

# Esquisse de bilan phytosanitaire de la campagne 2004 : Un retour à la normale

Benoît HERLEMONT

Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux  
Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, DRAF – SRPV Aquitaine  
51, rue Kiéser – 33077 BORDEAUX Cedex

*Comme de tradition, en ouverture du module « Actualités phytosanitaires » de MondiaViti, consacré cette année à la viticulture biologique et aux méthodes alternatives de protection du vignoble, tentons de dresser fin septembre un rapide bilan phytosanitaire de la campagne 2004. Alors que les vendanges sont en cours dans de nombreux vignobles, l'année écoulée restera marquée du sceau de l'oïdium, en particulier dans les vignobles du nord-est de la France. Année record pour ce champignon avec la plus forte attaque depuis 1998, mais retour à la normale pour la climatologie sont les deux principaux faits marquants de ce bilan.*

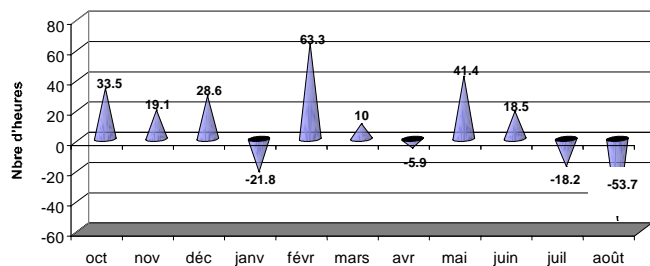
## Climatologie et phénologie : un retour à la normale

Si la campagne 2002-2003 s'était caractérisée par la canicule de l'été, et notamment du mois d'août, 2003-2004 se différencie de cette dernière par un été particulièrement maussade, relativement pluvieux et peu ensoleillé (Fig. 1), sans températures exceptionnelles. Plus généralement, **l'année a souvent été conforme aux normales saisonnières du côté des températures** : aucun record de froid, ni de chaleur n'a été battu en 2004 ! Pas de gelées de printemps marquantes comme en Champagne en 2003, ni de pic de chaleur début août !

Côté pluviosité en revanche, les contrastes ont souvent été prononcés. Après un hiver doux et humide, globalement favorable aux formes de conservation hivernale des champignons, le mois de février puis le printemps ont connu un déficit hydrique important dans beaucoup de vignobles (Fig. 2). Seules les régions Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon ont été un peu plus arrosées de mars à mai, avec même localement des cumuls mensuels très importants (plus de 160 mm) causant des inondations dans l'Hérault et les Pyrénées orientales.

Figure 1

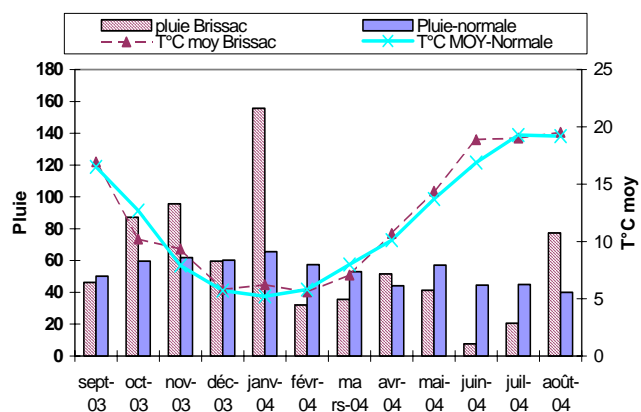
Variation de l'ensoleillement 2003-2004 pour Dijon (21) par rapport à la normale (1971-2000)



Source : FREDON - SRPV Bourgogne

Figure 2

Météorologie 20003-2004 Brissac (Anjou – 49) et comparaison avec la normale



Source : SRPV Pays de la Loire

Le manque de pluviosité a culminé en juin, avec un mois très sec et chaud, plus particulièrement dans la moitié sud de la France, faisant craindre un retour de la canicule en 2004.

À noter qu'en Alsace, après la sécheresse de 2003, un nouveau déficit pluviométrique prononcé a été enregistré dès l'automne jusqu'en juin, achevant ainsi d'épuiser les réserves hydriques : en début de campagne, la réserve utile enregistre ainsi un déficit de l'ordre de 200 mm dans cette région !

Cependant, comme nous l'avons indiqué précédemment, l'été a ensuite connu une instabilité climatique certaine : après un mois de juillet peu ensoleillé, souvent nuageux et couvert, mais malgré tout peu arrosé, les pluies orageuses d'août ont souvent été supérieures aux normales, faisant craindre un développement épidémique de la pourriture grise.

Heureusement, la première quinzaine de septembre a permis de stabiliser la situation avec le retour d'un temps plus chaud et moins arrosé.

Naturellement, ces grandes tendances sont à moduler selon les vignobles !

Logiquement, en absence d'excès climatiques majeurs, **la phénologie est très proche elle aussi des normales**. Les principaux stades phénologiques de quelques cépages sont présentés dans **le tableau 1** page suivante.

Les dates de débourrement ont été très classiques, voire même légèrement tardives dans certains vignobles. La floraison s'est dans l'ensemble bien déroulée fin mai-début juin. Juste un peu de coulure et de millerandage ont été signalés ici ou là (Alsace, Bordelais, Corse, Anjou et Saumurois), mais sans conséquence en raison de la belle sortie de grappes.

La véraison a parfois été un peu retardée suite à la climatologie maussade de l'été et à la forte charge. Mais avec le temps plus favorable enregistré depuis début septembre, ce léger retard a généralement été rattrapé : les vendanges se déroulent à des dates conformes à la moyenne des dix dernières années, qui n'ont rien à voir en tout cas avec les records de 2003.

## **Le pire évité de justesse pour la pourriture grise**

**Le millésime 2004 se caractérise par une sortie record de grappes et un très fort développement végétatif de la vigne cette année**, avec de nombreux contre-bourgeons développés. D'où une végétation souvent

luxuriante, avec un feuillage excessif, des entassements de grappes... Bref toutes les conditions étaient réunies pour favoriser un développement explosif du **botrytis**, d'autant plus que les conditions climatiques d'août avec des pluies régulières étaient très favorables au champignon : les premiers foyers étaient observés dans quasiment toutes les régions dès juillet sur cépages sensibles. Les éclatements de baies à cause de l'oïdium dans tous les vignobles et les perforations de tordeuses observées localement dans le sud-ouest augmentaient encore ce risque.

Heureusement, les **mesures prophylactiques** adéquates ont été généralement appliquées par les viticulteurs, notamment effeuillage et éclaircissage. Puis le retour d'un temps plus clément début septembre a permis d'enrayer le début de l'épidémie : la vendange est relativement saine dans la plupart des vignobles, sauf dans les parcelles fortement chargées. Par exemple, dans le Diois, sur le réseau d'observation du Service Régional de la Protection des Végétaux (S.R.P.V.), 27% des parcelles présentent des symptômes de botrytis avec une fréquence de 2 % le 14 septembre. Ou encore dans le Muscadet, des intensités d'attaque généralement comprises entre 1 et 8 % seulement avec une fréquence de 10 à 50 % (en moyenne, de 15 à 20 %) sont enregistrées vers le 10 septembre.

Des craintes subsistent néanmoins pour les cépages les plus tardifs, comme les Cabernet sauvignon dans le sud-ouest.

Notons au passage que l'éclaircissage n'a souvent eu qu'un effet très partiel cette année, avec des phénomènes importants de compensation entre grappes. Ceci illustre bien que cette technique correctrice ne peut être appliquée que ponctuellement et qu'elle ne peut répondre durablement à un déséquilibre de la vigne : il est préférable de maîtriser en amont la vigueur de la vigne, dès la plantation (choix du porte-greffe selon le terroir, mode d'entretien du sol...), puis de gérer l'équilibre charge en fruits – développement végétatif lors de la taille.

**Tableau 1** : Principaux stades phénologiques de quelques cépages en 2004

Description des stades		Eclatement des bourgeons	Boutons floraux séparés	Pleine floraison	Nouaison	Fermeture de la grappe	Début de la véraison	Début des vendanges
Eichhorn et Lorentz Baggiolini		06 D	17 H	23 I	27 J	33	35	38
Alsace	Tous cépages	22/04	28/05 – 02/06	20/06	25/06	15/07	05-07/08	
Aquitaine	Merlot	18/04	02/06	13/06	17/06	26/07	08/08	25/09
	Cabernet Sauvignon	25/04	09/06	15/06	19/06	20/07	15/08	01/10
Auvergne	Gamay	22/04	01/06	19/06	26/06	17/07	14/08	25/09
Beaujolais	Gamay	22/04	24/05	09/06	17/06	08/07	02/08	10/09
Bourgogne	Pinot noir – Haute Côte	28/04	04/06	23/06	30/06	22/07	20/08	25/09
	Chardonnay – Côte d’Or	19/04	24/05	10/06	21/06	12/07	09/08	22/09
Centre	Sauvignon blanc	20/04	01/06	17/06	29/06	19/07	16/08	24-28/06 (37 & 41) 04/10 (18)
	Chenin	20/04	24/05	15/06	25/06	12/07		
	Pinot noir	19/04	24/05	14/06	25/06	16/07	09/08	
Champagne	Pinot noir	21/04	02/06	19/06	27/06	24/07	17/08	24/09
	Chardonnay	16/04	30/05	17/06	26/06	26/07	18/08	23/09
	Pinot meunier	24/04	05/06	20/06	29/06	27/07	17/08	23/09
Côtes du Rhône méridionales	Grenache précoce	15/04	23/05	03/06	10/06	13/07	28/07	10/09
Côtes du Rhône septentrionales	Syrah	21/04	21/05	14/06	18/06	16/07	05/08	
	Marsanne	23/04	21/05	14/06	21/06	12/07	05/08	
Diois	Clairette	20/04	02/06	17/06	23/06	30/07	05/08	06/09
Jura	Chardonnay Poulsard	13/04	01/06	14/06	21/06	12/07	11/08 08/08	Crémant : 20/09 Autres : 27/09
	Trousseau - Savagnin	22/04	07/06	20/06	24/06	19/07	16/08	
Midi-Pyrénées	Gers - Colombard	12/04	24/05	14/06	20/06	06/07	10/08	30/09
	Duras - Gaillac	25/04	24/05	01/06	11/06	11/07	27/07	10/09
	Chasselas - Moissac	17/04	15/05	10/06	22/06	14/07	01/08	10/09
	Auxerrois - Cahors	22/04	24/05	12/06	24/06	22/07	03/08	20/09
	Négrette - Fronton	20/04	27/05	20/06	27/06	10/07	10/08	10/09
Pays de la Loire (Anjou - Saumur)	Cabernet franc Chenin	20/04	20/05	15/06	20/06	10/07	10/08	05/10 05/10 au 15/11
Pays nantais	Melon	06/04	24/05	11/06	17/06	05/07	02/08	08/09

Par ailleurs, il est illusoire d'essayer de rattraper complètement une situation dégradée avec un unique traitement chimique à la véraison si les mesures prophylactiques n'ont pas été précédemment mises en œuvre. Tout au plus pourra-t-on espérer ralentir le départ de l'épidémie.

De la **pourriture acide** est observée assez régulièrement dans le Jura sur cépages rouges et dans les Côtes du Rhône septentrionales, plus localement dans le Val de Loire, le Languedoc-Roussillon, dans le Beaujolais et en Savoie. Ailleurs, quelques foyers sont également signalés, mais avec des fréquences plus faibles.

En ce qui concerne les vins blanc liquoreux, la **pourriture noble** a bénéficié de bonnes conditions début septembre pour son installation, notamment les Chenin du Val De Loire. Mais par la suite, son développement a été timide avec une climatologie moins favorable. À la date de rédaction de ce bilan, rien n'est encore joué pour les liquoreux !

## Une année à oïdium

**L'oïdium domine l'actualité phytosanitaire de 2004**, avec une virulence exceptionnellement précoce du champignon. La forte pression enregistrée cette année a été difficile à maîtriser dans les vignobles du nord-est et de la façade atlantique, nous ramenant aux « trois glorieuses » 1996, 1997 et 1998, voire même au-delà dans certains vignobles comme la Champagne (1981).

Ce parasite fait l'objet d'une communication spécifique avec mon collègue Bertrand Bourgouin du S.R.P.V. Midi-Pyrénées à l'occasion de MondiaViti : « Comportement épidémique de l'oïdium et problèmes de lutte au cours de la campagne ».

## Les maladies du bois dans l'actualité pour longtemps

Lors du précédent bilan phytosanitaire, nous vous avons présenté **l'observatoire national des maladies du bois** (612 parcelles suivies au niveau de l'eutypiose, de l'esca et du black dead arm), mis en place pour 3 ans par les partenaires techniques de la filière, sous l'égide de l'ONIVINS, suite à l'interdiction de l'arsénite de soude en France en 2001 et depuis le 31 décembre 2003, dans tous les Etats membres de l'Union européenne, sans aucune possibilité de dérogation.

Rappelons une nouvelle fois les objectifs de ce dispositif :

- en premier lieu, apprécier l'évolution de l'expression des symptômes foliaires des maladies du bois et mesurer objectivement les conséquences de l'interdiction de l'arsénite de sodium,
- dans un second temps, permettre de vérifier l'intérêt des mesures prophylactiques et disposer d'un réseau de parcelles de référence pour contribuer, selon les besoins, à la validation d'hypothèses sur l'épidémiologie de ces maladies.

Les résultats 2003 ont constitué un état des lieux de la présence des maladies du bois dans le vignoble français : c'est le « point zéro » de l'observatoire. Les observations futures permettront ensuite d'estimer avec le moins de biais possible l'évolution de l'expression des symptômes foliaires à l'échelle d'une région.

