause le labour, en tout cas les labours profonds enfouissant et diluant les matières organiques. Des techniques alternatives au labour et à l'utilisation d'outils animés par la prise de force, ont peu à peu émergé (DEVEYER et al.)

L'intensification des systèmes de cultures ainsi que l'échelonnement des cultures ont tendance à engendrer :

- Une multiplication des actions de travail du sol
- des interventions dans des conditions pas toujours bonnes (sols humides et froids, rapidité du travail du sol, besoin de puissance...)
- un tassement, des problèmes de développement, une hétérogénéité des cultures, mauvaise qualité d'implantation...

Ces conséquences peuvent remettre en cause les pratiques classiques de travail du sol.

1.2 Historique de la mise en place des planches permanentes

Sur les bases des réflexions de M Hans KEMINK (travail en billons) et les travaux de M Mansfred WENZ en grandes cultures, la première mise en place de butte en planches permanentes est réalisée par M Hubert MUSSLER.

Les quatre principes de bases sont :

1. Passages de roues toujours au même endroit
2. Passages de roues non travaillés
3. Utilisation exclusive d'outils à dent
4. Formation et maintien de la butte avec des disques

En vue d'une réflexion régionale un voyage en Allemagne avec l'association Soins de la Terre a été organisé en 1999.

2000 Essai dans le cadre du programme régional d'expérimentation 2000-2007 en partenariat SERAIL – ADABio. Démarrage de l'expérimentation sur l'exploitation des Jardins du Temple (38) par la mise en place de planches permanentes sur buttes avec travail du sol superficiel sans retournement et première mise au point de matériel adapté (3).

2001 En parallèle, travail de mise au point de matériel pour un essai en agriculture conventionnelle à la SERAIL (3).

2 ESSAI AUX JARDINS DU TEMPLE

2.1 But et objet de l'essai

Comportement des cultures en fonction de deux pratiques différentes de travail du sol, l'une classique avec retournement et outils animés, l'autre en planches permanentes sans retournement avec des outils à dents.

2.2 Dispositif expérimental

↪ 2 modalités étudiées

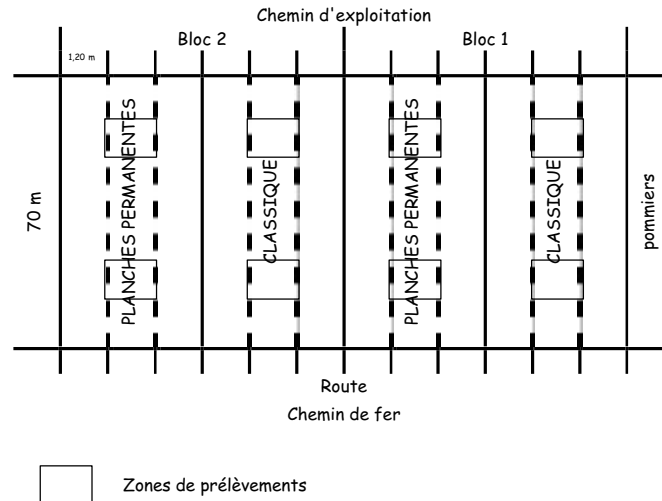
- Classique : labour - outils animés (rotobèche, cultivateur).



- Planches permanentes : (cultibutte et vibroplanche: outils à dents sur la base de la méthode Wens-Mussler)



↪ Essai bloc à 2 répétitions



↪ Parcelle élémentaire de 3 planches de 1,20m X 70m

2.3 Mesures effectuées

- 1- Etat initial : profil de sol, diagnostic Herody, diagnostic Bourguignon, étude de la biomasse microbienne et de son activité biologique
- 2- Mesures annuelles : rendements et qualité des cultures, temps de travaux
- 3- Observations Intermédiaires : Profils culturaux selon la méthode Gautronneau
- 4- Prévisionnel : Bilan global de fertilité

2.4 Type de sol

↪ Le sol est de type limono-argilo-sableux, à texture fine mais non battant. Le taux de matière organique est élevé (3 %). pH légèrement alcalin (7,74), en lien avec la présence de calcaire total (1,1 %) . La CEC est moyenne (112 meq/kg).

Sol caillouteux à comportement hydromorphe avec tendance à la prise en masse.

2.5 Exemple d'itinéraire technique (2004)

PLANCHE PERMANENTE	travaux	PLANCHE CLASSIQUE
	labour	X
X	butteuse nettoyage	
	vibroculteur a/r	X
X	herse étrille a/r	
X	rotovator (destruction ev)	X
	cultivateur a/r	X
X	cultibutte	
X	butteuse	
	vibroculteur a/r	X
	rotobèche 2 passages	X
	cultirâteau	X
X	cultibutte	
X	cultirâteau	
X	binage	X
X	buttage	X

2.6 Rotations

2001	Poireau automne-hiver + EV avoine-vesce hiverné
2002	Laitue automne
2003	Carottes de garde+ EV seigle-vesce hiverné
2004	Chou automne-hiver + EV sorgho été
2005	Epinard automne
2006	Poireau automne-hiver

2.7 Résultats

Résultats cultures

Poireau 2001	Rendement brut (t/ha)	Rendement paré (t/ha)	Diamètre du fût (cm)	Longueur du fût (cm)	% de déchets de parage
Classique	29,7 A	19,11	2,90	12,8 A	35,4
PP	24,2 B	15,67	2,60	10,9 B	35,4

Laitue 2002	Rdt brut en T/ha	Rdt net en T/ha	Poids moyen en g	Nombre récolté / m ²
Classique	22.75	13.5	275.5	8.4
PP	25.80	14.8	275	9.4

Carotte 2003	Rdt net en T/ha	% com	% saines	% pointues	% déformées	% petites
Classique	63.6	83.3	84.3	5.5	8.1 B	1.3
PP	70.3	87.1	89.1	4.6	3.5 A	1.4

Choux 2004	Poids moyen Brut (kg/tête)	Poids moyen net (kg/tête)
Classiques	2,3	1,74
PP	2,3	1,73

Si la 1^{ère} année laissait apparaître un léger avantage de rendement pour le travail classique, les résultats des 3 années suivantes sont équivalents. Le travail du sol en planches permanentes et sans retournement ne porte pas préjudice aux résultats culturaux après 4 années de pratique.

Résultats temps de travaux

Temps de travaux du sol en minute / planche

	CLASSIQUE	PLANCHE PERMANENTE	GAIN avec PP
Poireau 2001	47 mn/pl	21 mn/pl	55%
Laitue 2002	42 mn	32 mn	24%
Carotte 2003	68 mn	48 mn	30%
Choux 2004	78 mn	59 mn	31%
Réduction moyenne du temps de travail			35%

Les opérations liées au travail du sol sont moins consommatrices de temps en planches permanentes. La réduction est variable selon les années mais semble se stabiliser autour de 30 % sur les 2 dernières années.

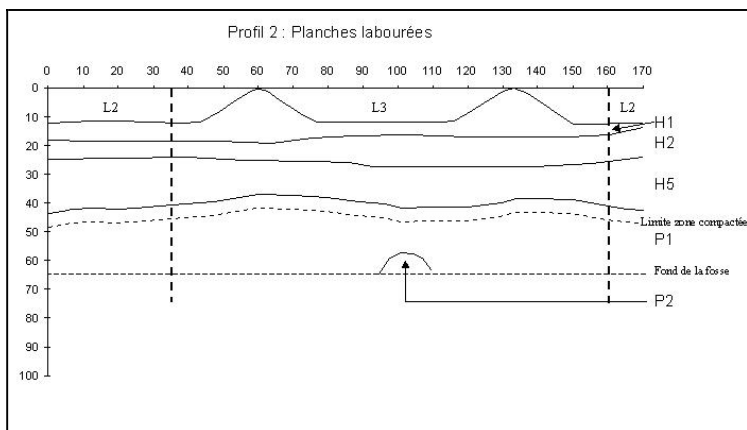
Profils culturaux

Ils ont été observés et décrits selon les règles du guide méthodique de Manichon et Gautronneau ⁽⁴⁾

Etat initial

Des profils effectués sur l'itinéraire classique en novembre 2001 ont permis de décrire l'état initial du sol de la parcelle (DEVEYER L et al).

Graph 1 Etat initial de la structure du sol en novembre 2001

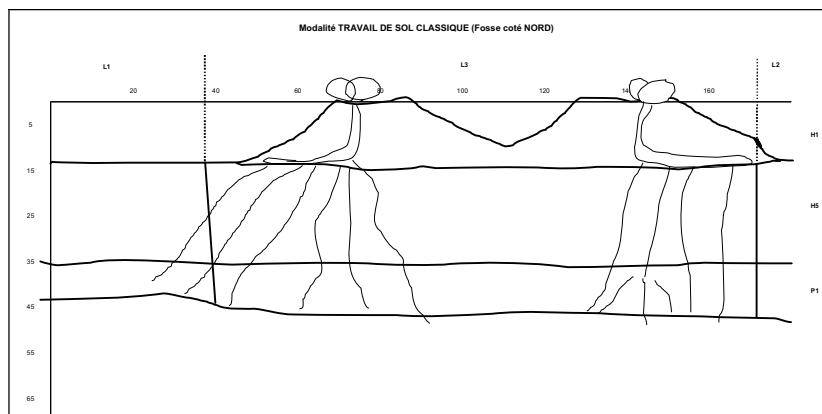


L'horizon superficiel (H1) constituant les buttes de la culture de poireau montre une structure fragmentaire, sans prise en masse, avec beaucoup de terre fine et des mottes de petite taille, non tassées. Le 2^{ème} horizon de reprise de labour (H2) est plus motteux, avec des mottes soudées entre elles, mais sans prise en masse et d'état interne faiblement tassé. L'horizon labouré non repris par les travaux superficiel (H5) est caractérisé par une partition en 3 zones différenciées. L1 et L2 correspondant à l'aplomb des passages de roues, sont de structure continue, d'un seul bloc, très fortement tassées. La zone centrale de la planche (L3) entre les 2 passages de roues est beaucoup moins prise en masse avec des mottes moyennement tassées. On observe un lissage du fond de cet horizon par le travail de la rotobêche.

Dans l'horizon pédologique (P1) les 5 premiers centimètres sont compactés, au-delà la structure est plus fragmentaire mais de porosité limitée induisant un ressuyage lent.

Etat structuraux à l'automne 2004

Graph 2 : Travail de sol classique

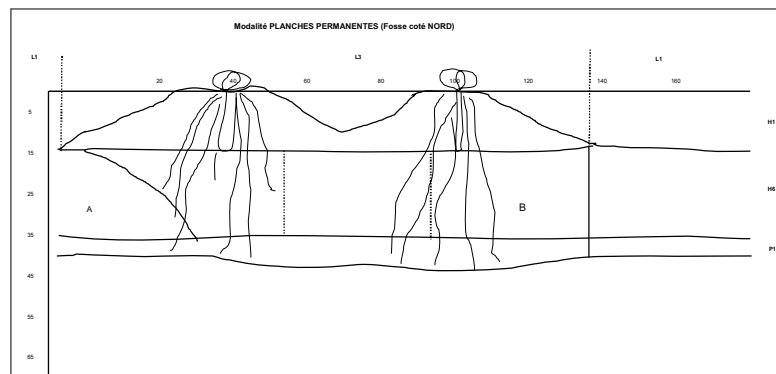


La structure est globalement favorable à l'enracinement de la culture et à l'activité biologique. Elle est homogène sur la profondeur du profil avec plus de terre fine dans H1 et une semelle de cultirateur dans le fond de H1.