Fin septembre, la synthèse nationale 2004 n'a pas encore été réalisée (les remontées d'informations de la part des régions sont en cours). Les premiers résultats disponibles tendent à montrer une stabilisation de **l'eutypiose**, mais par contre une très nette augmentation de l'expression des symptômes foliaires d'**esca** et de **black dead arm** en 2004. Par ailleurs, **l'excoriose** confirme également sa recrudescence dans beaucoup de vignobles (Provence, Aquitaine, Côtes du Rhône septentrionales, Midi-Pyrénées...) avec fréquemment des difficultés pour bien positionner les interventions en 2004 : des applications spécifiques devront être fréquemment envisagées en 2005.

De nombreux travaux de recherche sont actuellement conduits par l'I.T.V., l'I.N.R.A. et les universités sur les maladies du bois. Ils ont pour objectifs :

- d'améliorer nos connaissances sur les champignons responsables des maladies du bois et leur épidémiologie et ainsi de mieux cibler les mesures prophylactiques à appliquer au vignoble (rôle du prétaillage, devenir des bois de taille par exemple),
- de trouver à moyen terme des méthodes pour protéger les vignes contre ces maladies (pulvérisation de substances actives ambimobiles, solutions biologiques de protection des plaies de taille à base de *Trichoderma harzanium*, injection directe au cœur des souches...).

La coordination de ces actions est assurée par un groupe de travail national sur les maladies du bois, sous l'égide de l'ONIVINS, dont la dernière

réunion s'est tenue le 6 mai 2004. Elles sont largement financées par les pouvoirs publics, à travers les interventions de l'ONIVINS : les actions visant à assurer la pérennité du vignoble sont aujourd'hui le premier poste de dépense de l'office en matière de recherche et d'expérimentation.

Ces travaux de recherche sont bien engagés mais ne devraient pas donner de résultats applicables sur le terrain avant plusieurs années. D'où l'importance de la mise en œuvre des mesures prophylactiques à grande échelle rappelées régulièrement dans les Avertissements Agricoles® et la presse professionnelle.

### Les autres champignons facilement maîtrisés

Mettons tout de suite de côté le **brenner** ou rougeot parasitaire, dont les fortes attaques deviennent très rares dans les vignobles concernés autrefois par cette maladie : Alsace, Aube, Bourgogne et Lorraine.

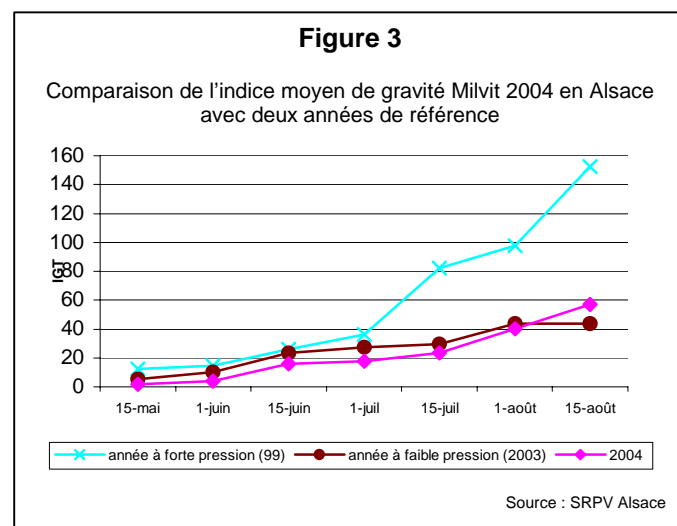
Sur le front du **black-rot**, l'attaque a été beaucoup moins forte que ce à quoi nous nous attendions au regard de la campagne précédente. Les conseils de prudence formulés ici même lors du colloque Euroviti l'année dernière, relayés par l'ensemble des techniciens de la filière, ont visiblement porté leurs fruits. Ce champignon peut en effet aisément être maîtrisé pour peu que l'on adapte son programme anti-mildiou et anti-oïdium au niveau de risque de ses parcelles.

A l'inverse, des dégâts significatifs ont été malgré tout encore été enregistrés en 2004 dans des parcelles mal protégées du vignoble nantais (sur 5% des parcelles environ avec des niveaux d'attaque sur grappes pouvant atteindre jusqu'à 70 à 100 % en fréquence) ou de la Nièvre. En Alsace, les symptômes foliaires de black-rot ont été confirmés pour la deuxième année consécutive sur quelques parcelles, surtout dans le Bas-Rhin.

Si les conditions automnales et du début de l'hiver ont été plutôt favorables à la conservation des oeufs d'hiver de **mildiou**, le déficit de précipitations enregistré généralement à partir de février a au contraire retardé leur maturation. Quelques pluies en avril et début mai ont toutefois permis de réhumecter superficiellement les sols : les oeufs d'hiver ont ainsi pu arriver à maturité et germer. Suite à ces premières contaminations très discrètes, qui n'ont produit que des foyers éparés, les conditions climatiques entre le débourrement

et la fermeture de la grappe ont permis une très bonne maîtrise de l'épidémie (**Fig. 3**).

Hormis dans quelques vignobles soumis localement à de fortes précipitations orageuses au début du printemps, où le démarrage de l'épidémie a été un peu plus significatif, comme à Gaillac, dans le Libournais, le Jura, l'Yonne, le Tarn-et-Garonne (vignobles de Lavilledieu-du-Temple et de Saint Sardos) et en Corse. Mais c'est surtout dans les zones inondées en mars et avril de l'Hérault et du Roussillon que la situation a été la plus tendue : les sorties de foyers primaires dès la fin avril ont été abondantes et l'impossibilité d'accéder aux parcelles a aggravé le caractère explosif de l'épidémie. Heureusement la faiblesse des températures et des précipitations jusqu'à la mi-mai puis le retour d'un temps chaud et sec en juin a permis de l'enrayer rapidement.



La seconde partie de la campagne a en revanche été plus difficile. Avec le retour d'un temps perturbé à partir de fin juillet, de fréquentes contaminations ont été enregistrées. En raison de la réceptivité généralement faible des grappes à cette période, les symptômes n'affectèrent le plus souvent que les jeunes feuilles des extrémités, généralement éliminées par le rognage suivant. Ponctuellement, quelques attaques de rot brun ont toutefois pu être observées dans des parcelles présentant un feuillage très attaqué, comme par exemple dans l'Yonne, le Jura, le Diois ou encore en Corse. Cette pression significative pendant l'été a donc nécessité dans presque tous les vignobles une protection soignée pour conserver un feuillage fonctionnel et permettre une bonne maturation des raisins.

Fin août – début septembre, des attaques importantes de mildiou mosaïque sur le feuillage étaient cependant localement observées, dans tous

les vignobles, avec parfois même des défoliations marquées, rendant improbable l'arrivée à complète maturité des parcelles concernées.

En résumé, malgré une pression légèrement supérieure à 2003, notamment en fin de campagne, le mildiou a été assez facile à contrôler en 2004 : son démarrage a été très discret et il était possible d'alléger la protection dans plusieurs vignobles dès le mois de juin. Suite au redémarrage estival de la maladie, des interventions ont été nécessaires assez tard en saison pour garantir la qualité de la vendange. En définitive le nombre total d'applications est donc voisin des normales.

### **Situation contrastée pour les tordeuses : Cochylis quasiment absente à l'est, Eudémis très présente dans le sud-ouest**

Du côté des tordeuses, la situation a été très contrastée selon les vignobles et l'espèce majoritaire.

Dans les vignobles à dominante **cochylis** du nord-est de la France (Bourgogne, Jura, Alsace, Champagne, Lorraine), et même dans le Val de Loire (Anjou, Muscadet, Saumur) et le Diois, la pression exercée par ce papillon et par l'Eudémis a été quasi nulle en première comme en deuxième génération. Les très faibles niveaux de tordeuses, au même titre que la plupart des autres ravageurs, est un fait marquant de la campagne 2004 dans ces régions. Si le premier vol a démarré à des dates tout à fait normales, il ne s'est jamais vraiment intensifié : les piégeages ont été très faibles et les pontes rarissimes y compris dans des secteurs traditionnellement à forte pression. Ce qui a conduit les prescripteurs à déconseiller toute intervention curative sur la G1 dans ces vignobles. Par la suite, le deuxième vol s'est maintenu à un niveau très bas, de même que les pontes, sauf dans le Beaujolais où des captures un peu plus régulières d'eudémis (une cinquantaine de papillons par semaine) ont été enregistrées. Évènement historique : aucune intervention préventive sur la G2 n'a été conseillée sur l'ensemble des vignobles champenois et bourguignon. Seuls quelques rares secteurs avec des pontes un peu plus régulières ont été traités, comme par exemple les terroirs de Verzenay et des Mesneux en Champagne, les parcelles habituellement sensibles en Bourgogne à la cochylis (Nièvre) ou à l'eudémis (Mâconnais, Côte Chalonnaise, Côte de Beaune, Côte de Nuits, Chablisien) ou encore le Beaujolais. En Alsace et dans le Val-de-Loire, compte tenu de l'existence

d'un vol et de la présence sporadique de pontes, la Protection des Végétaux a préconisé un traitement unique sans renouvellement sur tout le vignoble, sauf dans un secteur particulier du vignoble alsacien (nord de Molsheim) où toute intervention a été déconseillée.

Résultat : pratiquement aucun insecticide n'a été appliqué pendant toute la campagne dans ces vignobles, d'autant plus que les autres ravageurs, et en premier la pyrale, ont été également particulièrement discrets en 2004.

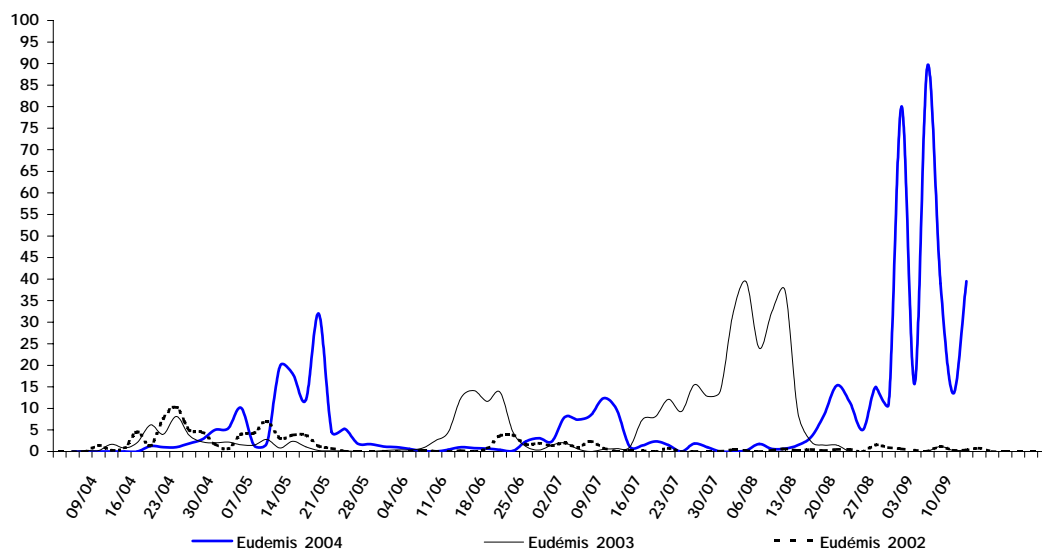
En revanche, l'**eudémis** a été beaucoup plus présente dans le sud-ouest (**Fig. 4**) et le Languedoc, avec des populations supérieures aux dernières années. Les vols ont été très étalés : il n'a pas toujours été très facile de bien positionner les interventions sur la deuxième et la troisième génération. En particulier, cette dernière a été très importante cette année, avec de très nombreuses captures enregistrées tardivement fin août – début septembre. D'où localement des perforations régulières à la récolte, en particulier dans les secteurs traditionnels à tordeuses, comme le Sauternais, le Médoc, la Dordogne, le Gaillacois... Ces attaques auraient pu constituer autant de portes d'entrée pour le botrytis.

Dans le sud-est (vallée du Rhône, Savoie, Corse) ainsi que dans le centre de la France (Sancerre, Auvergne...) et localement dans les vignobles de Midi-Pyrénées (Cahors, Fronton et Moissac), la pression exercée par l'eudémis a été moyenne à faible, assez classique pour ces régions et facile à contrôler. A l'image du nord-est, la cochylis y a été anecdotique en 2004.

Enfin, l'**eulia** est toujours bien présente dans les vignobles de Midi-Pyrénées, en particulier dans le Gers et à Moissac, où elle est piégée parfois de façon spectaculaire. Elle est toutefois bien maîtrisée par les traitements insecticides contre l'eudémis et la cicadelle de la flavescence dorée, car il est rare d'observer des dégâts dus à cette tordeuse.

Figure 4

Courbe de vol 2004 de l'Eudémis dans le vignoble de Gaillac (81)  
et comparaison avec 2002 et 2003



## Le retour de l'acariose

Des symptômes d'**acariose** ont été signalés au **printemps** dans la plupart des vignobles, avec ponctuellement des blocages de végétation très marqués comme en Provence, dans le Diois, dans les Côtes du Rhône septentrionales, en Auvergne, dans la Nièvre ou dans le Jura.

Ensuite, des remontées parfois brutales des populations de *Calepitrimerus vitis* ont été observées. Des cas d'**acariose d'été**, relativement fréquents par rapport aux années précédentes, ont ainsi été signalés dans de nombreux vignobles : Provence et vallée du Rhône - une première pour cette région, Tarn-et-Garonne, Gaillac, Gers, Bourgogne, Jura, Fiefs vendéens, Lorraine...

Le plus souvent, ces problèmes ont été réglés naturellement par l'action des typhlodromes.

Ponctuellement, ils ont pu nécessiter cette année des interventions acaricides spécifiques.

**Les autres ravageurs**, comme la cicadelle des grillures, ont été discrets en 2004 (conséquence de la canicule 2003 ?), sauf :

- la présence inhabituelle de **thrips** sur l'ensemble du vignoble du Jura obligeant à des traitements spécifiques, de même que dans le Diois et le nord de la vallée du Rhône avec un fort développement estival de ce ravageur,
- quelques rares infestations d'**altise** dans le Muscadet,

- un développement important dans le sud de la France pendant l'été de *Metcalfa pruinosa*, qui continue sa progression, malgré les succès de la lutte biologique avec *Néodryinus typhlocybae* : sa présence sur raisin de table à Moissac et dans la vallée du Rhône (Ventoux) inquiète les professionnels,
- une forte présence de criquets italiens dans le vignoble de Die à partir de fin juillet, particulièrement inquiétante sur les plantiers, car ils s'attaquaient aux feuilles et à l'écorce. Sur vignes en production, quelques dégâts sur feuilles et sur grappes ont été constatés, sans conséquence directe sur la récolte.

## La flavescence dorée : comment concilier la nécessaire sécurité sanitaire d'une filière avec les impératifs de l'agriculture raisonnée ?

Si la **flavescence dorée** est aujourd'hui maîtrisée à l'échelle du territoire national, elle reste une maladie grave de la vigne, extrêmement épidémique, capable d'anéantir en quelques années seulement une parcelle non protégée. Elle dispose donc du statut d'organisme de quarantaine au niveau européen et de lutte obligatoire en France qui justifie l'adoption de mesures réglementaires destinées, d'une part, à renforcer la protection de nos frontières en n'important que du matériel de l'Union européenne contrôlé et indemne et, d'autre part, à mettre en circulation

des plants présentant toutes les garanties phytosanitaires (arrêté du 9 juillet 2003).

Actuellement, la mise en œuvre de la lutte obligatoire se traduit par l'obligation de l'arrachage des parcelles et des ceps contaminés et par une lutte insecticide contre le vecteur, définie par chaque DRAF-SRPV (généralement, trois traitements par an en viticulture conventionnelle). Si le recours à trois traitements insecticides reste d'actualité dans les zones nouvellement contaminées pour enrayer efficacement l'épidémie, cette stratégie peut légitimement sembler en contradiction avec la nécessaire évolution de la viticulture vers l'agriculture raisonnée et la limitation des intrants phytosanitaires.

Sur la base de plusieurs essais menés entre 2000 et 2002, les Services Régionaux de la Protection des Végétaux ont donc été amenés à proposer en 2004 de nouvelles stratégies de lutte dans les vignobles où la maladie est aujourd'hui sous contrôle, comme en Aquitaine ou encore dans le Languedoc-Roussillon où 44 communes de l'Aude et 2 communes de l'Hérault sont concernées par exemple. Elles consistent en une réduction sous certaines conditions du nombre d'applications contre la cicadelle de la flavescence dorée, en passant de 3 à 2 traitements insecticides :

- le premier traitement sur larves,
  - le traitement sur les adultes,
- c'est-à-dire les premier et troisième traitements de la stratégie classique à trois applications.

Cette stratégie ne peut être appliquée que dans une ou plusieurs communes entières :

- incluses dans un périmètre de lutte depuis au moins 2 ans (population basse de cicadelles de la flavescence dorée) ;
- et dans lesquelles une surveillance active du territoire communal a été réalisée et a montré l'absence de foyers significatifs.

Les commissions départementales « flavescence dorée » doivent définir clairement les conditions de mise en œuvre de cette lutte à deux applications, en particulier les critères permettant de considérer un secteur comme assaini.

Un article publié dans le numéro de novembre 2004 de Phytoma – La défense des Végétaux fait un point complet sur cette évolution.

## Les dernières évolutions sur la réglementation des pesticides

**La terbuthylazine est interdite d'utilisation depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2004 en viticulture :** toutes les spécialités à base de cette substance active sont des déchets industriels spéciaux depuis cette date. Conformément à la réglementation en vigueur, le détenteur de ces déchets, en particulier les viticulteurs, sont responsables de leur élimination. Profitez donc des prochaines collectes de PPNU pour assurer leur élimination dans des conditions optimales et les retirer des stocks de produits phytosanitaires.

Ce retrait, qui fait suite à plusieurs autres ces deux dernières années, impose aux viticulteurs et à leurs prescripteurs de reconsidérer complètement l'entretien des sols viticoles. La priorité doit être accordée non au remplacement des substances actives interdites par d'autres mais plutôt à des techniques alternatives, notamment pour l'entretien de l'inter-rang comme l'enherbement ou le travail du sol.

Dans le cadre de la procédure exposée lors du précédent colloque Euroviti et grâce au travail de coordination de l'ITV, de **nombreuses demandes d'autorisation de mélanges en viticulture ont été examinées** par le comité d'homologation cette année. Ainsi, en juillet 2004, 4718 mélanges originaux d'un anti-mildiou avec un anti-oïdium et 465 mélanges originaux d'un anti-botrytis avec un anti-tordeuses ont été jugés recevables avec une autorisation provisoire d'emploi.

Les viticulteurs peuvent se renseigner auprès de leurs distributeurs, de l'ITV ou des fabricants pour savoir si les mélanges qu'ils pratiquent sont autorisés ou non. Les mélanges autorisés peuvent être également consultés sur [www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr).

En 2005, l'attention du ministère de l'agriculture portera en viticulture plus particulièrement sur les mélanges d'herbicides. Avec le souci de la protection de la santé des viticulteurs et de leur environnement, l'objectif est de leur offrir un service de qualité propre à leur permettre de solutionner les problèmes agronomiques auxquels ils sont confrontés, en toute transparence et avec efficacité.

Une réflexion est également engagée pour offrir à moyen terme aux agriculteurs un outil informatique de consultation des mélanges autorisés plus convivial.

---

*Remerciements à mes collègues de la Protection des Végétaux, aux agents des Fédérations Régionales de Défense contre les Organismes Nuisibles et aux techniciens de tous les autres organismes qui m'ont transmis dans les plus brefs délais toutes les informations nécessaires pour établir ce bilan.*



# Comportement épidémique de l'oïdium et problèmes de lutte au cours de la campagne

---

Bertrand BOURGOUIN, DRAF – SRPV Midi-Pyrénées  
Bd Armand Duportal – 31074 Toulouse Cedex

Benoît HERLEMONT, DRAF – SRPV Aquitaine  
51, rue Kiéser – 33077 Bordeaux Cedex

*Le millésime 2004 se caractérise par une pression très significative de l'oïdium, notamment dans des régions traditionnellement moins concernées par cette maladie, comme les vignobles du nord-est de la France : Alsace, Bourgogne, Champagne, Jura, Lorraine... Le Chardonnay s'avère logiquement le cépage le plus atteint, mais certains Pinot noir sont également concernés et même, dans une moindre mesure, quelques Pinot meunier champenois.*

Les premiers symptômes sur feuilles ont été découverts de façon très précoce en 2004 dans le nord-est et le sud-ouest : le 12 mai dans le Bordelais, le 24 mai dans différentes parcelles de la Côte D'Or en Bourgogne et en Champagne, le 1<sup>er</sup> juin en Alsace, Auvergne, Jura et à Fronton. Si cette date est généralement voisine de 2003, en revanche, par rapport au cycle végétatif de la vigne, cette découverte est particulièrement précoce : fréquemment vers le stade « 9 – 10 feuilles » seulement.

Dans les semaines qui suivirent, la maladie continua sa progression sur feuillage. Ainsi en Bourgogne, le 8 juin, la fréquence de feuilles touchées était en général faible (inférieure à 5%), quelques parcelles atteignaient déjà les 20% et dans des sites exceptionnels 70 % des feuilles présentaient des symptômes. À cette date, quelques symptômes étaient également décelés sur Pinot noir (moins de 2-3% de feuilles touchées). En Champagne, les premiers foyers significatifs ont été également découverts le 8 juin dans le secteur d'Avize (Côte des Blancs).

Les conditions climatiques de la floraison et de la nouaison ont été très favorables aux contaminations des baies. Une expression massive de la maladie a été observée sur grappes fin juin – début juillet dans les vignobles du nord-est (**Fig. 1**). Dans les parcelles atteintes, la progression de l'épidémie a ensuite été rapide en juillet, voire en août. Durant toute cette période, l'activité du champignon sembla permanente n'autorisant aucun répit dans la conduite de la protection,

prolongée cette année jusqu'à la véraison. La réduction des délais de renouvellement des anti-oïdium, recommandée dès fin mai - début juin dans la majorité des éditions des Avertissements Agricoles<sup>®</sup>, a été la règle. Les traitements de rattrapage à base de dinocap ou de soufre poudrage ont été fréquents. Ce renforcement de la protection ne pouvait être satisfaisant qu'avec une pulvérisation de qualité. Il s'est traduit par au minimum 6 interventions, voire 3 ou 4 de plus dans les situations où des traitements de rattrapage ont du être mis en œuvre.

Début septembre, à la veille de la récolte, la situation est très hétérogène dans ces vignobles car assez logiquement l'évolution de la maladie a été très variable selon les caractéristiques parcellaires, les applications réalisées, les conditions de réalisation des traitements... Ainsi, en Alsace, si le niveau moyen d'attaque sur grappes par parcelle est de l'ordre de 20% en fréquence, 50% des parcelles restent saines et, à l'inverse, 10% sont touchées à plus de 80%. De même, en Bourgogne, des parcelles fortement touchées (intensité supérieure à 80%) côtoient des parcelles quasiment saines (intensité inférieure à 2%). Ou encore en Champagne, où des terroirs entiers, comme l'Aube (sauf Montgueux) et l'Aisne, n'ont pas été concernés significativement, alors que certains secteurs de la Côte des blancs ou du Sézannais ont été très touchés.

A l'échelle des vignobles concernés, les pertes ne sont donc finalement pas significatives. Par contre, au niveau de la parcelle et même de

certaines exploitations, des diminutions de la production imputables à cette maladie ont été relevées (quelques parcelles ne sont pas récoltables).

Cette forte pression a été également enregistrée, mais à un degré moindre, dans les vignobles du sud-ouest, du centre et du Val de Loire, qui ont été également surpris par la virulence du champignon dès la floraison et par une progression significative de la maladie tout au long du mois de juillet. Les traitements adéquats ont permis généralement de maîtriser l'épidémie, même si cela n'a parfois pas été sans difficulté.

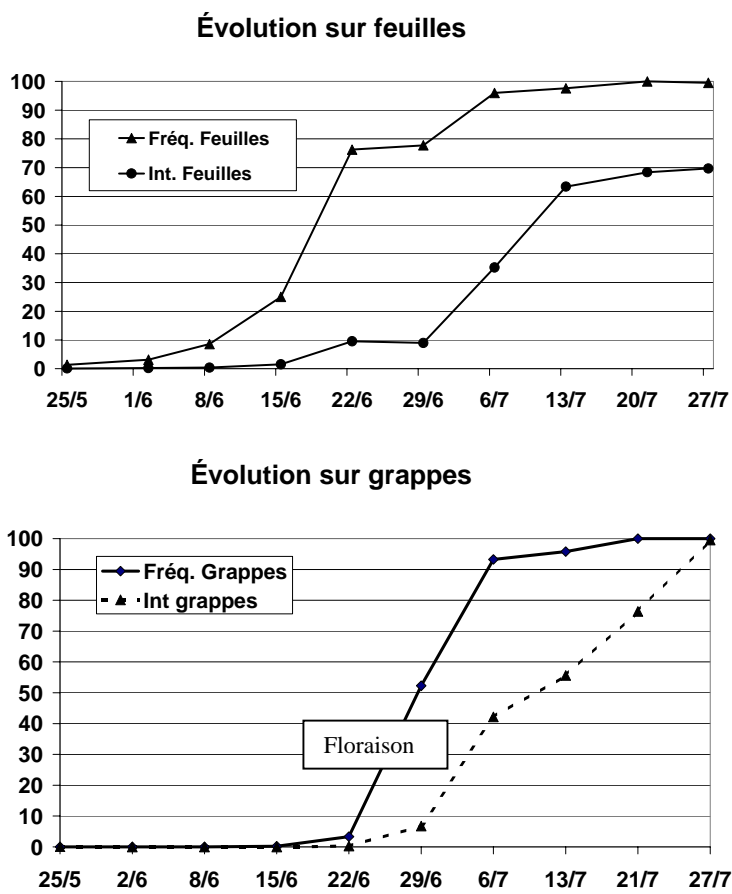
Dans le sud-est (Languedoc, Roussillon, Provence), l'évolution du parasite a été plus classique, notamment sur Carignan, avec des premiers drapeaux dès le 20 avril et les premiers symptômes sur feuilles fin avril – début mai (28 avril dans le Languedoc-Roussillon, 13 mai en Provence). Des foyers un peu plus réguliers sur feuilles puis sur grappes ont été observés sur des cépages jugés moins sensibles, comme le Grenache et la Syrah. Ils ont pu causer quelques dégâts localisés. Mais, au final, la pression exercée par l'oïdium en 2004 dans les vignobles méridionaux est assez voisine de celle des années précédentes.

Dans plusieurs vignobles, des enquêtes ont été lancées pour répondre aux interrogations subsistant sur l'oïdium et tenter d'expliquer les difficultés rencontrées en 2004 :

- influence de l'infestation de l'année précédente (dans le bilan phytosanitaire 2003 d'Euroviti, nous avons signalé des symptômes importants d'oïdium sur feuilles en fin de campagne, notamment après les vendanges : ces attaques tardives ont-elles préparé le terrain pour 2004 ?),
- influence de la date du premier traitement (le démarrage de la protection au stade « boutons floraux séparés » a-t-il été trop tardif cette année ? Ce stade n'a-t-il pas été localement dépassé dans certaines exploitations ?),
- influence de la nature du fongicide utilisé pour le premier traitement (voire les suivants)
- effet du facteur pulvérisation (traitement aérien en particulier ou 1 rang sur 2),
- effet du rythme des interventions (le début timide de l'épidémie de mildiou n'a-t-il pas conduit certains viticulteurs à allonger de façon inconsidérée les délais de renouvellement des spécialités anti-oïdium, en particulier le soufre mouillable, en cas de protection couplée contre les deux champignons ?),
- effet des mesures prophylactiques,

- efficacité des stratégies de rattrapage,
- évolution des résistances aux fongicides.