Globalement le travail de sol classique assure une structure homogène, favorable à l'enracinement et à l'activité biologique sur toute la profondeur du profil mais le cultirateur créé une semelle qui fait "fourcher" les pivots et les grosses racines ont du mal à traverser.

Le labour (rotobêche) ramène des mottes (d'environ 5 cm) des passages de roues que les grosses racines ne peuvent traverser. Les vers de terre passent mais on retrouve à l'intérieur de ces mottes des turicules (déjections de vers) ce qui montre que l'état interne de ces mottes est quand même défavorable.

Btph 3 : Travail de sol en planches permanentes



Le profil est favorable à la culture mais des zones latérales (A et B) pénétrant vers le centre de la planche se compactent avec le passage répété des roues au même endroit.

Les racines par rapport à la modalité labour sont plus grosses et descendent bien droit, signe qu'elles ne rencontrent pas d'obstacles. Mais le système racinaire semble moins dense que sur la modalité classique. H6 est uniquement "travaillé" par les racines et les vers de terre et cela ne semble pas défavorable à la progression des racines. H6 semble plus humide que H5 sur la modalité labour ce qui peut quand même faire penser à une légère prise en masse ou à un état légèrement plus compacté.

L'horizon H1 est très favorable à l'activité biologique et à l'enracinement de la culture (sur 10-15 cm) ; avec beaucoup de terre fine, doit être facile à travailler et à reprendre pour les semis. L'horizon H6, uniquement "travaillé" par les racines et les vers de terre est plus humide que le H5 de la modalité labour, il présente donc une structure un peu plus continue.

Cet horizon est beaucoup plus favorable à l'activité biologique sur le haut de la parcelle que sur le bas où la prise en masse est plus marquée.

En terme de comparaison, la modalité "planches permanentes" génère un horizon H1 plus favorable à l'implantation des cultures (préparation du lit de semence facilité, bon enracinement) car il n'y a pas de "blocs" plus tassés, difficilement friables ramenés par le labour. Alors que l'itinéraire technique "travail de sol classique" génère plus de risques de déformations pour les cultures racines (carottes, navets) et de problème de pénétration racinaire lié à une semelle.

Par contre, sous H1, la modalité "travail de sol classique" semble plus favorable (malgré la présence de ces "blocs"). Cet horizon est moins humide que sur la modalité "planches permanentes", permettant ainsi une structure moins continue. L'état de la structure de H6 est surtout défavorable sur les cotés de la butte à cause du tassement latéral du aux passages de roues. Là où la rotobêche ameublie bien toute la largeur du profil sous la planche cultivée il semble que les passages des 3 dents profondes du cultibutte ne suffisent pas à décompacter les bords de planches sur l'itinéraire "planches permanentes".

Il n'est pas certain que le travail racinaire et les vers de terre soient suffisants pour faire évoluer favorablement cette situation à moyen et long terme. Les 3 grandes dents qui fractionnent cet horizon H6 sur 2 cm de large ont quand même l'avantage de créer des espaces dans lesquels se trouvent des grosses racines et les vers de terre, mais devront peut-être être modifiées (forme, positionnement latéral) ou utilisées différemment pour améliorer la structure de ces zones latérales.

CONCLUSION

Les intérêts principaux du travail en planche permanente sont la facilité de reprise des sols et le gain de temps sur les interventions de travail du sol (30% de gain en moyenne sur 4 ans).

L'observation de profils culturaux au cours du cycle de culture (en septembre) fait ressortir des états structuraux différents entre les deux itinéraires. Si la technique des planches permanentes génère un horizon superficiel très favorable, elle entraîne cependant des phénomènes de tassements latéraux assez importants et non ameublés par les pratiques actuelles. Cette approche nouvelle des pratiques de travail de sol est encore amenée à évoluer à partir des observations qui sont faites sur le terrain

Les résultats culturaux ne sont pas différents sur les quatre années de mise en place.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) DEVEYER L., DHELLEMMES G., ENNIQUE X., LAKOMY A., SOURD F. 2001 – Travail du sol en Agriculture biologique : Méthode classique/ Méthode Wenz-Mussler, ISARA/SERAIL, Lyon, France
- (2) RAFFIN R., NICAISE G., THOLLOT S., 2000 – Travailler superficiellement le sol, une voie d'expérimentation intéressante, CRARA, Lyon, France
- (3) SERAIL, ADABio, 2000 – 2005 – Comptes rendus d'essai
- (4) GAUTRONNEAU Y., MANICHON H. 1987 - Guide méthodique du profil cultural, <http://www.isara.fr/fr/profilcultural/default.htm>

LES PLANCHES PERMANENTES EN MARAICHAGE

Ulrich Schreier
Ecodyn
E-mail : ulrich.schreier@gmail.com

Des systèmes de planches permanentes ont accompagné l'homme depuis la nuit des temps et dans tous les coins du monde. Encore de nos jours l'on trouve chez certains maraîchers de vieilles installations de planches permanentes avec des passes pieds dallés.

Grâce au travail de Hans Kemink la planche permanente a connu un nouvel essor dans les pays germanophones. Les techniques et les outils qu'il a développés ont permis une mécanisation importante des différents travaux tout en respectant mieux la vie et de la structure du sol.

Aujourd'hui, avec une mécanisation de plus en plus intense et du matériel de plus en plus lourds, la planche permanente est de nouveau d'actualité. En France, cette approche s'est surtout développée dans la région de Nantes où plus de 80 % des surfaces maraîchères sont désormais cultivées de cette manière.

Exemples de planches permanentes au GAEC du "jardin du Temple"



NOUVEAUTE EN MARAICHAGE

Annick Taulet

Groupe de Recherche en Agriculture Biologique - Agroparc BP 1222

84911 Avignon cedex 9

E mail : taulet.grab@tiscali.fr

INTRODUCTION

L'équipe maraîchage du GRAB en partenariat avec les entreprises Truchet et l'Atelier du Val de Saône, propose depuis septembre 2005 un outil de travail du sol en Techniques Culturelles Simplifiées (TCS). Il permet de préparer le sol avant semis ou plantation, mais aussi d'entretenir la culture, de désherber, de butter...

1 MATERIEL DE TECHNIQUES CULTURALES SIMPLIFIEES EN MARAICHAGE

L'utilisation du MTCS maraîchage (Matériel de Techniques Culturelles Simplifiées en maraîchage) implique de travailler le sol en planches permanentes. Cette technique est encore peu répandue en France, contrairement à l'Allemagne où elle est plus courante. Il s'agit de réduire le compactage sur les zones cultivées des parcelles, en gardant toujours les mêmes passages de roues. Par conséquent, les passages de roues sont compactés mais pas la butte cultivée. La méthode vise à privilégier l'utilisation d'outils non animés par la prise de force. Le labour est proscrit afin d'éviter de mélanger les différentes couches du sol. Selon l'expérience de certains producteurs, la méthode améliore les caractéristiques physiques du sol dans la butte : structure, réchauffement, circulation de l'eau et des vers de terre.



Le MTCS maraîchage (Source GRAB)

Le « MTCS maraîchage » : Matériel de Techniques Culturelles Simplifiées en maraîchage, est un outil simple et polyvalent. Fortement inspiré du cadre porte-outil de Truchet, il est en plus complété par des disques étoiles utilisés généralement en désherbage. Cet outil innovant conçu à l'initiative du GRAB permet de travailler en planches permanentes. Sans

mise en œuvre de la prise de force, il permet de préparer le sol grâce à l'avancement du tracteur uniquement. Ce sont les disques étoiles au centre de l'outil qui effectuent le travail du sol. Cet outil est adaptable car il est possible de retirer des éléments et de pouvoir passer l'outil en cours de culture pour le désherbage, le buttage ou le nettoyage des passages de roues.

D'une façon plus détaillée, l'outil assure trois fonctions :

➤ L'entretien des passages de roues



Les éléments de côté pour le passage de roue (Source GRAB)

De chaque côté de l'outil une roue de terrage vient se loger derrière les roues du tracteur. Ces roues permettent de régler la profondeur de travail selon la technique du producteur mais aussi en fonction du sol et des conditions climatiques. Derrière les roues de terrage, un petit griffon composé de trois dents droites travaille le sol. Le but est de travailler – griffer le sol très superficiellement au niveau des passages de roues pour désherber. Les dents droites peuvent être remplacées par tous types de socs. Le griffon travaille uniquement le passage de roue et sa profondeur de travail est réglable.

➤ Le travail du sol



Les disques étoiles travaillent la butte sur 15 cm de profondeur (Source GRAB)

Le travail du sol se fait grâce à 2 rangées de disques étoiles portées par 2 parallélogrammes indépendants. Les parallélogrammes suivent les mouvements du sol. Leur résistance est contrôlée par 2 ressorts. Il est possible de rendre les parallélogrammes rigides en les bloquant au cadre par une barre et 2 goupilles. La rotation des disques étoiles se fait grâce à l'avancement du tracteur. Leur travail est donc étroitement lié à la vitesse d'avancement du tracteur et à leur angle d'inclinaison au sol. La vitesse de travail préconisée est de 6 à 8 km/h, ce qui permet de pulvériser la terre en surface. La première rangée d'étoile renvoie la

terre vers la gauche et la deuxième rangée vers la droite. La terre fait ainsi un mouvement de va et vient qui permet d'obtenir un travail assez fin. Le sol est travaillé par les étoiles sur une profondeur de 15 cm.

➤ Formation et finition de la butte



Les disques forment la butte, le rouleau finit le travail (Source GRAB)

Pour finir la formation de la butte, 2 disques avec décrotoir remontent la terre travaillée de chaque côté. La butte prend forme puis elle est légèrement tassée par un rouleau cage simple. Il permet, selon le sol, la culture (semis ou plantation), les pratiques et les attentes des producteurs, de tasser légèrement ou d'écraser le haut de la butte. Les réglages sont nombreux, rapides et simples. Selon le type de sol, il est possible d'envisager de remplacer le rouleau cage simple par un rouleau cage « à losange ».

➤ L'entretien des cultures et le buttage

Il faut réaliser quelques changements sur le MTCS pour l'utiliser en cours de culture. C'est-à-dire retirer le rouleau et certains disques étoiles. En effet, pour le désherbage et l'entretien de l'inter - rang (culture de choux, carottes, gros radis, lavandes...), une fois les distances entre rang repérées, il suffit de retirer des éléments étoiles, incliner moins agressivement les étoiles restantes sur les parallélogrammes et travailler l'inter - rang avec. Par ailleurs, il est possible d'adapter sur les parallélogrammes d'autres outils : socs à dents droites, pattes d'oie... Il est aussi envisageable de mettre des socs de buttage (pour les pommes de terre, les asperges...).

➤ Sécurité et consommation de carburant

La sécurité est améliorée par rapport à un outil de travail du sol classique grâce à l'absence de prise de force.

La consommation de carburant est réduite puisque que l'outil demande une faible puissance moteur : pas de prise de force et car la préparation du sol est réduite à un seul outil.

Certains producteurs s'intéressent à cette méthode de travail du sol depuis longtemps, en adaptant la méthode à leur exploitation et aussi à leurs moyens (sol, outils disponibles sur l'exploitation, cultures, compétences...). Dans le cadre d'un projet d'expérimentation, le GRAB et des stations d'expérimentations en France, testent cette méthode de travail du sol en maraîchage biologique. Les références actuelles se portent sur des essais réalisés en céréales ou en maraîchage conventionnel pour la plupart. Ce programme d'expérimentation

permettra d'obtenir des références en Agriculture Biologique, sur différents types de sols et dans différentes régions de France.

FILETS VERTICAUX CONTRE LES RAVAGEURS MARAICHERS

E. WYSS

*Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Suisse*

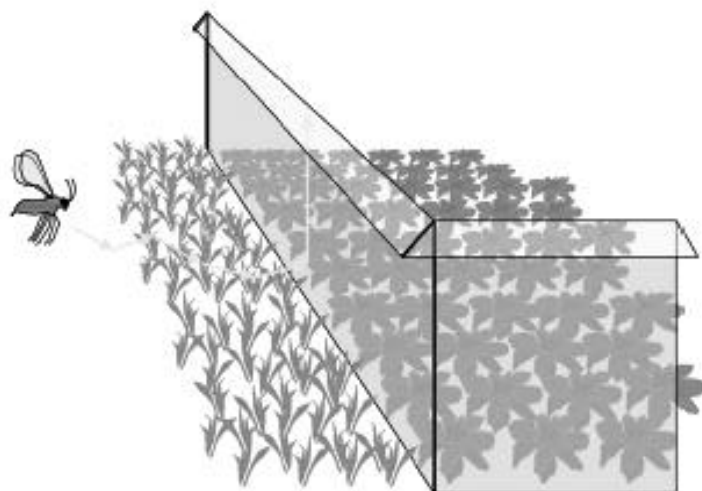
RESUME

De nombreux ravageurs des légumes, comme p. ex. la mouche de la carotte, la mouche du chou ou la cécidomyie du chou, font du rase-mottes: ils se déplacent dans la végétation ou très bas au-dessus d'elle. Des filets verticaux, véritables clôtures anti-insectes, permettent de les stopper à leur entrée dans les cultures. Pour la cécidomyie du chou, des essais sur grande surface en Suisse et en Allemagne ont démontré que les filets verticaux arrivent même à une efficacité équivalente aux insecticides. Depuis 2005 le filet vertical développé par l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL, Suisse) est commercialisé en Suisse, Allemagne et Autriche sous le nom FiBL-INSECTSTOP.

INTRODUCTION

Les filets de protection permettent de lutter contre divers ravageurs des cultures maraîchères biologiques, mais leur installation sur les cultures donne beaucoup de travail et peut favoriser certaines maladies. Il est aussi possible de traiter plusieurs fois avec des insecticides biologiques, mais c'est assez cher et non dépourvu d'effets secondaires indésirables sur les auxiliaires et les abeilles. Une nouvelle solution est proposée aux maraîchers: des filets verticaux, véritables clôtures anti-insectes.

Un groupe de chercheurs canadiens avait fait une observation importante: certains ravageurs des légumes comme p. ex. la mouche de la carotte ou la mouche du chou se répandent en volant sous la couverture protectrice de la culture ou juste en dessus d'elle. Si on dresse un obstacle sur leur route, et que cet obstacle ait un surplomb (cf. graphique 1 et photo 1), ces ravageurs restent coincés là, parce qu'ils essaient toujours de s'échapper vers le haut et en direction de la lumière. Ce groupe de recherche a mis à profit cette constatation pour repousser efficacement ces ravageurs hors des cultures en dressant des barrières verticales constituées de moustiquaires (VERNON & MACKENZIE 1998). À ce moment-là, cette idée n'avait pas trouvé grâce auprès des maraîchers professionnels parce que sa construction était très chère et pas encore techniquement au point.



Graphique 1: Mode d'action des filets verticaux (WYSS 2004).



Photo 1: Construction du FiBL-INSECTSTOP (Photo Winterling 2005).

Le FiBL a repris cette idée canadienne, et, à partir de 2002, nous avons testé nos propres prototypes de clôtures anti-insectes contre la cécidomyie du chou, la mouche de la carotte et la mouche du chou. En 2005, après 3 ans de développement en collaboration avec la société Andermatt Biocontrol AG (Grossdietwil, Suisse), un filet vertical a été commercialisé sous le nom FiBL-INSECTSTOP en Suisse, Allemagne et Autriche.

1 MATERIEL ET METHODES

1.1 Les filets verticaux

Le premier prototype était construit avec des fers à béton et des filets de protection RANTAI K. Les filets mesuraient 140cm de haut et le surplomb mesurait 25cm (angle 45°). Aujourd'hui, FiBL-INSECTSTOP est toujours construit avec des fers à béton, mais plus stable, et la qualité du filet (les mailles sont soudées) est bien plus ferme. Les filets installés mesurent 140cm de haut. La construction permet une installation facile, due au fait que les bordures du haut et du bas sont équipées d'œillets. À travers les œillets du haut, on peut fixer une corde pour tendre le filet vertical (cf. photo 2). Les œillets du bas servent à fixer et tendre le filet vers le bas (cf. photo 3), de façon à ce que le filet vertical soit bien dressé et forme un 1. Cette forme d'un 1 (surtout du surplomb) est très important pour le fonctionnement des filets verticaux. Il faut donc pendant l'installation des supports déjà bien tendre le filet (cf. photo 4). Les supports peuvent être normalement enfoncés en mettant son propre poids sur l'équerre en fer au bas du support (cf. photo 3 et 4) ; en cas de sol caillouteux, il faut les enfoncer avec un maillet.



Photo 2 : Fixation du haut du filet (Photo: Winterling 2005)

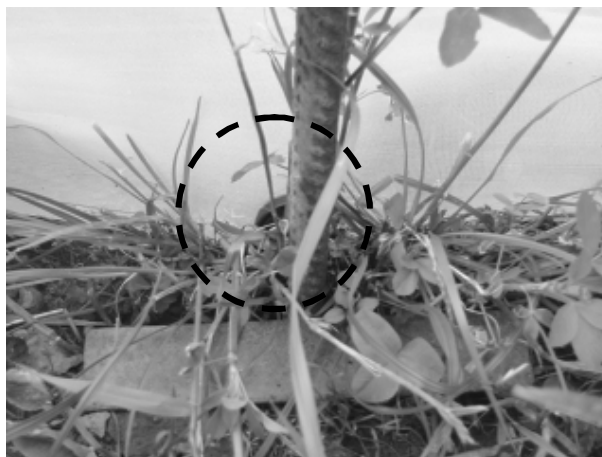


Photo 3 : Oeillet pour fixer le bas du filet (Photo: Winterling 2005)



Photo 4 : Mise en place du poteau final (Photo: Winterling 2005)

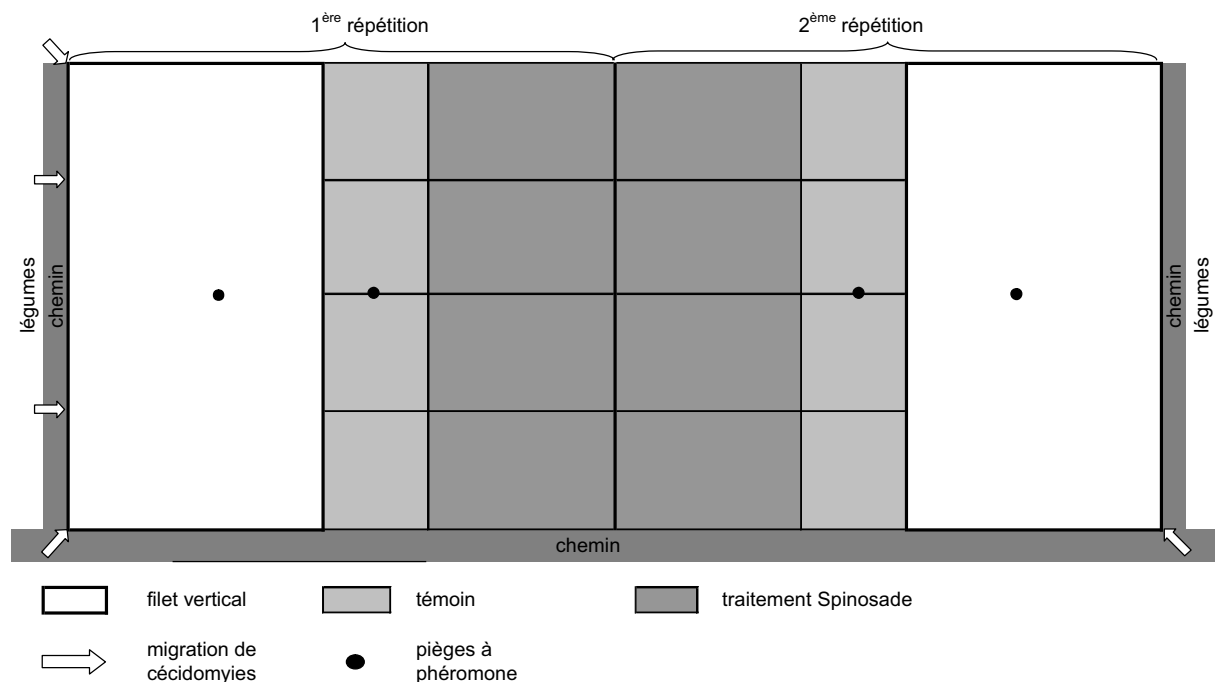


Photo 5 : Fixations au coin d'une clôture anti-insectes (Photo: Winterling 2005)

Pour avoir une bonne efficacité des filets contre les insectes, les coins des clôtures doivent être bien fermés, ce qui est facilement faisable avec les moyens de fixations (cf. photo 5).

1.2 Essais en champs

Pendant les quatre dernières années, tous les essais avec les filets verticaux ont été faits chez des producteurs maraîchers connus pour leurs problèmes avec la mouche de la carotte, mouche du chou et cécidomyie du chou. Au début de nos essais, les parcelles clôturées ne mesuraient que 225m² (15m x 15m), mais en 2004 et 2005 elles atteignaient 2500m² (50m x 50m). Pour tous les essais, les traitements (filets verticaux et souvent un traitement insecticide) furent répétés 4 fois, soit sur place ou à deux endroits différents (cf. graphique 2).