À la date de la rédaction de cet article, les résultats de ces enquêtes ne sont pas disponibles : ils vous seront présentés à l'occasion des conférences de Mondavi. Il est probable que l'origine des échecs de protection est multiple et que la seule modification de la date du premier traitement ne permette pas de corriger les lacunes constatées. Dans différentes situations à risques élevés, des programmes de traitement ayant débuté au stade 17 « boutons floraux séparés » ont en effet permis de contenir sans difficulté la maladie.



**Fig. 1 - Exemple de suivi oïdium en parcelle témoin non traitée en Champagne (Saint-Thierry, 51) – cépage Chardonnay**

# Les grands principes et stratégies de la lutte biologique : Application au cas de la cicadelle vectrice de la Flavescence dorée, *Scaphoideus titanus*

---

Jean-Claude MALAUSA  
INRA, Centre de Sophia Antipolis, Unité de Lutte biologique,  
1382 route de Biot, 06560 Valbonne.

## Les grands principes et stratégies de la lutte biologique

Dans cette partie introductive de l'exposé, nous nous limiterons aux stratégies de lutte biologique faisant intervenir les arthropodes entomophages et plus particulièrement les insectes, sans aborder toutes les autres stratégies faisant intervenir par exemple les micro-organismes (lutte micro-biologique) ou des méthodes proches qui peuvent être apparentées à la lutte biologique comme l'utilisation de phéromones (confusion sexuelle), l'utilisation de variétés de plantes résistantes (lutte génétique) ou la lutte autocide.

Outre les principes visant à préserver et/ou à favoriser l'action des auxiliaires entomophages indigènes déjà présents dans le milieu (« lutte biologique par conservation ») dont il sera question dans les exposés suivants, il existe deux grands types de stratégies de lutte biologique faisant intervenir des introductions ou lâchers d'auxiliaires entomophages :

- la lutte biologique par acclimatation dite « lutte biologique classique » : Elle a pour but de rechercher et d'introduire un auxiliaire originaire de la même zone géographique que le ravageur exotique qui a été introduit accidentellement dans une région nouvelle sans son cortège de parasites ou de prédateurs associés. Il s'agit dans ce cas de rétablir un équilibre permanent entre le ravageur et l'auxiliaire à l'image de ce qui se passe dans l'aire de répartition originelle, en faisant en sorte qu'il soit situé en-dessous du seuil de nuisibilité pour la plante cultivée. Un ou plusieurs lâchers ponctuels dans le temps peuvent suffire et quelques dizaines d'individus seulement ont permis dans certains cas d'obtenir des succès spectaculaires.
- les « traitements » biologiques : Comme pour certains traitements phytosanitaires, les interventions sont répétées dans le temps et visent à obtenir soit un effet d'élimination rapide du ravageur par les organismes directement lâchés (lâchers inondatifs), soit un effet différé causé par la descendance des individus lâchés (lâchers inoculatifs). C'est ce que les anglophones appellent « seasonal inoculative and inundative biological control ». Dans le cas des traitements biologiques et surtout pour les lâchers inondatifs, il est nécessaire de mettre en place des unités importantes de production d'entomophages. Ce sont les auxiliaires utilisés dans ce cadre qui font l'objet du développement commercial de la lutte biologique observé actuellement.

Le développement des introductions d'auxiliaires pour combattre les ravageurs des cultures est en régulière progression dans le monde pour des raisons économiques et pour la permanence des solutions qu'elle est capable d'apporter contre les ravageurs visés. De récents et spectaculaires succès dans différentes parties du monde ont favorisé la promotion de la lutte biologique. Plus près de chez nous, en France, le succès en 1997 de la lutte contre le Psylle de l'eucalyptus *Ctenarytaina eucalypti* grâce à l'introduction d'un de ses parasites d'origine australienne (*Psyllaephagus pilosus*) a montré encore récemment tout l'intérêt de cette méthode.

Ce développement est lié à l'accroissement dramatique des introductions accidentelles de ravageurs exotiques dû au développement des échanges commerciaux notamment dans le domaine horticole. Une étude

récente effectuée en Italie a montré que le nombre d'espèces de ravageurs accidentellement introduites dans ce pays est passé d'une par an avant les années 60 à 4 par an dans les 20 dernières années. Beaucoup de ces nouveaux ravageurs sont des cibles idéales pour la lutte biologique classique et ont été à l'origine de nouveaux programmes d'introductions d'auxiliaires. Cela a été le cas pour de nombreux insectes ravageurs d'origine exotique introduits accidentellement dans les cultures sous serre (aleurodes, mineuses, thrips, cochenilles, etc..).

Mais ce qui a certainement le plus favorisé l'accroissement des introductions d'auxiliaires est lié au développement de l'industrie de la lutte biologique, qui produit massivement et qui commercialise de nombreux prédateurs et parasitoïdes. Ainsi, une dizaine de fournisseurs d'auxiliaires commercialisent en France des insectes pour la lutte biologique. Van Lenteren (1997) signale que depuis le début des années 70, une quarantaine d'espèces d'auxiliaires ont été importées en Europe pour être commercialisées afin de lutter contre une cinquantaine d'espèces de ravageurs dans les serres, vergers et grandes cultures. Globalement, c'est environ 135 espèces exotiques qui ont été introduites depuis le début du siècle en Europe dans le cadre de la lutte biologique contre les arthropodes ravageurs.

## **La lutte biologique contre la Cicadelle *Scaphoideus titanus***

La lutte biologique contre le vecteur de la Flavescence dorée est régulièrement considérée comme une des méthodes susceptibles de contribuer à limiter les foyers de pullulation de la cicadelle, diminuant ainsi un des facteurs favorables à la dissémination de la maladie.

Les études antérieures menées en France et en Europe concluent à l'incapacité actuelle de la faune auxiliaire locale à maîtriser les populations de *S. titanus*. La recherche d'auxiliaires entomophages et plus particulièrement de parasitoïdes spécifiques de la Cicadelle dans sa zone d'origine nord-américaine représentait dans ces conditions une voie d'investigation intéressante. Cette stratégie n'est pas nouvelle et relève même d'une démarche classique dans le cas de ravageurs exogènes accidentellement introduits ; aucune recherche dans ce sens n'avait cependant vu le jour dans le cas de *S. titanus* et ce malgré son introduction relativement ancienne.

Originaire de la région des grands lacs américains (USA et Canada), *S. titanus* est souvent considérée comme une espèce relativement peu abondante. La présence dans cette zone d'une faune auxiliaire limitant les populations de la Cicadelle est une des hypothèses émises pour expliquer ce phénomène, hypothèse sur laquelle est fondée la stratégie des recherches mise en œuvre. Peu d'éléments étaient disponibles sur les antagonistes naturels de *S. titanus* en Amérique du Nord. Nous ne disposons que de données fragmentaires obtenues à l'occasion de travaux menés dans un tout autre cadre et avec des objectifs différents. C'est ainsi que l'existence de parasitoïdes de la famille des Dryinidae (Hyménoptères) et des Pipunculidae (Diptères) était connue et avait été récemment confirmée lors d'une mission exploratoire effectuée pendant l'été 1999 par l'équipe de l'INRA d'Antibes.

Les recherches engagées durant les quatre dernières années et financées par l'ONIVINS avaient donc pour objectifs d'inventorier, de collecter et d'identifier la faune antagoniste de *S. titanus* dans sa zone d'origine américaine. Il était également prévu de maintenir en élevage le matériel récolté afin d'envisager l'introduction en quarantaine en France de parasitoïdes destinés dans un premier temps à être étudiés et produits en laboratoire avant de les lâcher dans un deuxième temps sur le terrain en vue de leur acclimatation.

## **Présentation et méthodologie**

Les prospections ont été principalement effectuées dans la région des Finger Lakes (NY) avec l'aide logistique de la New-York State Agricultural Experiment Station (Cornell University). Les collectes ont été effectuées aussi bien en vignoble que sur les espèces de vignes sauvages qui font partie intégrante de la végétation spontanée de cette région. Deux sites principaux ont été retenus autour du Lac Seneca compte tenu des populations localement plus abondantes de cicadelles, augmentant ainsi les chances de trouver leurs parasitoïdes. Les méthodes utilisées pour la recherche et la capture des insectes étaient des plus classiques (frappage, aspiration au D-Vac, filet, etc..). Les insectes capturés étaient ensuite transférés dans des cages

transparentes afin de trier les cicadelles et les auxiliaires à ramener au laboratoire pour identification ou mise en élevage.

Concernant la recherche de parasitoïdes oophages, nous avons mis en œuvre la technique des œufs « sentinelles », qui consiste à mettre en place sur le terrain des œufs de *S. titanus* obtenus en élevage en laboratoire, afin d'y laisser pondre spontanément les éventuels parasitoïdes présents dans le milieu. Les lots de sarments sont exposés sur le terrain pendant plusieurs semaines en fin de saison de septembre à octobre puis rapportés au laboratoire pour observer l'émergence des adultes de parasitoïdes. Ces derniers sont ensuite mis en présence de nouveaux œufs de cicadelles en laboratoire pour tenter d'obtenir la génération suivante et débiter un élevage.

Des difficultés sont vite apparues sur le terrain dans la reconnaissance du matériel biologique récolté. La grande diversité des cicadelles sur vigne et la présence d'espèces morphologiquement proches ne permettaient pas au champ une identification précise de toutes les espèces, particulièrement dans le genre *Scaphoideus*, où pas moins de 5 espèces cohabitent dans cette région. Les difficultés s'en trouvaient augmentées lorsque nous étions en présence des stades larvaires très polymorphes et aux caractères spécifiques non définis. Des contacts pris avec les systématiciens spécialistes des cicadelles dans les grandes collections américaines permettent de conclure qu'une révision complète de la systématique du genre *Scaphoideus* serait nécessaire. Dans cette attente et sans compromettre les recherches de leurs antagonistes, nous avons décidé de nous intéresser à la faune associée à l'ensemble des espèces proches de *S. titanus*.

D'autres difficultés ont été rencontrées concernant le maintien en vie et l'élevage des espèces collectées. Elles sont liées en particulier à la fragilité des cicadelles très dépendantes du végétal sur lequel elles sont placées et au peu d'informations disponibles sur la biologie des espèces d'entomophages concernées. Malgré cela, nous avons pu maintenir vivant un certain nombre d'espèces qui ont ainsi pu être introduites en France dans le laboratoire de quarantaine de l'INRA d'Antibes.

## Les résultats

Trois principaux groupes de parasitoïdes ont été collectés : des Hyménoptères de la famille des Dryinidae parasitant les larves et les adultes de *Scaphoideus*, des Diptères Pipunculidae parasites larvaires et des Hyménoptères parasites d'œufs.

L'identification des Dryinidae a permis de mettre en évidence 5 nouvelles relations faisant intervenir des espèces de cette famille sur les cicadelles du genre *Scaphoideus* : 2 appartiennent à la sous-famille des Anteoninae, *Lonchodryinus flavus* et *Anteon masoni* et 3 à la sous-famille des Gonatopodinae, à savoir *Gonatopus peculiaris*, *Esagonatopus perdebilis* et *Esagonatopus niger*.

Une espèce de chacune de ces deux sous-familles a pu être collectée en nombre suffisant pour tenter l'élevage en laboratoire. *Lonchodryinus flavus* a été introduit dans nos laboratoires en 2001 et en 2002. Cette espèce semble avoir des exigences particulières que nous ne maîtrisons pas en laboratoire, concernant les conditions de la formation du cocon qui se déroule dans le sol et les conditions de l'hivernation et du déroulement de la diapause aux basses températures. La réactivation de différents lots exposés à des conditions abiotiques différentes n'a donné qu'un très faible nombre d'émergence d'adultes qui se sont reproduits, les cocons de la descendance n'ayant rien donné à l'issue de saison 2004. Toujours afin de contourner la difficulté d'élevage de cette espèce, nous avons introduit en 2002 des imagos de *L. flavus* directement collectés sur le territoire américain ; l'objectif était d'essayer de multiplier une souche de cette espèce dans des conditions semi-naturelles sur des vignes âgées dans une cage insect-proof sans prendre le risque d'introduire d'éventuels hyperparasites. Une partie des adultes ainsi introduits a été lâchée directement dans cette cage ; l'autre partie a été mise en présence de *S. titanus* dans nos élevages afin d'obtenir une descendance. Nous avons observé que *L. flavus* est capable de parasiter les adultes comme les larves de la cicadelle. C'est cette descendance sous forme de cicadelles parasitées que nous avons ajoutée dans la même cage, totalisant ainsi une soixantaine d'individus de *L. flavus* lâchés à tous les stades de développement. L'été 2003 ne nous a toutefois pas permis d'observer un quelconque parasitisme sur l'abondante population de *S. titanus* présente dans la cage. Fin 2004, tous les efforts mis en œuvre sur cet auxiliaire pourtant intéressant sont donc restés vains.

La seconde espèce de dryinide, *Gonatopus peculiaris* a fait l'objet de l'introduction de 11 cocons seulement obtenus de la collecte et de l'élevage sur place aux USA de cicadelles parasitées. Ces cocons n'ont pas nécessité d'exposition à des basses températures pour obtenir l'émergence des adultes. Les générations qui se succèdent désormais en élevage sont composées uniquement de femelles parthénogénétiques thélytoques, c'est-à-dire se reproduisant en l'absence de mâles. La multiplication de cette espèce en continu nous permet actuellement de disposer de suffisamment d'insectes pour entreprendre des études biologiques plus précises sur sa reproduction, son efficacité parasitaire et prédatrice ainsi que sur sa spécificité. Le groupe des Gonatopodinae auquel appartient *G. peculiaris* comprend des espèces généralement plus polyphages et vivant dans des milieux assez variés des strates herbacées plus basses. C'est à ce groupe d'ailleurs qu'appartiennent les quelques rares individus observés dans notre faune locale et qui ont pu s'adapter à un nouvel hôte en le parasitant (ex. de *G. clavipes*).