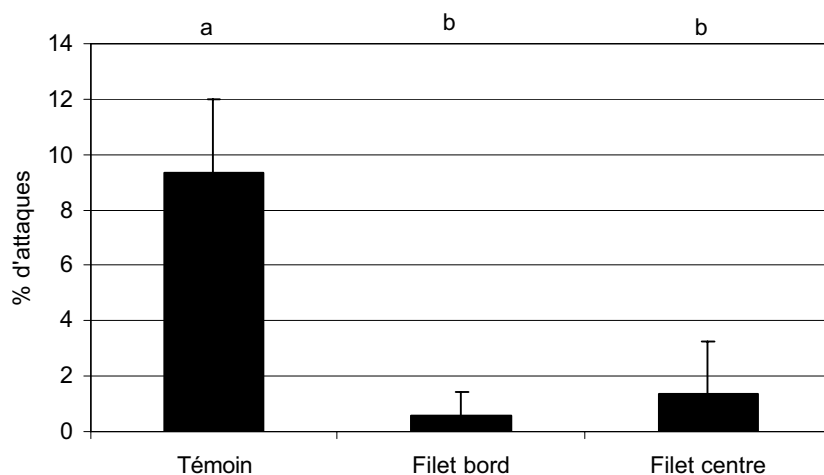


Graphique 2 : Mise en place d'un essai à deux répétitions contre la cécidomyie du chou en Suisse sur un champ de 3ha en 2005 (pas à l'échelle)

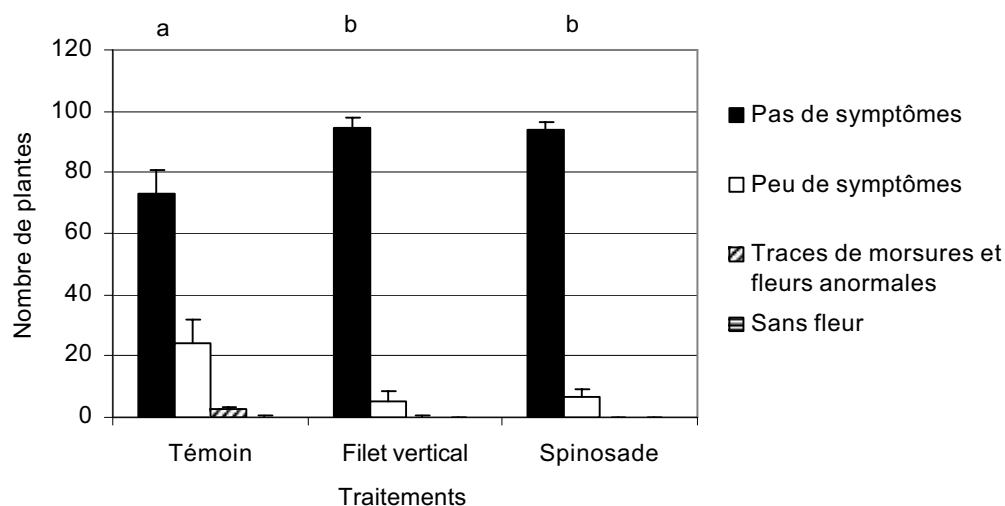
Nous avons aussi fait des essais pour connaître l'effet des filets installés en forme de U ou linéaires au cas où il s'agirait de retenir le vol de ravageurs (p. ex. cécidomyies) en provenance d'une source connue (p. ex. une parcelle infestée l'année précédente).

2 RESULTATS

Après avoir conduit en 2002 et 2003 des essais sur de petites surfaces qui ont donné de très bons résultats pour les filets verticaux soit pour la cécidomyie du chou ou pour la mouche de la carotte (cf. graphique 3), nous nous sommes demandés jusqu'à quel point ces clôtures anti-insectes sont à même de protéger de grandes zones (cf. graphique 4).



*Graphique 3: Soit au centre ou au bord, les filets verticaux ont permis de diminuer significativement les dégâts de la **mouche de la carotte** constatés sur des carottes prêtes à être récoltées en 2003 (statistique : Three-way ANOVA, $p < 0.001$; teste Tukey, $\alpha = 0.05$; traitements avec lettres différentes se différencient significativement). Ces parcelles ont été protégées par des filets installés en forme de U pour retenir le vol de la mouche de la carotte en provenance d'une source connue.*



*Graphique 4: Aussi bien les filets verticaux que l'insecticide spinosade ont permis de diminuer significativement les dégâts de la **cécidomyie du chou** constatés sur des brocolis et choux raves prêts à être récoltés en 2005 (statistique : Three-way ANOVA, $p < 0.001$; teste Tukey, $\alpha = 0.05$; traitements avec lettres différentes se différencient significativement)*

En outre, les essais pratiques ont révélé une autre utilisation possible de la clôture anti-insectes: cette barrière ne doit pas forcément entourer complètement la parcelle à protéger, mais on peut l'installer en forme de U ou même en forme linéaire s'il s'agit de retenir le vol de ravageurs (cécidomyie et mouche de la carotte) en provenance d'une source connue (p. ex. une parcelle infestée l'année précédente ou une haie/bord de forêt). Les premiers essais (cf. graphique 3) ont donné de bons résultats. Malgré une attaque assez faible de seulement 10 % dans les contrôles, les dégâts étaient significativement moins importants à l'intérieur des zones clôturées (environ 1 % de carottes attaquées). Cette dernière possibilité doit néanmoins encore être confirmée par d'autres essais.

3 DISCUSSION

Les différents essais depuis 2002 ont démontrés que les filets verticaux ont un potentiel pour limiter les dégâts créés par la mouche de la carotte, la cécidomyie du chou et la mouche du chou. Nous avons aussi fait des essais contre les cicadelles d'herbes aromatiques, contre *Napomyza gymnostoma* et contre les altises des crucifères mais sans succès. Il est important de savoir que ces clôtures ont un effet que contre les ravageurs qui se déplacent dans la végétation ou très bas au-dessus d'elle.

D'autres conclusions tirées des essais de 2002 à 2005 montrent que les clôtures anti-insectes présentent plusieurs avantages par rapport aux actuels filets de protection des cultures:

- pas besoin de disposer les filets sur l'ensemble de la surface cultivée;
- pas de modification du microclimat, donc moins de problèmes de maladies;
- moins de travail pour permettre p. ex. les travaux de désherbage, puisqu'il est assez simple d'ouvrir les filets aux deux bouts de la parcelle.

Le FIBL-INSECTSTOP doit encore être modifié au niveau des œillets pour la vente en 2006, mais autrement c'est un produit de haute valeur. L'installation d'un filet de 50m de long (c'est à cette longueur que le produit est vendu) dure 16 minutes à deux personnes, ce qui fait environs 2 heures à deux personnes pour clôturer une parcelle d'un hectare. Le démontage dure aussi longtemps. Le prix actuel est de 500 Euros pour 50 mètres. En cas de dimensions idéales des surfaces à clôturer (100m x 200m ou 50m x 100m) les coûts pour les filets verticaux sont moitié moins chers que les filets de protection des cultures.

REMERCIEMENTS

Avec nos remerciements aux collaborateurs de Biotta, à R. Etter, à R. Fasnacht, à F. Lorenz, à M. Lussi, à D. Schächtle, à Waas et à D. Hangartner qui ont gracieusement mis à disposition les surfaces d'essais, et aussi à la société Andermatt Biocontrol AG, qui a réalisé les filets.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

VERNON, R. S. & MACKENZIE, J. R. 1998 - The effect of exclusion fences on the colonization of rutabagas by cabbage flies (Diptera: Anthomyiidae). – The Canadian Entomologist 130: 153–162.

WYSS, E., 2004 - Insektenzäune gegen Gemüseschädlinge. Tagungsunterlagen „Ökumenisches Gartenbauseminar“ am 30.11.2004, Hesselberg.

WYSS, E. et C. DANIEL, 2004 - Die Wirksamkeit von Einflugbarrieren gegen die Besiedlung von Broccoli und Kohlrabi durch die Kohldrehherz gallmücke *Contarinia nasturtii* (Diptera: Cecidomyiidae). Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Giessen.

LA MOUCHE MINEUSE DU POIREAU (*PHYTOMYZA GYMNOSTOMA*) : BIOLOGIE ET LUTTE

Yves BOUCHERY
INRA, 28 rue de Herrlisheim
68021 Colmar cedex.

RESUME

Un nouveau ravageur du poireau est apparu en Alsace en 2003, depuis ses dégâts se sont étendus vers l'ouest. C'est une mouche mineuse (*Agromyzidae*). Tout son développement se fait sur des *Allium*, sauf le vol des adultes. L'espèce présente deux générations par an avec un repos hivernal et une estivation. L'article donne des indications pour identifier le ravageur et les dégâts et éviter les confusions avec d'autres déprédateurs, ainsi que des éléments de biologie. Des techniques de surveillance des vols des adultes sont données. Des méthodes de lutte donnant des indications sur la manière de briser le cycle biologique du ravageur sont proposées. Quelques réflexions sur les orientations de recherche qu'il faudrait mettre en œuvre pour élaborer des méthodes de lutte raisonnables sont exposées.

Mots clés : Agromyzide, poireau, cycle biologique, vol, lutte.

INTRODUCTION

Au mois de décembre 2003, l'INRA de Colmar a été sollicité par une agricultrice du Haut-Rhin qui avait observé sur sa culture de poireau des dégâts qu'elle n'avait jamais vus. Les échantillons transmis présentaient des attaques qui ne pouvaient pas être attribuées aux ravageurs habituellement connus sur poireau, du moins en France. En particulier, il était facile d'observer de nombreuses petites pupes demeurant dans des logettes, orientées verticalement et situées sur le fût des poireaux. Apparemment les dégâts étaient commis par un diptère, qui à l'évidence ne correspondait pas à un ravageur habituel du poireau. Aucune description des manuels de protection des plantes ne rapportait ce type de dégât.

La première démarche à entreprendre pour résoudre un problème phytosanitaire est d'identifier l'agresseur. Les recherches documentaires entreprises sur les ravageurs du poireau m'ont rapidement mis sur la piste d'un diptère *agromyzidae* signalé comme nuisible aux *Allium* dans de nombreux pays de l'est de l'Europe. Nous étions donc en présence d'un ravageur nouveau en France.

Dans la suite je donne les informations qui permettent d'identifier ce nouveau ravageur, puis j'indique les quelques données déjà connues sur cet ennemi des *Allium*. À partir des éléments de la biologie de ce ravageur j'essaie d'en déduire des orientations pour la lutte, enfin je dégagerai quelques perspectives.

1 IDENTIFICATION DE LA MOUCHE MINEUSE DU POIREAU

La famille des *Agromyzidae* est très abondante en espèces, leur détermination est difficile et nécessite l'examen des pièces génitales mâles. Les pupes présentes sur les poireaux attaqués ont été immédiatement récoltées et mises en élevage dans l'espoir d'obtenir des adultes. Par un heureux concours de circonstances les émergences d'adultes ont été très rapides et un des spécialistes mondiaux du groupe, Michel MARTINEZ, les a déterminés rapidement. Nous avons alors la certitude que le ravageur était bien *Phytomyza gymnostoma* (Bouchery et Martinez 2004). C'est sous ce nom que la mouche avait été

décrite par LOEW en 1858. C'est ce nom qui est taxinomiquement valide. Dans la littérature récente elle est cependant fréquemment nommée *Napomyza gymnostoma*.

Vivant, l'adulte est une petite mouche grisâtre mate d'environ 3 mm de longueur (photo 1). Les ailes hyalines dépassent largement l'abdomen, elles mesurent environ 2,8 mm de longueur chez le mâle et 3,5 mm chez la femelle. La tête est bien marquée de jaune. Les yeux sont bien séparés par un front de couleur jaune et la partie ventrale de l'abdomen est jaune, comme les balanciers (photo 2). Les pattes sont noires à l'exception des genoux qui sont jaunâtres.