En ce qui concerne les Diptères Pipunculides, nous avons pu obtenir quelques 120 pupes qui ont été introduites en 2001 et 2002, à partir de la mise en élevage de cicadelles prélevées sur le terrain. Les émergences d'adultes ont été rarissimes et sans synchronisme malgré les conditions variées auxquelles nous avons soumis les différents lots. Aucune souche n'a pu être ainsi conservée vivante et les rares adultes obtenus n'ont pas encore permis une identification précise au niveau spécifique.

Enfin, les prospections de parasitoïdes oophages effectuées sur le territoire américain ont donné lieu à la fin de chacune des deux saisons, à des introductions en quarantaine en France de lots d'œufs de *S. titanus* exposés sur le terrain selon la méthode décrite. Ces œufs potentiellement parasités ont dû être exposés aux basses températures pendant plusieurs mois pour pouvoir obtenir l'émergence de parasitoïdes. Ainsi, les lots introduits à l'issue de la saison 2001 ont donné en mai et juin 2002 l'émergence d'une vingtaine d'adultes d'Hyménoptères, prioritairement conservés vivants pour perpétuer la souche en élevage. Ces derniers ont été mis en présence d'œufs de la cicadelle pour tenter d'obtenir leur parasitisme mais la génération suivante n'a pas été obtenue. Les lots introduits des USA à l'automne 2002 ont subi le même traitement que leurs homologues de l'année précédente et l'émergence de plusieurs dizaines de parasitoïdes a été obtenue durant le printemps 2003 au sein de la quarantaine. Là encore, il a fallu attendre plusieurs mois pour savoir si ces insectes mis en présence d'œufs de *S. titanus* ont pu se reproduire et donner une nouvelle génération. En fait, malgré avoir levé les nombreuses contraintes dues à l'inertie liée de toute évidence à la présence de diapauses obligatoires, aucune descendance viable n'a pu être obtenue. Un premier examen des individus conservés en alcool a révélé la présence de Mymaridae du genre *Polynema* et de Trichogrammatidae du genre *Oligosita* (G. Delvare, com. pers.) mais d'autres espèces restent à identifier.

## Conclusions et perspectives

Ce travail de recherche d'auxiliaires de lutte biologique contre *S. titanus* dans sa zone d'origine est le premier réalisé et il intéresse toute l'Europe viticole du nord de la méditerranée, du fait de la menace que fait peser la Flavescence dorée. Le bilan global des recherches entreprises pendant les deux dernières années est extrêmement positif, tant en matière des connaissances acquises sur le complexe faunistique des cicadelles du genre *Scaphoideus* et de leurs insectes antagonistes, qu'en matière de collecte de matériel biologique. Bien évidemment, de nombreuses questions restent en suspens et nécessiteraient la mise en œuvre de recherches plus ciblées (systématique, quantification des populations, etc..). Il n'en demeure pas moins que plusieurs espèces entomophages ont été introduites en France et ont fait, et font encore, l'objet d'efforts importants pour tenter d'en pérenniser leur élevage en laboratoire. Cette première phase, dont les résultats en matière d'application n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis, permet toutefois aujourd'hui de poursuivre des études biologiques intéressantes sur la seule espèce qui reste actuellement en élevage dans nos laboratoires, à savoir *G. peculiaris* et de déterminer ses principales caractéristiques bioécologiques, ses potentialités en terme d'efficacité mais aussi d'innocuité. Sans cette étude préalable, aucun lâcher dans le vignoble français ne pourrait être raisonnablement envisagé.

**Remerciements :** Ce projet a été soutenu financièrement par l'Office National Interprofessionnel des Vins (ONIVINS).

# Les antagonistes naturels d'*Empoasca vitis* Göth en Bourgogne. Étude de faisabilité d'une lutte biologique par augmentation.

---

Gilles SENTENAC, ITV France  
6 rue du 16° Chasseurs, 21200 Beaune

*Empoasca vitis* Göth, la cicadelle verte de la vigne ou cicadelle des grillures, est considérée comme un ravageur secondaire, sa présence est notée dans la plupart des vignobles de France. Cet insecte piqueur-suceur hiverne à l'état adulte sur des plantes à feuillage persistant (conifères, ronce, chèvrefeuille, troènes,...), migre au printemps sur la vigne ou sur des plantes relais. Les femelles hivernantes vont pondre à l'intérieur des nervures ou du pétiole des feuilles et donner naissance à la première génération de larves. Cinq stades larvaires sont observés, ils se distinguent par leur taille, la présence et la forme des ébauches alaires. Selon les régions, *E. vitis* effectue sur vigne deux à quatre générations par an. Les dégâts occasionnés suite aux piqûres et aux prélèvements de sève, se caractérisent par des décolorations du limbe délimitées par les nervures secondaires et tertiaires, décolorations qui peuvent évoluer en grillures. L'importance des dégâts est fonction du niveau des populations larvaires, de la sensibilité du cépage, des conditions climatiques et de la vigueur de la plante.

La mise en œuvre de méthodes de lutte sélectives contre les principaux ravageurs de la vigne (lutte biologique contre les acariens phytophages, confusion sexuelle, insecticides spécifiques des tordeuses de la grappe) laissait craindre une possible recrudescence des populations de ravageurs occasionnels. N'ayant pas constaté ce phénomène, nous avons émis l'hypothèse qu'un cortège de prédateurs et de parasitoïdes régule les effectifs des insectes phytophages. Mais quels sont ces auxiliaires ? Quel est leur niveau de régulation ? Une lutte biologique est-elle envisageable ?

## Matériels et méthodes :

### *Dispositif expérimental :*

Cinq sites ont été retenus dans le cadre de l'étude menée de 2001 à 2004. Leur choix est argumenté par les raisons suivantes : absence de lutte insecticide chimique, présence ou non de zones naturelles réservoirs situées à proximité, présence à différents niveaux du ravageur.

Des haies ou des lisières bordent la parcelle des Boussières sur ses quatre côtés, la parcelle des Hauts Beaumonts et de la Combe Brûlée sur trois côtés, quant à la parcelle des Noirets, les zones réservoirs les plus proches sont à une centaine de mètres. Il n'y a pas de zone arbustive ou arborescente non cultivée à moins d'un kilomètre du Clos des Epeneaux.

Des précisions sur les caractéristiques des sites expérimentaux sont données dans le **tableau I**.

**Tableau I : Description des sites expérimentaux.**

Nom du site	Commune	Surface	Système de production	Méthode de lutte contre les insectes ravageurs
Les Hauts Beaumonts	Vosne-Romanée	31,5 ares	Biologique	Protection contre les tordeuses de la grappe par confusion sexuelle Pas de traitement insecticide
La Combe Brûlée	Vosne-Romanée	53 ares	Biologique	Protection contre les tordeuses de la grappe par confusion sexuelle Pas de traitement insecticide
Les Noirets	Pernand-Vergelesses	24 ares	Production Intégrée	Protection contre les tordeuses de la grappe par confusion sexuelle Pas de traitement insecticide
Le Clos des Epeneaux	Pommard	Totale : 5,3 ha Etudiée : 1 ha	Biologique	Protection contre les tordeuses de la grappe par confusion sexuelle Pas de traitement insecticide
Les Boussières	S <sup>t</sup> Denis de Vaux	80 ares	Production Intégrée	Il n'y a pas de traitement insecticide, ni de lutte par confusion sexuelle

***Suivi des populations larvaires d'Empoasca vitis :***

Chaque semaine, du mois de mai au mois de septembre, 100 feuilles (avec leur pétiole) sont prélevées par site. Les larves de cicadelles vertes sont dénombrées *in situ*, par stade, en utilisant les caractères distinctifs présentés dans le **tableau II**. Comme ces feuilles sont utilisées dans un deuxième temps à l'étude du taux de parasitisme (éclosoir), les larves ainsi que tous les arthropodes sont retirés des feuilles.

**Tableau II : Caractères permettant de distinguer les différents stades larvaires**

	Stades Larvaires				
	L1	L2	L3	L4	L5
Couleur des yeux	rouge	Rouge en partie	blanc à rouge	blanc	blanc
Taille	≤ 1 mm	Entre 1 et 1.5 mm	≈ 1.5 mm	Entre 1.5 et 2 mm	> 2 mm
Ébauches alaires	absentes	absentes	apparaissent	Bien développées	Les antérieures atteignent et dépassent les postérieures
Couleur du corps	Blanc	Blanc verdâtre	Vert à rose	Vert à rose	Vert à rose

Les prélèvements ont été réalisés le long d'un parcours d'observation. Plusieurs rangs de référence ont été définis en fonction de la forme et de la superficie de la parcelle.

***Inventaire, identification, taux de régulation :***

▪ ***Des prédateurs généralistes :***

Les chrysopes et les araignées sont dénombrées à partir du même échantillon de feuilles qui fait l'objet chaque semaine du suivi des populations larvaires d'*E. vitis*.

Certaines larves de chrysope observées sur site ont été prélevées et élevées jusqu'au stade adulte pour identification. Il en a été de même pour les quelques adultes capturés.

Un battage des ceps au-dessus d'un parapluie japonais est réalisé en 2001 et 2003 afin de capturer des araignées adultes, seul stade qui permet l'identification. Quelques individus ont été prélevés sur le sol ou sous les écorces.



▪ **Des parasitoïdes larvaires :**

Le parasitisme est larvaire, mais il n'est visible que chez les adultes d'*E. vitis* (abdomen hypertrophié ou vésicule externe sur l'abdomen). Pour identifier les parasitoïdes larvaires, des adultes de cicadelle verte ont donc été prélevés à l'aide d'un aspirateur mécanique. Au laboratoire, les cicadelles vertes identifiées sur des critères morphologiques comme étant parasitées, sont mises en survie, individuellement sur un disque de feuille de vigne posé sur un coton humide, le tout est stocké dans des boîtes aérées. Les autres adultes sont placés dans une boîte commune. Les cicadelles extériorisant ultérieurement le parasitisme sont prélevées et mises en survie dans des conditions identiques à celles décrites précédemment. L'évolution des parasitoïdes est suivie jusqu'à l'émergence des adultes.

▪ **Des parasitoïdes oophages :**

Pour une date de prélèvement donnée, on estime le nombre d'œufs parasités par le nombre de parasitoïdes oophages de cicadelle verte récoltés dans les éclosiers et on détermine le nombre d'œufs de cicadelles vertes non parasités par le nombre de larves de cicadelles. Le nombre total d'œufs de cicadelle pour une date de prélèvement, est égal à la somme des œufs parasités et des œufs non parasités. Nous définirons le taux de parasitisme par le rapport du nombre d'œufs parasités sur le nombre total d'œufs pondus.

Les éclosiers à cicadelle sont des seaux d'une contenance de 12L, dotés d'un couvercle. Une ouverture réalisée au sein du couvercle, recouverte de toile à bluter (maille : 100 µm) permet l'aération. Sur le terrain, après avoir compté et retiré les larves de cicadelle verte ainsi que les autres arthropodes, les lots de 100 feuilles sont mis dans les éclosiers. Ceux-ci sont stockés dans une salle à 24°C, avec une humidité relative minimale de 50 p. cent. Après 12 à 13 jours, les feuilles sont mises à tremper pendant au moins 4 heures dans 8 l de solution dite de trempage. Cette solution est une dilution aqueuse de Javel (0,5 p. cent) et de Triton X100 (0,1 p. cent). Après cette période de trempage, les feuilles sont lavées une à une, l'eau de trempage et celle de rinçage sont filtrées sur les tamis de 425 µ et de 75 µ. Ces derniers sont observés à la loupe binoculaire, aux grossissements x12 et x25. Les larves de cicadelle verte et les parasitoïdes oophages sont dénombrés, on isole ces derniers pour identification.

***Essai de lutte biologique au moyen de lâchers d'*Anagrus atomus* :***

En 2003 et 2004, dix lâchers hebdomadaires d'*Anagrus atomus* sont effectués sur le site de la Combe Brûlée du 19-20 mai au 21-22 juillet. Les parasitoïdes sont expédiés par Syngenta Bioline sous forme d'œufs d'*Hauptidia maroccana* parasités, insérés dans les nervures de feuilles de primevères. À chaque réception les œufs parasités sont dénombrés, puis déposés dans des incubateurs de terrain : tube en polystyrène crystal de 11 ml, les parois et le fond sont enveloppés de papier canson noir, le bouchon translucide est doté de quatre trous de sortie de 1,8 mm de diamètre, un papier absorbant humidifié tapisse la moitié intérieure du tube. En moyenne les incubateurs abritent quatre œufs parasités, les fragments de feuille de primevères étant en contact avec le papier humidifié par leur face supérieure. Le taux d'émergence est calculé suite à neuf ou quatorze jours d'exposition, plus si on constate une présence d'œufs parasités non éclos au terme de cette période. La densité des apports est de 377 *Anagrus atomus* potentiels par hectare et par lâcher en 2003, de 2500 *Anagrus atomus* potentiels par hectare et par lâcher en 2004. L'évaluation de l'efficacité des lâchers s'effectue par la comparaison des pourcentages d'œufs d'*E. vitis* parasités observés dans la modalité témoin et dans la modalité lâcher.

## **Résultats et discussion**

***Les populations larvaires d'*E. vitis* ces quatre dernières années :***

Si on se réfère aux seuils de traitement habituellement retenus en lutte raisonnée, il s'avère que la première génération d'*E. vitis* sur vigne ne génère jamais de problème, sauf en 2002 sur le site des Hauts Beaumonts. En fait dans les conditions du vignoble bourguignon, les adultes hivernants migrent vers la vigne avant le débourrement, on capture au moyen de pièges jaunes englués des cicadelles vertes dans le vignoble dès les premiers jours de mars alors que les bourgeons sont encore au stade dormant. Il n'y a pas une bonne coïncidence temporelle entre la migration des cicadelles et le débourrement de la vigne, un mois sépare quelquefois les deux événements. On peut supposer que *E. vitis* pond d'abord sur des plantes relais, la vigne

ne joue un rôle de plante hôte qu'en fin de période de ponte des femelles hivernantes. Les sites à proximité des zones d'hivernation ne présentent pas forcément de plus fortes populations.