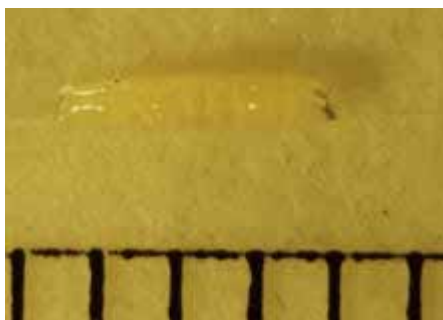


Photo 1 : Femelle fraîchement émergée sur une feuille de poireau



Photo 2 : Femelle montée sur minutie

La larve est un asticot de couleur jaune pâle (photo 3). Il est effilé vers la tête qui ne présente ni yeux ni capsule céphalique mais uniquement une paire de crochets de couleur sombre. La partie postérieure est large et munie d'une paire de stigmates. Ces caractères permettent aisément de ne pas les confondre avec des larves de lépidoptères. Sa taille au dernier stade larvaire est de 6 mm de long environ. Les larves vivent dans le parenchyme de la feuille, entre les deux épidermes, aussi faut-il disséquer les feuilles pour les observer. Elles se distinguent facilement de la larve de la mouche de l'oignon par l'absence d'ornements sur le dernier segment et aussi par leur taille avant la pupaison.



*Photo 3 : Larve de *P. gymnostoma* extraite des tissus foliaires. Échelle en millimètres*



Photo 4 : Pupa

Les pupes sont de couleur brun rougeâtre et d'une taille de 3,5 mm (photo 4). Les pupes se forment dans des logettes situées dans les tissus des feuilles où elles se conservent jusqu'à l'émergence des adultes. Elles ne peuvent pas être confondues avec les pupes de la mouche de l'oignon qui, elles, mesurent 6 à 7 mm de longueur, soit un volume environ 8 fois plus gros. De plus ces dernières ne sont pas dans les tissus végétaux mais dans le sol.

2 DEGATS ET INCIDENCE ECONOMIQUE

En 1976 Spencer indique l'espèce comme présente au Danemark, en Suède, en Pologne et en zone méditerranéenne. À partir de 1986 des attaques de *P. gymnostoma* sont signalées sur poireaux (*Allium porrum*), plante qui semble être la préférée de la mineuse et qui lui assure une bonne multiplication. Cette mouche mineuse devient, pour des raisons encore inexplicables, nuisible et ses dégâts se généralisent, d'abord dans l'est de l'Europe. La ciboulette (*A. schoenoprasum*) est aussi signalée comme un hôte très favorable multipliant bien la mouche. Des dégâts sur oignon (*A. cepa*) sont répertoriés en Allemagne et en Suisse. L'ail (*A. sativum*) et l'échalote (*A. ascalonicum*) sont aussi donnés comme plantes hôtes, sans que, pour le moment, de graves dégâts soient signalés. *P. gymnostoma* est une espèce qui est inféodée au genre *Allium* (famille des *Liliaceae*).

En France depuis la découverte en Alsace j'ai été informé d'attaques en Lorraine en Franche-Comté et probablement en Seine et Marne. Les observations de dégâts qui me sont parvenus proviennent de jardiniers amateurs et de petits producteurs.

Le tableau I donne les dates de signalement des dégâts dans différents pays européens. La Tchéquie, le Danemark, l'Espagne, la Suède la Finlande ainsi que la Turquie sont aussi atteints. Comme ravageur *P. gymnostoma* est donc depuis peu une espèce à vaste distribution européenne. En Alsace, les personnes qui ont cultivé et fourni les poireaux à Berrwiller et Otterswiller rapportent que ce type de dégât remonte à 3 années tandis qu'à Niedermorschwihr et Bischwihr, 2003 est la première année d'attaque significative. On peut raisonnablement penser que les premières attaques remontent au moins à 2001, ce qui est cohérent avec l'apparition signalée sur ciboulette dans le Land voisin de Baden-Württemberg en 1996. Le niveau de dégâts a augmenté depuis les premières années où *P. gymnostoma* a fait des dégâts sans être formellement identifiée.

Tableau I :

Date de signalement de dégâts dus à la mouche mineuse du poireau dans différents pays européens. (EPPO 2005)

Hongrie	1986
Croatie	1990
Slovaquie	1990
Serbie Monténégro	1992
Autriche	1994
Allemagne	1994
Slovénie	1994
Pologne	1997
Italie	1999
France	2003
Suisse	2003
Royaume-Uni	2003

Au printemps, les dégâts surviennent après le premier vol. Les poireaux en culture sont alors de petite taille, et quelques asticots suffisent à tuer une plante ; aussi assiste-t-on à un éclaircissage rapide et plus ou moins important des parcelles. En automne, les poireaux sont de plus grande taille et survivent même en hébergeant des populations importantes de larves. Les poireaux observés et disséqués ont été attaqués en fin d'été ; ils présentaient des mines creusées verticalement. Les asticots se nourrissent entre les deux épidermes d'une feuille en progressant du haut vers le bas. Les mines ne pourrissent pas, elles ont dans

certains cas un aspect propre de teinte blanchâtre due aux parois des cellules mortes (photo 5). Il arrive aussi que la coloration soit brun rose, bien visible sur la partie basale blanche des feuilles, coloration probablement due à l'action des polyphénoloxydases de la plante. Ce processus est totalement différent de celui de la mouche de l'oignon. La mouche de l'oignon *Delia antiqua* (Meigen) est un ravageur bien connu et fréquent sur les *Allium* cultivés. Ses larves se nourrissent des tissus des oignons et des poireaux, elles sont accompagnées d'agents microbiens qui provoquent une liquéfaction des tissus végétaux et une pourriture. À la fin de la croissance larvaire l'asticot quitte son hôte végétal pour aller se nymphoser dans le sol.

Chez *P. gymnostoma* les pupes se forment à la partie terminale de la mine dans une logette, qui parfois peut s'ouvrir latéralement avec la croissance du poireau (photo 6). Il est aussi courant d'observer de graves déformations de la plante. Les attaques à un stade jeune fragilisent la structure latérale des feuilles externes en croissance.



Photo 5 : Galerie à bordures blanchâtre. L'épiderme de la galerie peut éclater avec la croissance du poireau



Photo 6 : Pupa dans sa logette. Remarquer les bords brunis et écartés par la croissance

Au cours de la croissance des jeunes feuilles centrales qui nécessite l'augmentation de diamètre du fût, la fragilisation des feuilles externes provoque leur éclatement et des poussées latérales des feuilles centrales en croissance déstructurent complètement le plant (photo 7). Ce symptôme de désorganisation de la structure de la plante peut être confondu avec des attaques graves du nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*). Dans le cas d'attaque de nématode il n'y a pas de présence d'asticot ou de pupes. À l'éclatement des plantes, s'ajoute l'altération de la récolte par la présence de galeries colorées et de pupes (photo 8) sur plusieurs épaisseurs de feuilles externes du fût du poireau qui déprécient le produit. L'incidence économique et agronomique de ce nouveau ravageur est donc importante.



Photo 7 Poireau dont le fût a éclaté et dont les jeunes feuilles sont déformées



Photo 8 : Les pupes se forment à l'extrémité de galeries verticales faites par les larve

3 OBSERVATIONS EN ALSACE

L'observation initiale de cette espèce a été faite à Berrwiller, commune située dans l'arrondissement de Guebwiller (Haut-Rhin). En dehors de cette localisation, les 3 autres sites ci-dessous ont fait l'objet de prélèvements de poireaux, sans sélectionner particulièrement les plantes. Les dénombrements de pupes issus de ces échantillons sont donnés dans le tableau II.

Dans tous ces sites les poireaux étaient attaqués par cette mouche mineuse, bien qu'ils représentaient des zones différentes par leur latitude, leur altitude et leur environnement agricole. Ainsi, cette situation laisse supposer une répartition généralisée du ravageur dans la région. Tous les poireaux prélevés portaient au moins une pupa ce qui signifie que localement, au niveau de la parcelle, l'attaque était aussi généralisée. Comme le montre les valeurs élevées du coefficient de variation, le niveau d'attaque était variable d'une plante à l'autre. Si, exceptionnellement, quelques plants étaient peu touchés, l'attaque était forte et les dégâts importants comme le montrent les valeurs élevées (12,6 pour l'ensemble des échantillons) des moyennes de pupes par poireaux.

Après la dissection de chaque poireau, la terre sèche qui restait autour des plantes a été soigneusement examinée. Seules 11 pupes y ont été détectées, ce qui sur le total de 352 représente un pourcentage de 3,1 %. Ceci confirme que les pupes sont essentiellement conservées dans les tissus des plantes. Le faible pourcentage de pupes récoltées dans le sol peut s'expliquer facilement par la chute de quelques pupes fixées sur des feuilles externes très endommagées et desséchées.

Tableau II : Nombre de pupes de la mouche mineuse du poireau sur les quatre sites de prélèvements en Alsace, pendant l'hiver 2003-2004

Lieux	Nombre moyen de pupes	Coefficient de variation	Nombre de poireaux disséqués	Nombre minimum de pupes	Nombre maximum de pupes
Berrwiller (68)	14,4	79,6	12	3	36
Bischwihr (68)	5,7	79,6	3	1	10
Niedermorschwihr (68)	11,3	63,2	7	2	22
Otterswiller (67)	14,4	69,5	5	2	25
Total	12,6	76,2	27		

4 BIOLOGIE DU RAVAGEUR

P. gymnostoma passe l'hiver sous forme de pupes fixées dans les tissus de ses plantes hôtes. En début d'année, les adultes, qui sont issus de la dernière génération de l'année précédente émergent des pupes. Les diptères de ce groupe, les *Schizophora*, sont pourvus d'un *ptilinum*. Cet organe qui est fonctionnel au moment de l'émergence de l'adulte est un petit sac qui peut se dévagner par un orifice qui s'ouvre sur le front de l'animal et lui permet ainsi de sortir de sa puppe puis du milieu solide, ici la plante hôte dans lequel il se trouve, par une série de dévagnations-invagnations. Cette fonctionnalité disparaît après l'émergence. En condition d'élevage, l'accouplement a lieu moins de deux jours après l'émergence. Les femelles se positionnent sur les feuilles d'*Allium*, la tête vers le bas, et elles incisent alors les feuilles avec leur ovipositeur (fig. 9). Les incisions, ou piqûres nutritionnelles, sont alignées suivant l'axe vertical de la feuille et disposées régulièrement (fig. 10). Dans les 24 heures qui suivent apparaissent des files de taches décolorées jaunâtres. Ces incisions peuvent être très nombreuses. Une gouttelette de suc végétal perle au niveau des incisions ; ces exudations sont léchées par les adultes, femelles et mâles. Ce comportement, bien connu chez les mouches mineuses, sert d'une part à la reconnaissance et à la sélection de la plante hôte et d'autre part, à la nourriture des adultes.

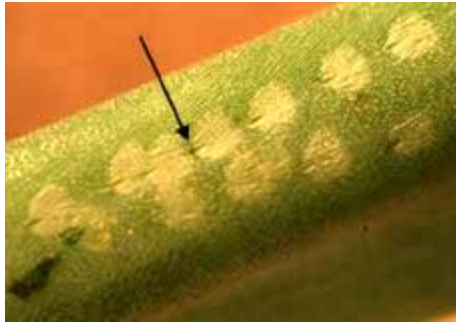


Photo 9 Piqûres nutritionnelles sur feuille d'oignon. La flèche indique l'incision faite par l'ovipositeur de la femelle.



Photo 10 : Piqûres nutritionnelles régulièrement alignées sur feuille de poireau

Les œufs, point de départ de la première génération de l'année, sont insérés dans les tissus des feuilles. Après l'éclosion, les jeunes asticots s'alimentent en minant l'espace inter épidermique des feuilles. Les galeries sont plutôt rectilignes et orientées vers la base de la feuille. À la fin du dernier stade l'asticot se nymphose à l'extrémité de sa galerie. Dans la nature le vol des adultes de la génération hivernante survient en fin d'hiver. Les premiers vols observés s'échelonnent de la mi-mars en Vénétie julienne (Coceano 2003) et 20 mars en Slovénie (Seljak 1998) à la mi-avril en Pologne (Sionek 1999) et en Autriche (Kahrer 1999).

À Colmar, du matériel récolté le 15 décembre 2003 et maintenu au laboratoire, a donné des éclosions significatives dès le 6 janvier 2004. On peut raisonnablement penser que si les pupes hivernantes ont une diapause, celle-ci est déjà levée, au moins partiellement, à la mi-décembre.

Les émergences d'adultes au printemps sont certainement tributaires des conditions de température. Les observations faites par Kahrer (1999) montrent que les besoins en température sont plus élevés, pour des pupes mises le 3 avril à température constante supérieure au seuil de développement, que pour celles mises le 27 février, soit 35 jours auparavant. Cela laisse présager que l'établissement d'un modèle d'émergence fondé sur les températures ne sera pas simple à mettre au point.

L'ensemble des auteurs constate que les adultes sont absents pendant le printemps et le début de l'été, il en déduit qu'il y a une période d'estivation, c'est-à-dire un arrêt de développement à la saison chaude. La régulation de ce mécanisme n'est pas entièrement connue. Kahrer montre un effet de la photopériode sur la durée de développement larvaire, les jours courts assurant une vitesse de développement larvaire plus rapide que les jours longs. Ceci pourrait expliquer en partie ce phénomène d'estivation. Les ailés de la première génération n'émergent qu'en fin d'été, début d'automne. Le processus de développement de la deuxième génération est le même que celui de la première. En Alsace, à la mi-décembre, ce n'est que très exceptionnellement que des larves encore mobiles en fin de développement ont été observées. À cette période, la nymphose était alors quasiment terminée et les pupes prêtes à passer l'hiver. Les adultes de cette deuxième génération émergent l'année suivante.

5 METHODE DE LUTTE

À ma connaissance, depuis la mise en évidence du caractère ravageur de *P. gymnostoma* aucune opération de recherche systématique n'a été entreprise en France, contrairement à l'Italie ou au Royaume-Uni. Sans observations précises il est difficile de proposer des solutions sûres. Les pistes proposées ici se dégagent des informations recueillies dans la littérature et de quelques éléments obtenus auprès de techniciens et d'observations ponctuelles.

Ce qui caractérise ce ravageur est qu'il semble entièrement inféodé aux *Allium* pour toutes les phases de son cycle. L'absence d'*Allium* dans un espace suffisamment vaste pendant une partie du cycle élimine le ravageur. Ce raisonnement semble confirmé par le fait que tous les dégâts qui m'ont été signalés en France l'ont toujours été chez des jardiniers amateurs ou de petits producteurs qui ne disposent que de petites surfaces avec souvent des cultures en mélanges. On peut donc recommander, en cas d'attaques récurrentes de récolter ce qui est récoltable et d'éliminer tous les résidus végétaux pour toutes les espèces d'*Allium* cultivées dans le même milieu. En cas d'élimination au stade pupe il est impératif de s'assurer que celles-ci soient détruites ou que l'adulte ne puisse pas émerger. La faculté des jeunes adultes, grâce à leur *ptilinum*, de se déplacer dans des milieux solides est importante. En cas d'enfouissement ceux-ci doivent être profonds et il est préférable de bâcher soigneusement les composts.

La pratique d'une rotation assurant l'exclusion des *Allium* sur une surface la plus vaste possible est aussi un facteur de limitation des dégâts. Ces techniques permettent de réduire la pression d'attaque des adultes.

Des essais de cultures de poireau seul ou en mélange avec carotte, trèfle ou haricot réalisé par Legutowska et Klepacka (2001) n'ont pas mis en évidence de combinaisons plus intéressante que la monoculture.

P. gymnostoma ne présente que deux générations par an. A partir de mes observations préliminaires il semble que les périodes de vol des adultes soient assez courtes. Cette propriété biologique peut être mise à profit pour limiter les dégâts. Une solution consiste à couvrir les cultures avec un filet afin d'empêcher les adultes d'accéder aux feuilles. Une maille de 0,8 mm est efficace. Il est aussi possible de gérer les dates de semis pour qu'il n'y ait pas de présence de feuilles pendant le vol des adultes. Une troisième méthode possible est de faucher les poireaux dès que la ponte a eu lieu. Ainsi les œufs ou les jeunes larves sont mis dans l'impossibilité de se développer et sont éliminés. Les poireaux peuvent alors reformer des jeunes feuilles indemnes de ravageur.

L'utilisation d'insecticides type pyrèthre ou roténone paraît a priori peu pertinente. La faible rémanence de ces produits rend peu probable une bonne coïncidence spatio-temporelle avec les mouches adultes dont la présence sur la plante est brève.

Il apparaît clairement qu'un des points clé de la maîtrise du ravageur est une bonne connaissance des dates de vol des adultes. Dans l'immédiat deux méthodes faciles à mettre en œuvre sont disponibles. 1) Il faut mettre en place des cages finement grillagées dans des conditions climatiques le plus proche possible des parcelles cultivées. Il suffit alors d'y déposer des *Allium* attaqués par *P. gymnostoma* et de les observer régulièrement pour surveiller l'émergence des adultes. Cette méthode classique en entomologie agricole a déjà été utilisée en Alsace et elle a montré son intérêt. 2) L'autre technique consiste à déduire la présence des adultes à partir de leurs piqûres nutritionnelles. Il suffit d'observer régulièrement des *Allium*, les poireaux se prêtent bien à ces observations mais la ciboulette est aussi très commode à utiliser car les piqûres nutritionnelles y sont bien visibles et les plantes sont de manipulations aisées. Cette dernière méthode, très simple à mettre en œuvre, présente sur la précédente le désavantage de donner une information plus tardive de quelques jours.

6 LES ETUDES UTILES A ENTREPRENDRE

La mise au point d'une stratégie de lutte efficace et respectueuse de l'environnement ne peut s'élaborer qu'en tenant compte de la biologie du ravageur. Plusieurs auteurs ont déjà acquis des données intéressantes, dans ce sens, mais de nombreux points restent obscurs. Aussi, la logique serait, parallèlement à des essais agronomiques, d'entreprendre des recherches sur *P. gymnostoma* afin de préciser certains aspects de son cycle, de son comportement et de sa dynamique des populations. Cela pourrait se faire en étudiant particulièrement :

- **Le vol**

La connaissance des périodes de vol des adultes de la génération hivernante, ainsi que celles de la première génération est déterminante pour aménager la lutte. Deux approches sont à envisager. Nous avons vu précédemment deux méthodes immédiatement utilisables mais assez lourdes à mettre en œuvre. Classiquement en entomologie on utilise des techniques de piégeage pour étudier les vols. Coceano et Pizza (2003) ont initié des études utilisant différents modes de piégeage, pièges colorés, pièges à aspiration etc. Il serait très utile de développer ces études sur le plan méthodologique pour pouvoir élaborer la technique la plus efficace en relation avec sa signification biologique. Le développement de tels outils est aussi un préalable à des études sur la dispersion spatiale de l'espèce. Ces informations sont importantes d'un point de vue pratique car elles permettent de définir de manière fondée les systèmes de rotations et d'isolement des parcelles.

- **Les arrêts de développement**

L'espèce présente un arrêt de développement hivernal et une estivation. L'étude des mécanismes d'enclenchement et de levée de ces arrêts de développement, probablement en liaison avec des facteurs de l'environnement comme les températures et la photopériode, permettrait peut-être d'établir des prévisions de vols à partir de données météorologiques. La compréhension des mécanismes de régulation du cycle annuel permettrait de réaliser un élevage permanent au laboratoire. La disposition d'un tel outil est importante pour faciliter les études sur un insecte.

- **Le comportement de nutrition et de ponte**

Les piqûres nutritionnelles précèdent la ponte. Une bonne connaissance de cette phase permettrait, par des observations simples, d'apporter des informations sur le comportement de l'insecte et ses relations avec la plante. L'étude de ces interactions en relation avec les substances naturelles de la plante est un préalable à l'utilisation de sémiocimiques pour lutter contre cette mouche mineuse.

- **Les ennemis naturels (parasitoïdes ou prédateurs)**

Les *agromyzidae* sont les hôtes de nombreux parasitoïdes, principalement des hyménoptères et *P. gymnostoma* ne fait pas exception à la règle. Spasic et Mihajlovic (1997) ont observé, en Serbie, une absence de parasitisme pendant les deux premières années de l'attaque de la mouche. La troisième année *P. gymnostoma* était faiblement parasité par un hyménoptère *Chalcidoidea* de la famille des *Pteromalidae* : *Halticoptera circulus*. La quatrième année le parasitisme atteignait 23 %. La lutte biologique à l'aide d'hyménoptères parasitoïdes est utilisée avec succès contre certaines espèces de *Liriomyza* et on peut penser qu'une étude des ennemis naturels offrirait des perspectives de lutte biologique contre cette mouche mineuse des poireaux. À plus brève échéance, la connaissance de ces ennemis naturels permettrait d'orienter les stratégies de lutte, afin de ne pas éliminer ces précieux auxiliaires et dans la mesure du possible les favoriser.

CONCLUSION

La mouche mineuse des poireaux, nouveau ravageur en France fait des dégâts importants sur les *Allium* cultivés, principalement le poireau, l'oignon et la ciboulette. Ces dommages ont d'abord été observés sur poireaux en Alsace et elle est actuellement présente dans une grande partie de l'est de la France.

Le passage de *Phytomyza gymnostoma* Loew du statut de diptère de la flore sauvage à celui de ravageur important des *Allium* cultivé est un phénomène intéressant et, pour l'instant, sans explication qui mériterait d'être étudié de manière approfondie d'un point de vue épidémiologique. Dans l'état actuel des choses, il serait bien hasardeux de faire des pronostiques sur l'évolution du caractère ravageur de cette mouche. Par le passé d'autres *Agromyzidae* ont été des ravageurs importants puis sont devenus anecdotiques. Néanmoins il paraît prudent d'entreprendre des études permettant de comprendre mieux la biologie de *P. gymnostoma*. Les connaissances biologiques sont la base d'une lutte raisonnable.

L'auteur serait reconnaissant d'être informé des observations de terrain concernant cette mouche mineuse.