Il en va autrement en deuxième génération : tous les sites présentent un dépassement de seuil en 2002, seulement un site sur trois en 2004. À noter que les populations larvaires rencontrées en première génération n'expliquent en aucune manière celles observées en deuxième. Il convient néanmoins de relativiser ces dépassements de seuil de traitement qui n'ont pas eu de répercussion sur la qualité de la vendange dans les conditions rencontrées, les seuils sont peut-être trop sévères. Seul le site de la Combe Brûlée présente de façon chronique d'importantes populations larvaires en deuxième génération.

**Tableau III : Pic des populations larvaires 2001-2004**

	2001		2002		2003		2004	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
Combe Brûlée	9 (28 juin)	266 (02 août)	60 (12 juin)	285 (31 juillet)	50 (04 juin)	170 (09 juillet)	4 (15 juin)	122 (11 août)
Clos des Epeneaux	21 (07 juin)	58 (09 août)	62 (05 juin)	84 (07 août)	40 (28 mai)	51 (09 juillet)	1 (15 juin)	3 (11 août)
Boussières	12 (14 juin)	66 (09 août)	39 (12 juin)	60 (31 juillet)	26 (04 juin)	27 (17 juillet)	4 (22 juin)	7 (11 août)
Hauts Beaumonts	19 (28 juin)	72 (26 juillet)	143 (05 juin)	97 (24 juillet)	-	-	-	-
Noirets	12 (21 juin)	41 (02 août)	63 (12 juin)	81 (14 août)	-	-	-	-

**Les prédateurs généralistes :**

▪ **Les Chrysopidae :**

Trois espèces de chrysope ont été identifiées :

*Chysoperla lucasina* (Lacroix)

*Chysoperla affinis* (Navàs)

*Chrysopa perla* Linné

Les identifications concernent relativement peu d'individus, il conviendrait d'intensifier ce travail pour valider les premiers résultats qui montrent que *C. lucasina* et *C. affinis* sont les principales espèces rencontrées dans le vignoble, avec une fréquence légèrement supérieure en ce qui concerne *C. lucasina*.

Une quatrième espèce, *Chysoperla carnea* (Stephens) a été rencontrée dans les habitations en novembre/décembre.

Si nous avons observé, au laboratoire en condition de non choix, la prédation de larves d'*E. vitis* par des larves de Chrysopidae de 3<sup>o</sup> stade, il en a été autrement en condition de plein champ. En effet, au cours des ces quatre années de suivi, à raison de 19 à 20 observations hebdomadaires par année, nous n'avons jamais vu de larves de cicadelle attaquées par les Chrysopidae.

**Tableau IV : Nombre moyen de Chrysopidae (œufs et larves) par lot de 100 feuilles, recensés lors des contrôles visuels effectués de mai à septembre.**

	2001		2002		2003		2004	
	mai-juin	juil-à sept.	mai-juin	juil. à sept.	mai-juin	juil. à sept.	mai-juin	juil. à sept.
Combe Brûlée	1.0	5.5	1.9	2.5	0.6	4.9	1.6	2.0
Clos des Epeneaux	1.4	2.7	4.7	4.1	5.1	3.1	0.9	0.5
Boussières	2.9	8.7	8.2	3.0	2.6	2.8	2.0	0.9
Hauts Beaumonts	4.7	4.7	2.9	1.8	-	-	-	-
Noirets	1.9	5.7	5.4	4.2	-	-	-	-

Les effectifs de Chrysopidae recensés (**Tableau IV**) sont surtout composés d'œufs, leur nombre augmente en juin-juillet, le maximum observé a été de 30 œufs pour 100 feuilles. Paradoxalement, le nombre de larves observées sur feuille est quasiment nul, la densité des populations larvaires n'excède pas 3 larves pour 100 feuilles, ce maximum a été rencontré sur des sites qui ne présentent pas les plus fortes populations

de larves de cicadelle. Il semble dans ces conditions que les Chrysopidae ont une action des plus limitées sur les populations larvaires d'*E. vitis*. Ils fréquentent néanmoins aussi bien les sites proches des zones réservoirs que les sites qui en sont éloignés.

▪ **Les araignées :**

Les araignées occupent en permanence le feuillage, leur présence est cependant plus conséquente au cours des mois de juillet, août et septembre. Bien que rencontrées en tout lieu, elles sont plus fréquentes sur les sites proches des zones réservoirs. Les araignées sont toutes des prédateurs, polyphages pour la plupart.

**Tableau V : Nombre moyen d'araignées par lot de 100 feuilles recensées lors des contrôles visuels effectués de mai à septembre.**

	2001		2002		2003		2004	
	mai-juin	juil. à sept.	mai-juin	juil. à sept.	mai-juin	juil. à sept.	mai-juin	juil. à sept.
Combe Brûlée	1.1	8.9	1.5	8.7	2.3	6.4	0.8	2.8
Clos des Epeneaux	1.6	3.8	0.8	4.5	0.7	2.9	0.3	1.3
Boussières	2.0	11.2	4.1	8.7	3.3	5.7	0.9	3.7
Hauts Beaumonts	1.2	5.2	0.8	4.2	-	-	-	-
Noirets	1.4	4.8	1.6	5.7	-	-	-	-

Le 11 juillet 2001, lors des battages, nous avons en moyenne récolté 2.7 araignées par cep sur le site des Boussières. Le 28 juillet 2003, les résultats étaient respectivement aux Boussières et à la Combe Brûlée de 6.4 et 5.4 araignées par cep. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un inventaire exhaustif, nous avons identifié dix familles et seize espèces :

- Agelenidae : espèce non identifiée
- Araneidae : *Agelenatea redii* (Scopoli)  
*Araniella curcubitina* (Clerck)  
*Araneus diadematus* Clerck  
*Argiope bruennichi* (Scopoli)  
*Larinioides cornutus* (Clerck)  
*Mangora acalypha* (Walckenaer)  
*Nuctenea umbratica* (Clerck)
- Clubionidae : *Clubiona* sp
- Gnaphosidae : *Drassodes lapidosus* ou *pubescens*
- Halniidae : espèce non identifiée
- Linyphiidae : espèce non identifiée
- Lycosidae : *Pardosa nigriceps* (Thorell)
- Salticidae : *Salticius scenicus* (Clerck)  
*Heliophanus tribulosus* (Walckenaer)  
*Marpissa nivoyi* (Lucas)  
espèce non identifiée
- Theridiidae : *Enoplognatha ovata* (Clerck)  
*Theridion bimaculatum* (Linné)
- Thomisidae : *Misumena vatia* (Clerck)  
Espèce non identifiée

Nous n'avons pas été en mesure d'identifier toutes les espèces rencontrées, celles qui ont pu l'être devront faire l'objet d'une vérification. Ces dernières ne sont pas spécifiques du milieu viticole. Leur rôle éventuel dans la régulation des populations larvaires de la cicadelle verte n'a pas pu être mis en évidence, même si l'augmentation en nombre de ces prédateurs correspond à l'augmentation des populations larvaires d'*Empoasca vitis* 2<sup>o</sup> génération et même si nous avons observé en plein champ des cas de prédation effective de la part d'une Salticidae, *Salticius scenicus* (Clerck). Si les observations *in situ*, feuille à feuille, donnent une indication pertinente du niveau de présence des araignées, alors nous pouvons avancer que ces dernières participent peu à la régulation des larves de la cicadelle des grillures. En effet, sur les sites de la Combe Brûlée et des Boussières nous rencontrons à peu près le même nombre d'araignées pour 100 feuilles

sur la période qui correspond à la deuxième génération larvaire d'*E. vitis* (juillet août sept.) alors que la Combe Brûlée présente 4 à 17 fois plus de larves au moment du pic.

### ***Les parasitoïdes larvaires :***

Des prélèvements d'adultes d'*E. vitis* de première génération ont été réalisés au moyen d'un aspirateur à insectes doté d'un moteur thermique. Ces aspirations se sont déroulées en juillet ou en août sur tous les sites en 2002, sur la Combe Brûlée et les Hauts Beaumonts en 2003, la Combe Brûlée, les Epeneaux et les Boussières en 2004. Les cicadelles qui paraissent parasitées sont isolées et élevées individuellement jusqu'à l'émergence du parasitoïde.

#### ▪ **Les Pipunculidae :**

Les Pipunculidae sont des diptères qui présentent une tête hémisphérique dont la surface est occupée dans sa quasi-totalité par les yeux. Dans l'état actuel des connaissances ces parasitoïdes larvaires d'*E. vitis* appartiennent au genre *Chalarus* (Herard & Chen, 1987). Le parasitisme entraîne une modification des organes génitaux de l'hôte, les femelles parasitées ne sont plus aptes à la ponte. Le développement du Pipunculidae entraîne à terme la mort de l'hôte, qui en fin de cycle, présente un abdomen hypertrophié.

**Tableau VI : Taux de parasitisme lié à l'activité des Pipunculidae.**

	E. vitis capturés	E. vitis parasité	Taux de parasitisme
2002	994	26	2.6 %
2003	638	45	7 %
2004	232	2	0.9 %

Les taux de parasitisme obtenus sont relativement faibles et variables d'un site à l'autre comme en 2002, où le maximum était relevé sur le site des Boussières avec 5.8 % et le minimum aux Clos des Epeneaux avec 0 %. À l'origine d'un taux de parasitisme systématiquement inférieur à 10 % (voir **tableau VI**), les Pipunculidae n'ont qu'une faible influence sur la dynamique des populations de cicadelles vertes en Bourgogne. Les adultes obtenus assez facilement sont toujours en cours d'identification.

#### ▪ **Les Dryinidae :**

Les adultes parasités présentent une vésicule externe dans laquelle se développent les trois derniers stades larvaires du Dryinidae, les deux premiers ayant un développement interne. Les Hyménoptères de la famille des Dryinidae qui parasitent les Typhlocibinae, *E. vitis* en particulier, appartiennent au genre *Aphelopus* (Jervis, 1980). Les adultes peuvent être aptères, les tarses antérieurs de la femelle ne sont pas modifiés en pince comme chez les autres Dryinidae. À la fin du développement larvaire du Dryinidae, la L5 consomme entièrement les tissus internes de la cicadelle provoquant sa mort, s'extrait de la vésicule et tisse un cocon une fois tombée au sol. Les adultes émergent trois semaines après si l'individu n'est pas en diapause.

**Tableau VII : Taux de parasitisme lié à l'activité des Dryinidae.**

	E. vitis capturés	E. vitis parasité	Taux de parasitisme
2002	994	0	0 %
2003	638	9	1.4 %
2004	232	1	0.4 %

Les faibles taux de parasitisme obtenus nous laissent penser que les Dryinidae ne sont pas des parasitoïdes majeurs des populations estivales d'*E. vitis* (voir **tableau VII**). Jusqu'à présent nous n'avons pas pu obtenir la nymphose de la larve, l'identification de l'espèce n'a donc pas été réalisée.

## Les parasites oophages

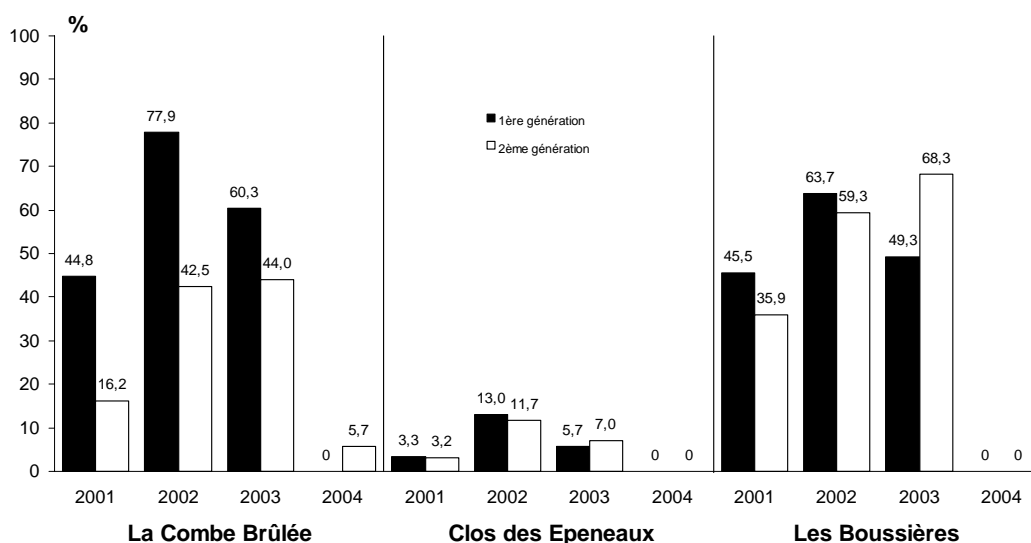
Tous les parasitoïdes oophages de la cicadelle verte *E. vitis* obtenus dans les conditions de cette étude appartiennent à la famille des Mymaridae (voir **tableau VIII**).

**Tableau VIII : Les espèces de Mymaridae identifiées en Bourgogne comme parasitoïdes d'*E. vitis*.**

	2001	2002	2003	2004
<i>Anagrus atomus</i> Linné	94 %	85 %	72 %	100 %
<i>A. incarnatosimilis</i> Soyka	-	7 %	6 %	
<i>A. avalae</i> Soyka	-	4 %	-	
<i>Anagrus</i> sp.	-	3 %		
<i>Anagrus ustulatus</i> Haliday	3 %	-	1.5 %	
<i>Stethynium triclavatum</i> Enock	3 %	1 %	20 %	
<i>Dicopus</i> sp.	-	-	0.5 %	
Nombre d'insectes identifiés	66	166	142	2

*Anagrus atomus* est le parasitoïde oophage majeur d'*Empoasca vitis* en Bourgogne. Par souci de simplification, nous attribuons le taux de parasitisme à cette espèce même si *Stethynium triclavatum* représente 20 % des identifications en 2003. Seuls les résultats de la Combe Brûlée, du Clos des Epeneaux et des Boussières sont présentés, dans la mesure où en 2001 et 2002 les Hauts Beaumonts se sont comportés comme les autres sites proches des zones réservoirs, les Noirets comme le Clos des Epeneaux.

**Taux de parasitisme des œufs d'*Empoasca vitis* par *Anagrus atomus* par génération et par site de 2001 à 2004**



**Figure n°1**

Sur la période d'étude, excepté en 2004, le taux de parasitisme varie de 3 à 78 % en G1, de 3 à 68 % en G2 (voir **figure n°1**). Sur le site des Boussières l'activité du parasitoïde suffit à maintenir les populations de cicadelle à un niveau acceptable, ce n'est pas le cas à la Combe Brûlée où, malgré une régulation naturelle des œufs de 44 % au plus en deuxième génération, les densités des populations larvaires fluctuent de 170 à 285 larves pour 100 feuilles. Au Clos des Epeneaux les populations larvaires sont faibles à moyennes et ne perturbent aucunement la vigne, cette situation résulte d'un faible dépôt d'œufs et non pas d'une forte activité du parasitoïde.

Le taux de parasitisme est donc plus élevé sur les sites proches des zones réservoirs mais ces derniers sont généralement l'objet d'un dépôt plus important d'œufs d'*E. vitis*. Cette quantité est évaluée en effectuant le cumul du nombre de larves d'*E. vitis* et d'*A. atomus* obtenus par génération dans les éclosiers. Il n'y a cependant pas de régression significative entre le nombre d'œufs pondus pour 100 feuilles et le taux de parasitisme. Simplement s'il n'y a pas ou pas assez d'œufs, l'activité des parasitoïdes est nulle ou faible. Par

contre, pour un dépôt similaire d'œufs, le taux de parasitisme peut varier énormément, par exemple dans un rapport de 6 à 13 selon les sites ou les années.

En 2004, l'activité d'*A. atomus* est quasiment nulle. La sécheresse et la canicule qui ont sévi en 2003 sont sans doute à l'origine d'une baisse des populations du parasitoïde et de l'hôte, baisse que l'on a pu vérifier pour ce dernier. Une érosion des effectifs des derniers stades larvaires a été observée en juillet 2003 : à titre d'exemple au cours de la G2 nous avons dénombré 110 L1 et seulement 12 L5 à la Combe Brûlée, 43 L1 et 5 L5 au Clos des Epeneaux. Une absence de larve sur feuille est notée dès le 06 août.

Les populations larvaires d'*E. vitis* sont inexistantes sur vigne en 2004, il est donc normal de ne pas observer de parasitisme. Seul le site de la Combe Brûlée présente une population larvaire conséquente en deuxième génération (122 larves pour 100 feuilles), mais les *A. atomus* ont peu œuvré cette année, le taux de parasitisme atteint à peine les 6 %.

### ***Essai de lutte biologique par augmentation au moyen d'Anagrus atomus :***

La Combe Brûlée, pour des raisons qui nous échappent, présente systématiquement les populations larvaires de deuxième génération les plus élevées, alors que rien ne le distingue des autres sites en première génération, nous pouvons même y rencontrer les plus faibles densités larvaires. Cette situation nous a conduit à envisager une lutte biologique par augmentation dans la mesure où la régulation naturelle ne permet de limiter les populations larvaires que de 44 % au maximum.

#### ▪ **Lâchers 2003 :**

**Tableau IX : Taux d'émergence obtenu au cours des différents lâchers 2003**

Lâchers	Durée d'exposition au vignoble des mini-serres							Nb d' <i>A. atomus</i> émergés/Nb d'œufs parasités
	8 jours	9 jours	10 jours	13 jours	14 jours	17 jours	21 jours	
L1-20 mai				62%				66/106
L2-28 mai				42%				46/110
L3-03 juin		50%						68/136
L4-10 juin	42%				57%			61/107
L5-17 juin			59%		71%			82/115
L6-24 juin			56%		66%	70%		73/105
L7-01 juillet			69%		82%	84%		81/97
L8-08 juillet			74%		79%			81/103
L9-15 juillet			60%		82%		83%	95/114
L10-22 juillet			68%		76%			65/85
<b>Total</b>								<b>718/1078=66.6%</b>

Les œufs parasités provenant de l'élevage de Syngenta Bioline présentent un taux moyen d'éclosion, dans les conditions de l'étude, de 66,6 %, avec un minimum de 42 % (L2) et un maximum de 84 % (L7) (voir **tableau IX**). La détermination du taux d'émergence revêt quelques difficultés. Le vieillissement parfois prématuré de certains limbes de primevères rend peu aisée la lecture des opercules ou nuit à une évolution favorable de l'œuf parasité. La durée d'incubation parfois longue de certains œufs nous oblige à prolonger le séjour des limbes dans les mini-serres.

Le faible taux d'émergence du lâcher n°3 : 45 %, est dû à une dessiccation trop rapide du papier absorbant provoquant ainsi une forte mortalité des œufs parasités dans les limbes de primevères desséchés. À partir de ce constat, les papiers absorbants ont été saturés en eau avec soins, avant la mise en place des incubateurs sur le terrain. En moyenne, nous avons donc apporté 71,8 *Anagrus atomus* par lâcher, le nombre espéré était de 100. La surface du lâcher U1+U3 étant de 2650 m<sup>2</sup>, cela revient à un apport de 270 *Anagrus atomus* adultes par lâcher et par hectare. Cela peut paraître faible, mais nous avons privilégié un grand nombre de lâchers avec peu de parasitoïdes par rapport à un lâcher unique avec beaucoup de parasitoïdes, d'une part pour être plus à même d'atteindre la coïncidence temporelle entre l'émergence d'*A. atomus* d'élevage et la présence d'œufs d'*E. vitis* des deux générations, d'autre part pour bénéficier de la descendance des *A. atomus* « lâchés ». Cette hypothèse de travail s'est révélée être pertinente en 2003 car la vigne a atteint certains stades phénologiques avec près d'un mois d'avance par rapport à une année normale. Les incubateurs de terrain ont donné entière satisfaction dans la mesure où, avec un taux d'émergence de 66,6 %, nous n'avons retrouvé que 9 *Anagrus atomus* piégés dans les mini-serres, les 702 autres ont donc

vécu un tant soit peu sur les unités U1 et U3. Les dates de lâchers ont été programmées *a priori*, très tôt en saison (mars-avril), pour satisfaire aux conditions de mise en route de l'élevage et ce, en absence totale d'outil de prévision des risques. 2003 fut une année très précoce et le premier lâcher en date du 20 mai, qui devait intervenir en tout début de période de dépôt de pontes d'*E. vitis*, a été réalisé en fait en début de période de dépôt maximum de pontes soit 15 jours trop tard. Il ne faut pas perdre de vue que l'on apporte au vignoble des œufs parasités et qu'il faut attendre leur fin d'incubation pour disposer de formes actives, la durée d'incubation étant plus longue au mois de mai qu'au mois de juin ou juillet. Néanmoins les premiers lâchers ont pu avoir une action sur la fin de la première génération d'œufs d'*E. vitis*. La fréquence des lâchers, toutes les semaines, nous a permis d'assurer la coïncidence entre l'émergence d'*A. atomus* et les pontes 2°G d'*E. vitis*.

Comme l'indique le **tableau X**, le total des œufs d'*E. vitis* présents chaque semaine dans un échantillon de 50 feuilles est plus important dans la modalité lâcher que dans la modalité témoin. Cette différence est cependant peu marquée tout au long de la campagne, à l'exception du 02 juillet où l'on constate à cette époque deux fois plus d'œufs dans U1+U3 que dans U2+U4. Quoiqu'il en soit, le taux de parasitisme moyen observé dans U1+U3 est très similaire à celui observé dans la modalité témoin, respectivement 55,3 % et 49,7 % (voir **figure n°2**).

Les pics des populations larvaires sont respectivement de 114 et 170 larves pour 100 feuilles dans le lâcher et dans le témoin mais du fait de l'hétérogénéité de la répartition des dépôts de pontes, de la mortalité des différents stades larvaires (prédation, accidents climatiques...), la dynamique des populations larvaires ne permet pas d'évaluer correctement l'activité des parasitoïdes oophages.

Les lâchers réalisés dans les conditions décrites ci-dessus n'ont pas été efficaces. L'apport d'*A. atomus* d'élevage n'a pas eu pour conséquence une augmentation notable du parasitisme des œufs qui résulte en fait principalement de l'activité des parasitoïdes oophages naturellement présents. Cette absence d'efficacité est due, soit à une dispersion non contrôlée par le dispositif expérimental des parasitoïdes lâchés, soit parce que le nombre de micro-hyménoptères apporté est trop faible.

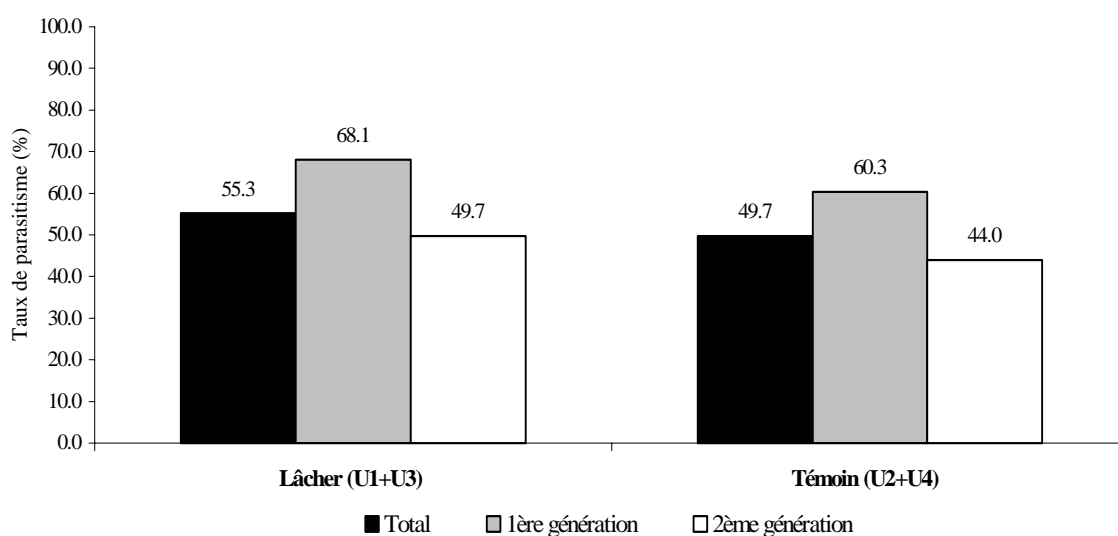
**Tableau X : Nombre d'*Anagrus sp.* et de larves d'*Empoasca vitis* émergés par lot de 50 feuilles prélevées à la Combe Brûlée, dans la partie "lâcher" (U1+U3) et dans la partie "témoin" (U2+U4) du 07 mai au 15 septembre 2003**

	Série	Lâcher (U1+U3)						Témoin (U2+U4)					
		E.v	<i>Anagrus sp.</i>			Total œufs E.v	Taux (%)	E.v	<i>Anagrus sp.</i>			Total œufs E.v	Taux (%)
			♂	♀	T				♂	♀	T		
07-mai-03	1	1	0	0	0	1	0	5	0	0	0	5	0
14-mai-03	2	3	0	1	1	4	25	5	0	0	0	5	0
21-mai-03	3	11	0	5	5	16	31	5	0	1	1	6	17
28-mai-03	4	3	1	9	10	13	77	6	3	5	8	14	57
04-juin-03	5	5	11	16	27	32	84	2	10	12	22	24	92
11-juin-03	6	0	2	4	6	6	100	0	1	3	4	4	100
18-juin-03	7	10	2	4	6	16	38	6	3	3	6	12	50
25-juin-03	8	20	7	9	16	36	44	17	1	11	12	29	41
02-juil-03	9	31	7	13	20	51	39	18	2	6	8	26	31
9-juil-03	10	18	7	8	15	33	45	17	7	4	11	28	39
16-juil-03	11	0	1	3	4	4	100	0	2	1	3	3	100
23-juil-03	12	1	1	4	5	6	83	1	1	0	1	2	50
30-juil-03	13	0	1	2	3	3	100	1	0	1	1	2	50
6-août-03	14	1	1	0	1	2	50	1	0	1	1	2	50
13-août-03	15	1	0	1	1	2	50	0	0	0	0	0	-
20-août-03	16	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-
27-août-03	17	1	0	1	1	2	50	0	0	0	0	0	-
15-sept-03	18	0	5	5	10	10	100	0	3	2	5	5	100
		<b>106</b>	<b>46</b>	<b>85</b>	<b>131</b>	<b>237</b>	<b>55.3</b>	<b>84</b>	<b>33</b>	<b>50</b>	<b>83</b>	<b>167</b>	<b>49.7</b>
G1		23	14	35	49	72	68.1	23	14	21	35	58	60.3
G2		83	32	50	82	165	49.7	61	19	29	48	109	44.0

*A. atomus* représente respectivement 88 et 85 % des identifications réalisées dans la modalité lâcher et dans la modalité témoin. Les autres espèces identifiées sont *A. incarnatosimilis*, *A. avalae*, *A. ustulatus* et *S. triclavatum*.

▪ **Lâchers 2004**

Comparaison des taux de parasitisme entre les modalités "lâcher" et "témoin", par génération, du 7 mai au 15 septembre 2003



**Figure n° 2**

Pour démontrer si l'on peut ou non mettre en œuvre une lutte biologique par augmentation contre *E. vitis*, nous avons décidé d'augmenter de façon significative les apports d'*A. atomus* au cours de la campagne 2004 sur le site de la Combe Brûlée. Ces lâchers sont toujours au nombre de dix et apportent l'équivalent de 2500 *A. atomus* potentiels par lâcher et par hectare (200 œufs parasités apportés chaque semaine sur une surface du lâcher réduite à 800 m<sup>2</sup>).