Toutes les photos sont de Y. Bouchery, INRA Colmar

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUCHERY Y., MARTINEZ M., 2004 – Un nouvel ennemi des *Allium* en France La mouche mineuse du poireau *Phytomyza gymnostoma*. *Phytoma la défense des végétaux*, n°574, 5-7.

COCEANO P., PIZZA E., 2003 – Mosca minatrice del porro 1 Esperienze di monitoraggio 2002/2003 in Friuli Venezia Giulia. *Notiziario Ersa*, n°4, 45-48.

KAHRER A., 1999 – Biology and control of the leek minig fly, *Napomyza gymnostoma*. *Integrated control in field vegetable crops, IOBC Bulletin*, n°22(5), 205-211.

LEGUTOWSKA H., KLEPACKA K., 2001 – Leek intercropped with different plant varieties and occurrences of injurious fauna. *Progress in plant protection*, (en polonais) n°41 (2), 544-547.

SELJAK G., 1998 – Das Massenaufreten der Porreminierfliege [*Napomyza gymnostoma* (Loew) – Diptera, *Agromyzidae*] in Slowenien. *Research Reports, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana*, n°71, 29-37.

SIONEK R., 1999 – Effect of leek planting dates on damage to plants by spring generation of the leek leaf miner (*Napomyza gymnostoma*). (en polonais). *Progress in plant protection*, n°3 (2), 500-502.

SPASIC R., MIHAJLOVIC L. J., – 1997 – *Napomyza gymnostoma* Loew – A pest on bulbed vegetables in serbia and its parasitoids. *ANPP – Fourth international conference on pests in agriculture Montpellier 6-7-8 january 1997*, 549-552.

SPENCER K. A., 1976 –The *Agromyzidae* (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna entomologica Scandinavica*, n°5, (2), 305-606.

ARBORICULTURE

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.

1 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.

2 ROLE

Comme le mentionne Boullard (1968) des effets bénéfiques de la symbiose mycorhizienne ont été observés dès le début du 20^{ième} 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 abondant 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.

3 LE POTENTIEL INFECTIEUX MYCORHIZOGENE 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 culturaux. 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.

4 LA DEPENDANCE 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-évolués 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).

5 LA FERTILISATION PHOSPHATEE EQUIVALENTE A LA MYCORHIZATION

La fertilisation, qui consiste à apporter au sol un élément chimique sous forme organique ou minéral, 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).

6 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 km.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 extraracinaire 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 CO₂ 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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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
- Bialeski, 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. Clarckson. 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 vesivular-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 avilability : 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. ^{31}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. Bethenfalvay 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 mycorhization 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 Mycorhizes. Hanbuch der Pflanzenanatomie. Gebruder Borntraeger, Berlin et stuttgart.
- Strullu, D. G., Perrin, R., Plenchette, C. & Garbaye, J. 1991. Les mycorhizes 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.

LA CONDUITE D'UNE PLANTATION DE FRUITS ROUGES EN AB

Jean-Luc PETIT
Consultant indépendant
Chemin Pimayon - 04100 Manosque
Tél : 04 92 78 53 19 E-mail : jlpetit.arbo-bio@wanadoo.fr

INTRODUCTION

La culture de framboisier, de cassissier, de groseillier et de mûrier demande une main-d'œuvre importante. Les travaux sont peu mécanisables, sauf dans le cas d'exploitation très spécialisée et orientée uniquement vers la transformation, comme en cassis (pour amortir une machine à ramasser, il faut environ 30 hectares).

Les parcelles choisies pour la culture des petits fruits doivent être protégée du vent et des gelées printanières.

Il n'y a pas de verrous techniques pour la conduite en agriculture biologique d'une plantation de fruits rouges.

En ce qui concerne la protection phytosanitaire, la framboise demande le plus d'attention. La conduite du mûrier est proche du framboisier mais plus facile. Le cassis et la groseille présente peu de problèmes.

1 L'ALTERNATIVE AU DESHERBAGE CHIMIQUE

Le plus difficile est la maîtrise de l'herbe sur le rang. Le binage étant lourd en temps et rébarbatif, la technique du mulch (ou paillis) est la plus efficace contre les mauvaises herbes.

Elle était pratiquée avant l'ère des herbicides. Plusieurs études ont démontré les avantages de cette pratique. Le paillage garde l'humidité, réduit les fluctuations de température au sol, contrôle les mauvaises herbes et accroît les rendements, la grosseur des fruits, la hauteur des tiges, le nombre de tiges et la survie des plants. Elle retarde toutefois légèrement la maturité des fruits.

Attention elle entretient l'humidité, elle est donc un facteur de sensibilité aux maladies.

Le matériau le plus souvent utilisé est la paille, mais d'autres matériaux sont possibles : les feuilles des arbres, les résidus de raisin, les pailles de distillerie, le vieux foin, les copeaux de bois partiellement compostés, le bois raméal fragmenté...

La présence d'écorce de certains arbres peut nuire en raison des tanins et des phénols.

Le plastique noir peut être utilisé, mais il empêche la pénétration de l'eau et les problèmes de recyclage en font un matériau peu écologique.

Il est préférable d'utiliser les paillages plastiques tissés.

Sur l'inter-rang, vous avez le choix entre l'enherbement ou le sol nu. La décision est à prendre en fonction du type de sol, de la pluviométrie, du système d'irrigation et des passages d'engins.

L'enherbement est conseillé pour éviter le tassement des passages du tracteur. Pour les petites surfaces, la tonte se réalise par une tondeuse ou une débroussailleuse.

Le sol nu permet, dans les sols séchants ou les plantations sans arrosage, d'entretenir l'humidité, mais facilite le tassement et l'érosion.

Tout travail de sol doit être assez superficiel à l'approche du système racinaire du framboisier.

2 L'IRRIGATION

Elle est obligatoire dans la plupart des régions et primordiale à la formation des fruits au stade " nouaison". Elle a une influence sur le grossissement du fruit et donc sur le rendement de la plantation.

L'aspersion sur frondaison, l'aspersion sous frondaison et le goutte à goutte sont les trois possibilités.

L'avantage de l'aspersion sur frondaison est la lutte antigel et d'humidifier le feuillage en période très sèche.

L'aspersion sous frondaison permet aussi d'effectuer une lutte antigel et de moins humidifier les plants lors des arrosages printaniers et estivaux. Mais l'installation est plus coûteuse.

Le goutte-à-goutte est à choisir dans le cas où les ressources en eau sont faibles, il est aussi le moins onéreux.

3 LA FUMURE

La fumure d'avant plantation est essentielle et indispensable dans la plupart des types de sol, elle conditionne la réussite de la plantation et sa pérennité.

La fumure d'entretien vise à maintenir le taux de matière organique du sol et à nourrir régulièrement la plantation. Elle est raisonnée par l'analyse de sol, le comportement des framboisiers (comme la longueur des pousses, la coloration du feuillage), la qualité de la fructification et le rendement.

L'apport d'humus stable améliore la texture et la structure du sol. Elle libère les éléments minéraux et les oligo-éléments présents dans le sol, souvent non disponibles par les plantes.

L'apport d'oligo-éléments est nécessaire suivant les carences observées.

Le bore, le calcium, le zinc et le manganèse sont à surveiller.

Il est souvent nécessaire dans les sols froids ou lors de printemps froids d'effectuer un apport, au débourrement de la végétation, d'une matière organique azotée.

4 LE FRAMBOISIER

Le framboisier peut se planter dans tous les types de sols, mais il préfère les sols profonds, fertiles, légers, frais et humifères.

Choisir des emplacements gardant une certaine fraîcheur l'été si possible.

Éviter absolument les sols lourds, compacts et hydromorphes, mais aussi les sols trop séchant en raison du système racinaire du framboisier qui est superficiel et donc sensible à la sécheresse.

Un pH de 6 à 6,5 est l'idéal.

Le chaulage sera obligatoire dans les plantations au pH en dessous de 5 %. Et les terres au pH supérieur à 7,5 poseront des problèmes de chlorose, il faudra avoir des pratiques culturales acidifiantes (engrais vert, travail du sol, poudrage de soufre....).

Le framboisier est gourmand en fertilisant organique, en azote, en potasse et magnésium.

Selon les variétés de framboisier on peut trouver deux types de fructification : la première est dite non remontante et la deuxième remontante (ou bifère).

Les variétés non remontantes fructifient sur les pousses de l'année précédente qui par la suite dessèchent.

Les variétés remontantes peuvent produire deux fois, mais il est préférable de les faire produire une seule fois en fin d'été. On obtient une meilleure qualité.

La conduite en haie est le système le plus répandu pour les variétés non remontantes. Laisser en moyenne 10 cannes à fruit au mètre linéaire.

Attacher les cannes fruitières avec des liens biodégradables.

La conduite sur treillis le système le plus simple, surtout pour les variétés remontantes. Tendre une grille (ou grillage à maillons fins) à 0,90 m du sol et d'une largeur d'environ 0,50 m.

Ce système donne une très bonne aération et ne demande pas d'attache.

Pour réduire le nombre de cannes, il suffit de faucher les deux cotés de la ligne.

5 LE CASSISSIER

Le cassissier est une plante peu exigeante. Dans le cas d'une plantation exposée au sud, choisissez une parcelle semi-ombragée, et inversement une parcelle ouverte, dégagée d'ombrage pour une exposition au nord. Les gelées printanières sont à craindre.

Le cassissier préfère les sols argilo-siliceux ou argilo-calcaires, mais les sols riches en calcaire expriment plus les parfums et les arômes.

Dans les sols ayant un pH de 6 -6,5 le rendement est meilleur, par contre avec un pH 7 -7,5 c'est la qualité qui est meilleure.

La conduite en touffe ouverte ou buisson est la plus utilisée et la plus simple. Cette forme est adaptée à la basitonie naturelle du cassissier.

6 LE GROSEILLIER A GRAPPES ET A MAQUEREAUX

Le groseillier est une plante très rustique qui aime les froids hivernaux mais il craint le gel printanier. Il faut adapter vos variétés en fonction de la situation gélive de votre parcelle. Les risques sont à prendre en considération au-dessus de 600 m.

Le groseillier à maquereaux n'aime pas les situations ensoleillées. Planter votre culture dans des parcelles ombragées.

Les groseilliers à grappes et à maquereaux sont peu exigeants en eau, éviter les sols peu ou pas filtrants et surtout hydromorphes.

Ils aiment les sols profonds, silico-argileux et riche en humus. Éviter les sols calcaires et trop humides.

La conduite en buisson est la plus répandue comme pour le cassis. Elle est la moins coûteuse.

7 LE MURIER

Le mûrier craint le froid et l'humidité, il supporte la sécheresse et les chaleurs estivales. En situation froide, attention aux gelées hivernales.

Le mûrier aime les terrains sains et les sols riches en matière organique. Éviter les sols trop acides (pH inférieur à 5,5).

La conduite en buisson est déconseillée, le palissage est obligatoire.

8 PHYTOTHERAPIE ET PROTECTION PHYTOSANITAIRE

En agriculture biologique, la prévention phytosanitaire est la clé de voûte de la réussite de la culture.

Il est indispensable de réaliser des traitements phytosanitaires pour obtenir des fruits de qualité et une pérennité de la plantation.

Pour réduire les problèmes phytosanitaires :

- Penser à drainer la parcelle.
- Éviter les passages d'engins et le piétinement lors de la cueillette quand le sol est humide.
- Garder une bonne aération et éclairage de la culture.
- Modérer les apports d'azote.
- Éviter un environnement confiné et humide.
- Observer la flore environnante de la parcelle (par exemple les ronces sont souvent des plantes relais pour les maladies et les ravageurs).
- Implanter des bandes florales et des plantes hôtes pour attirer et abriter les prédateurs.

Pour ce dernier point, je prendrai l'exemple d'une plantation de fruits rouges en Provence où en collaboration avec le couple de producteurs, nous avons implanté différentes espèces.

- Des bandes fleuries (cosmos, zinnia, eschscholtzia, souci et centaurée), elles accueillent les prédateurs par leur fourniture de nectar et de pollen et en plus c'est joli. Elles sont réparties dans la plantation.

- Des plantes répulsives comme la tanaïs et l'absinthe, elles sont implantées en bout de rang.

- Et enfin des plantes pour les préparations phytothérapeutiques réalisées sur l'exploitation : grande consoude, absinthe, tanaïs, oignon, ail et pyrèthre.

Elles sont aussi souvent implantées en bout de rang.

- L'ortie, la prêle et la fougère sont prélevées autour de la ferme.

9 QUELQUES EXEMPLES DE LUTTE A L'AIDE DE LA PHYTOTHERAPIE

9.1 Pour le framboisier

Pourriture grise *botrytis cinerea*

Traitement avec une décoction de prêle, avant et après floraison (en jours "feuilles" avant floraison et jours "fruits" après la floraison).

Arrosage des plantes avec un purin de pelure d'oignon.

Et implantation de l'oignon et de l'ail près de la culture.

Vers des framboises *byturus tomentosus*

Traitement le soir (même à la nuit), avec une préparation « maison » à base de pyrèthre.

Le petit puceron des framboisiers *aphis idaei*

Le grand puceron des framboisiers *amphorophora idaei*

Idem byturus, préparation « maison » à base de pyrèthre

Anthonyme *anthonomus rubi*

Ajout de feuilles de Fougère dans le mulch printanier.

Et infusion de Tanaisie après la récolte.

9.2 Pour le cassissier et le groseillier

Oïdium américain *sphaerotheca mors-uvae*

La maladie la plus grave sur cassissier.

La décoction de prêle et la décoction de tanaisie aide à freiner l'oïdium.

Rouille *cronartium ribicola*

Implantation de l'absinthe à proximité de la plantation.

Anthracnose *drepanopeziza ribis*

Traitement avec une décoction de prêle additionnée d'un purin d'ortie dès le stade C3-D.

Phytopte *eriophyes ribis*

Cet acarien vermiforme et blanc est le vecteur de la réversion du cassis. Il est souvent responsable de coulure à la formation des fruits.

Terpène de pin et si les dégâts deviennent importants, il faudra intervenir avec le pyrèthre.

Cécidomyie des feuilles *dasyneura tetensi*

Pyrèthre maison

Sésie *synanthedon tipuliformis*

Traitement avec une infusion de tanaisie juste après la récolte.

Les préparations phytothérapeutiques appliquées sont uniquement d'origine végétale : ce sont les plantes médicinales qui sont utilisées depuis l'Antiquité.

La phytothérapie est d'un secours précieux contre la lutte contre les maladies et les ravageurs et elle procure une autonomie de la ferme vis à vis de produits phytosanitaires achetés dans le commerce.

La phytothérapie et l'agriculture biologique vont de pair, la vertu des plantes permettra à l'agriculture biologique d'être encore plus crédible.

Un des principes de base de l'agriculture biologique est de ne pas perturber les équilibres naturels par des interventions brutales. Lorsque nous utilisons des produits à base de plantes, en préventif ou pour faire face à une attaque subite, nous appliquons ce principe.

Les substances des plantes sont d'origine naturelle, elles se décomposent rapidement sans laisser de résidus. De ce fait, elles ne polluent pas l'environnement.

CONNAISSANCES ET EXPERIENCES SUR LE SYSTEME SANDWICH

*Jean-Luc Tschabold, FiBL
Service de conseil du FiBL
+41 21 802 53 65 ou +41 79 352 62 93.
E-mail : Jean-luc.tschabold@fibl.org*

INTRODUCTION

En arboriculture biologique, la gestion du sol sur la ligne des arbres représente un défi continu. Les méthodes vont du simple fauchage au travail mécanique du sol. Chacune de ces techniques a ses avantages et ses inconvénients. Après cinq années d'essais, un système moderne qui répond aux multiples besoins du sol et des plantes a été mis au point: il s'agit du système Sandwich.

1 LE TRAVAIL INTENSIF DU SOL SUR LA LIGNE : AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Les porte-greffes utilisés actuellement supportent mal la concurrence de l'enherbement, ce qui conduit à effectuer un travail intensif du sol. Ce travail intensif présente les avantages suivants:

limitation des dégâts de rongeurs, limitation de la concurrence de la couverture herbeuse, possibilité d'incorporation de matières organiques, élévation de la température en période de gel.

Mais ce travail intensif du sol est également source d'inconvénients:

grande dépense énergétique, forte usure des machines, temps de travail élevé, blessures aux troncs, arrachage occasionnel de plants, souillure des fruits par la poussière du sol (augmentation des risques de phytophthora, gloeosporium en frigo), libération d'azote (par brassage et aération du sol) pouvant mener à un excès de croissance ; maintien d'une zone sans végétation soumise à l'érosion, au lessivage et aux variations de température; section des jeunes racines (en sol lourd surtout), dégradation de la structure du sol.

2 EFFETS POSITIFS D'UN ENHERBEMENT CONTROLE SUR LA LIGNE

De nombreux problèmes de croissance des arbres proviennent d'une mauvaise structure du sol. Pour maintenir une bonne structure du sol et une activité biologique optimale, la couverture herbeuse est nécessaire. En effet nous avons pu observer, dans les bandes enherbées, plus de racines en général et en particulier plus de racines latérales en profondeur ainsi que plus d'activité des vers de terre.

Le réseau de racines qui s'y développe crée les conditions favorables aux champignons du sol (mycorhizes), aux bactéries et à la microfaune. Ces organismes sont indispensables au développement harmonieux des arbres. De plus, le couvert végétal agit comme une pompe à carbone atmosphérique qui est stocké dans le sol au profit de la flore et de la faune du sol et par conséquent des plantes cultivées. Une étude de 1996 («Document Environnement no 57 Sol», OFEFP, Berne) sur la microbiologie des sols en verger conventionnel, a montré que, dans une prairie naturelle, la biomasse (ATP) était trois fois plus importante et la teneur en humus deux fois plus élevée que sur la ligne des arbres désherbée chimiquement !.

3 EFFETS NÉGATIFS D'UN ENHERBEMENT CONTRÔLÉ SUR LA LIGNE

Dans un verger de jeunes cerisiers, nous avons observé en 2003, année de sécheresse, une légère diminution du volume d'eau dans les bandes enherbées par rapport aux bandes travaillées. Ces pertes peuvent être compensées par l'irrigation ou la couverture avec un mulch d'écorce.

4 UN COMPROMIS : LE SYSTÈME SANDWICH

Pour associer les avantages d'une couverture herbeuse et ceux du travail du sol, nous en sommes arrivés à laisser une bande enherbée et non travaillée de 25 à 40 cm de largeur sur la ligne et de l'entourer de chaque côté d'une bande travaillée de 30 à 40 cm de largeur. La couverture herbeuse est donc prise en Sandwich entre deux bandes travaillées!

Après une longue phase de développement, **Sandi**, la machine à travailler le sol dans le système Sandwich, est en service. Munie de trois disques pour le buttage et débattage du sol, cette machine présente les avantages suivants : simplicité de conception, travail rapide (7-8km/h), protection de la structure des sols argileux. Son coût s'élève à 4500 euros.

Les essais de l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL) ont montré que par rapport à un travail du sol sans bande enherbée centrale, il n'y a pas de différence de rendements ni de teneurs en sels minéraux dans les feuilles et dans les fruits. En ce qui concerne la croissance des arbres (mesurée par le diamètre des troncs), elle est plus rapide dans le système Sandwich.

En présence d'adventices pérennes et hautement compétitives (chiendent, chardon, ...), on est obligé de mulcher 2-4 fois par an la bande enherbée.

5 QUELLE COUVERTURE HERBEUSE SUR LA LIGNE?

Le FiBL procède à des essais d'installation de diverses plantes ou mélanges servant de couverture herbeuse sur la ligne. Ces essais ont lieu depuis plusieurs années dans les différentes régions arboricoles de Suisse. En Suisse romande, les semis de trèfle blanc ont attiré les rongeurs, la luzerne lupuline n'a pas pu prendre sa place et les jachères florales sont montées trop haut dans les arbres.

Etat de la couverture du sol en octobre 1997 et 2003 pour différentes plantes sur la parcelle d'essais du FiBL à Frick

Pflants / semis (Plantation / semis mars 1997)	Couverture du sol Octobre 1997 (%)	Couverture du sol Oct 2003 (%)
Agrostide stolonifère 10–70 cm	20	23
Bugle rampante 10–30 cm	4	0
Alchémie vulgaire 30–60 cm	63	100
Muguet de mai 10–25 cm	5	0
Fraisier des bois 5–20cm	58	32
Lierre terrestre 5–20 cm	28	43
Epervière orangée 30–80 cm	8	0
Gesse des prés 30–90 cm	5	0
Herbe-aux-écus jusqu'à 50 cm	0	0
Potentille ansérine 15-50 cm	72	0
Potentille rampante	78	15
Brunelle vulgaire 5–20 cm	62	0
Renoncule rampante 10–50 cm	44	0
Petite pervenche jusqu'à 20 cm	10	0

Dans les essais en Romandie effectués dès 2002, les semis d'épervière piloselle (*Hieracium pilosella*) ont couvert le sol en 12 mois et ont fait de cette plante tapissante aux élégantes fleurs jaunes la favorite en matière d'occupation du sol. Par ailleurs cette plante n'exerce pas de concurrence envers les arbres. Son « pouvoir » allélopathique est important. (Etude en cours)

Il faut signaler cependant que la réussite des semis est aléatoire. On préfère aujourd'hui, installer cette plante en mottes compressées à raison de 3 plants par mètre linéaire en dehors des périodes de sécheresse.

Un désherbage des plantes indésirables (graminées à fort développement, chardons...) aide à l'installation rapide des épervières.

L'enherbement spontané naturel offre une alternative de grande valeur par son adaptation aux conditions pédoclimatiques et par sa diversité. On évitera cependant de faire perdurer des plantes indésirables (chiendents, chardons...) favorisées par des méthodes culturales antérieures mal adaptées.

CONCLUSION

Comme nous l'avons expliqué et documenté, la méthode sandwich offre une alternative technique et économique intéressante entre le travail du sol et la couverture herbeuse permanente. Le choix de cette méthode devra se faire en tenant compte des conditions pédoclimatiques locales ainsi que de la disponibilité de machines aratoires adéquates ne détruisant pas la structure des sols lourds.