**Tableau XI : Taux d'émergence d'*A. atomus* obtenu au cours des différents lâchers**

Lâchers	Durée d'exposition au vignoble des mini-serres												Nb d' <i>A. atomus</i> émergés/ Nb d'œufs parasités
	8 j	9 j	14 j	15 j	20 j	21 j	22 j	23 j	26 j	27 j	28 j	29 j	
L1 19/05		24 %		37 %			40 %						80/202
L2 26/05		42 %	77 %										161/210
L3 non reçu													
L4 09/06		56 %	65 %		72 %						74 %		157/213
L5 16/06		41 %	60 %			69 %						69 %	136/196
L6 23/06		46 %	65 %				68 %			68 %			128/189
L7 30/06		37 %		61 %		73 %					76 %		167/221
L8 08/07	26 %		63 %		78 %		78 %			80 %			174/217
L9 15/07	52 %			65 %	69 %				70 %				132/189
L10 22/07		24 %	47 %		56 %			57 %					111/195
<b>Total</b>												<b>1246/1832=68%</b>	

Malgré des températures moins favorables cette année, le taux d'émergence moyen est de 68 %, avec un minimum de 40 % (L1) et un maximum de 80 % (L8). Seule conséquence d'une année moins chaude : des durées d'incubation plus longues.

Par lâcher nous avons apporté en moyenne 138,5 *A. atomus* adultes sur la modalité lâcher de 800 m<sup>2</sup>, soit un apport de 1730 *A. atomus* adultes par hectare et par lâcher, soit 6,4 fois plus qu'en 2003. La coïncidence, période de ponte d'*E. vitis* et apport d'*A. atomus*, est correcte cette année : première ponte de cicadelle déposée entre le 18 et le 25 mai, premier lâcher effectué le 19 du même mois. Comme l'indique le **tableau XI**, les époques de dépôts importants de ponte sont « couverts » par les lâchers. Les quantités d'œufs



déposées dans les deux modalités sont très faibles et quelque peu différentes en première génération, plus conséquentes et quasiment identiques en deuxième génération, ce qui autorise une évaluation de l'efficacité des lâchers (voir **tableau XII**). Ainsi, si la faible activité d'*A. atomus* dans la modalité lâcher en première génération peut être mise sur le compte d'une trop rare présence d'œufs de cicadelle verte avec un cumul de dix œufs déposés par lot de 50 feuilles, cet argument ne peut être retenu pour expliquer la situation rencontrée en deuxième génération. Avec des pics de populations de 110 larves pour 100 feuilles dans le lâcher et de 122 dans le témoin, le seuil de traitement est encore une fois atteint sur ce site. La somme du nombre d'œufs mis en évidence dans les éclosiers chaque semaine en G2, pour des lots de 50 feuilles, est identique dans les deux modalités : 64 et 70, quantité qui s'est révélée suffisamment attractive par le passé. Dans ces conditions les apports d'*A. atomus* ne se sont pas révélés concluants, le taux de parasitisme est de 7,8 % dans le lâcher, de 5,7 % dans le témoin (voir **figure n°3**), largement insuffisant pour permettre de réguler les populations d'*E. vitis*. La lutte biologique par augmentation mise en œuvre en 2004 est un échec.

**Tableau XII : Nombre d'*Anagrus sp.* et de larves d'*Empoasca vitis* émergés par lot de 50 feuilles prélevées à la Combe Brûlée, dans la partie "lâcher" et dans la partie "témoin", du 12 mai au 13 septembre 2004**

Dates	Série	Lâcher						Témoin					
		E.v	Anagrus sp.			Total œufs E.v	Taux (%)	E.v	Anagrus sp.			Total œufs E.v	Taux (%)
			♂	♀	T				♂	♀	T		
12-mai-04	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-mai-04	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25-mai-04	3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
01-juin-04	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
08-juin-04	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-juin-04	6	3	1	0	1	4	25	0	0	0	0	0	
22-juin-04	7	0	1	0	1	1	100	0	0	0	0	0	
29-juin-04	8	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
06-juil-04	9	3	0	0	0	3	0	5	0	0	0	5	0
12-juil-04	10	14	0	0	0	14	0	16	0	1	1	17	6
20-juil-04	11	24	1	0	1	25	4	26	0	0	0	26	0
27-juil-04	12	11	1	0	1	12	8	11	0	0	0	11	0
03-août-04	13	2	1	1	2	4	50	4	2	0	2	6	33
11-août-04	14	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
17-août-04	15	2	1	0	1	3	33	3	0	0	0	3	0
23-août-04	16	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
31-août-04	17	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
08-sept-04	18	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
13-sept-04	19	0	0	0	0	0		0	1	0	1	1	100
<b>Total saison</b>		<b>67</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>74</b>	<b>9.5</b>	<b>67</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>71</b>	<b>5.6</b>
G1		8	2	0	2	10	20.0	1	0	0	0	1	0.0
G2		59	4	1	5	64	7.8	66	3	1	4	70	5.7

Les deux femelles de Mymaridae identifiées appartiennent à l'espèce *A. atomus*.

Comparaison des taux de parasitisme entre les modalités "lâcher" et "témoin", par génération, du 12 mai au 13 septembre 2004

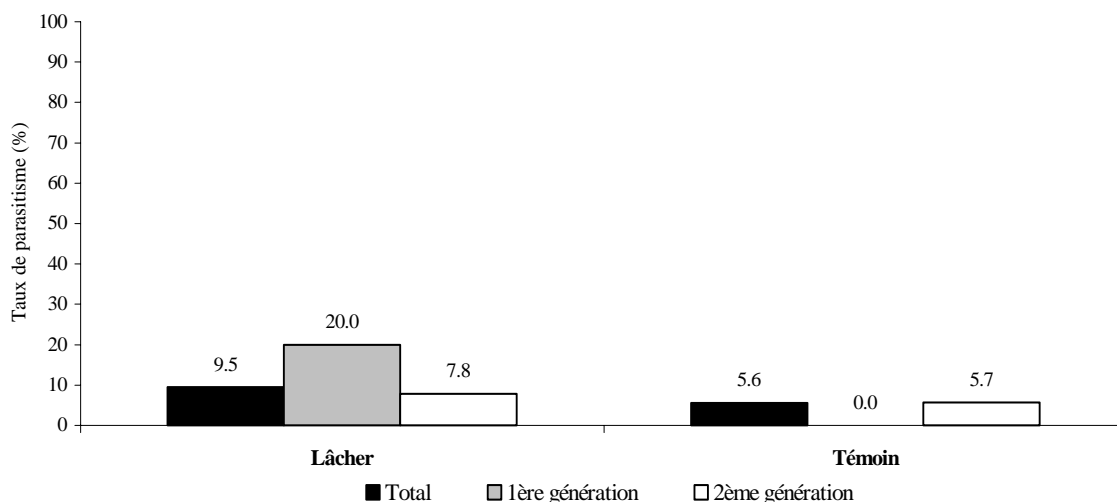


Figure n° 3

## Conclusions

Il ressort de ces quatre années d'étude que les prédateurs généralistes, araignées, Chrysopidae, et les parasitoïdes larvaires, Dryinidae, Pipunculidae, participent à la régulation des populations d'*Empoasca vitis*. Suite aux résultats obtenus, leur impact peut être qualifié de faible, sans conséquence notable, à moins que la méthodologie retenue ne soit pas adaptée pour évaluer ce type d'activité.

Le rôle du parasitoïde oophage majeur *Anagrus atomus* Linné est d'une toute autre nature, selon les sites et les années, plus de la moitié des œufs d'*E. vitis* peuvent être parasités. *A. atomus* est donc un auxiliaire prépondérant. Toutefois le taux de parasitisme qui est à mettre à son actif n'est pas régulier d'une année à l'autre, comme nous l'avons constaté sur le site de la Combe Brûlée ou des Boussières, sans doute en réponse aux conditions climatiques changeantes. De plus, un pourcentage d'œufs parasités se situant aux alentours de 40 % peut ne pas suffire pour que les populations larvaires se maintiennent en deçà du seuil de traitement. Enfin, les tentatives de mise au point d'une lutte biologique par augmentation s'étant soldées par des échecs, nous ne disposons pas à l'heure actuelle de moyen d'action pour augmenter, dans les situations qui le justifient, le parasitisme des œufs d'*E. vitis*.

## Travaux réalisés

- avec le concours financier de la région Bourgogne,
  - grâce à la mise à disposition des Anag line a, par Syngenta Bioline
- et avec la participation de :
- Frédéric Lafage ITV France,
  - Landry Daviaud - Thierry Tafforeau - Arnaud Labarre - Julien Souvignet - Laurent Paupelard CDD Station Régionale Bourgogne Centre Est,
  - Marie Vincent ENSA Toulouse, Nicolas Jacob et Clément Brun ENITA Bordeaux, Romain Tissier LSV Dijon, David Moreau LAV Beaune.

## Bibliographie :

- CHIAPPINI E., TRYAPITSYN S. V., DONEV A. 1996. Key to the holarctic species of *Anagrus* Haliday (Hymenoptera : Mymaridae) with a review of the Nearctic and Palearctic (other than European) species and descriptions of new taxa. *Journal of Natural history*, 30, 551-595.

- CHIAPPINI E., TRYAPITSYN S. V., 1997. Redescription of *Anagrus avalae* Soyka (Hymenoptera : Mymaridae) with new synonymies. *Frustula entomol. n. s. XX (XXXIII)* : 119-126.
- DELLA GIUSTINA W., 1989. Faune de France 73. Homoptères Cicadellidae, volume 3 compléments. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris.
- DELVARE G., ABERLENC H.P., 1989. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale, clé pour la reconnaissance des familles. 298 p. PRIFAS CIRAD-GERDAT.
- GENINI M., 2000. Antagoniste de la cicadelle verte et des vers de la grappe dans le vignoble valaisan et les milieux environnants. *Revue Suisse de viticulture, d'arboriculture et d'horticulture*, 32(3), 153-160.
- HERARD F., CHEN K., 1984-1987. Exploration and survey of natural enemies of *Empoasca fabae*. Rearing of *Empoasca vitis* and *Anagrus atomus*, egg parasitoid. non publié.
- HUBER J. T., 1987. Review of *Schizophragma* Oblogin and the non-australian species of *Stethynium* Enock (Hymenoptera : Mymaridae). *The Canadian entomologist*, 119, 823-855.
- JERVIS M.A., 1980. Ecological studies on the parasite complex associated with typhlocybine leafhoppers (Homoptera, Cicadellidae). *Ecological Entomology*, 5, 123-136.
- JONES D., LEDOUX J.C., EMERIT M., 2000. Guide des araignées et des Opilions d'Europe. 384 p. Delachaux et Niestlé, Paris.
- LEDOUX J.C., CANARD A., 1991. initiation à l'étude systématique des araignées. 64 p. 2° édition. J.C. Ledoux, imprimeur et éditeur.
- RIBAUT H., 1936. Faune de France 31. Homoptères Auchénorhynques. I Typhlocibidae. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris.
- SEMERIA Y., BERLAND L., 1988. Atlas des névroptères de France et d'Europe. 190 p. 2° Ed. Ed. Boubée, Paris.
- SENTENAC, 2001-2003. Les antagonistes naturels des insectes ravageurs de la vigne. Compte rendu d'activités par projet. Edition ITV France.
- THIERY D., CLOUPEAU R., CANARD M., 1998. Discrimination of West-Palaearctic *Chrysoperla* Steinmann species of the Stephens group by means of claw morphology (Neuroptera, Chrysopidae). *Acta Zool. Fennica*, 209, 255-262.

# Lutte biologique par conservation en vignoble, le rôle des haies et des zones enherbées.

---

Maarten VAN HELDEN, Aude ROLAND, Jean-Baptiste MEYRIGNAC,  
Myriam RODRIGUEZ SAN MARTIN, Maria Dolores VALLES JIMENEZ  
UMR INRA/ENITA Santé Végétale, Bordeaux  
*m-vanhelden@enitab.fr*

## Le vignoble est finalement peu attaqué par les insectes

Les attaques des insectes et acariens ravageurs en viticulture se limitent en général à 1 ou 2 espèces, réellement considérées comme nuisibles (Stockel, 2000). Les tordeuses ou "vers de la grappe" (Eudémis : *Lobesia botrana* et Cochylis : *Eupoecilia ambiguella*) sont généralement les plus importantes, avec parfois des attaques de cicadelles des grillures (*Empoasca vitis*) en juillet (Decante & van Helden 2001, 2003a). Ces insectes sont généralement contrôlés simultanément par des traitements insecticides contre la deuxième génération des vers de la grappe. Les traitements insecticides se limitent donc en général à 1 ou 2 traitements. L'utilisation de la confusion sexuelle contre les vers de la grappe permet parfois de ne plus traiter du tout contre ces tortricidés mais dans ce cas la cicadelle verte pose parfois problème (Delbac *et al.*, 1997). Dans des zones qui sont en périmètre de lutte contre les cicadelles de la flavescence dorée (*Scaphoideus titanus*), la législation impose 3 traitements insecticides. Dans ce dernier cas d'autres traitements sont souvent nécessaires pour contrôler les autres ravageurs, et -dus aux effets sur les acariens prédateurs- on observe parfois des recrudescences des acariens rouges (*Panonychus ulmi*), érinose, acariose et thrips.

On peut donc considérer que la vigne est une culture peu attaquée par des insectes. Cela est effectivement vrai quand on la compare à d'autres cultures pérennes telles que l'arboriculture fruitière, où le nombre d'insectes ravageurs est beaucoup plus important et nécessite des traitements insecticides plus nombreux. Comme il n'y a pas (plus) de vignes sauvages dans les zones de production viticole, il n'y a que peu de risque d'apport de ravageurs ou maladies à partir de la flore sauvage. Pour l'arboriculture fruitière c'est l'opposé, il y a beaucoup de plantes sauvages proches (les rosacées) comme les pommiers et poiriers sauvages mais aussi les autres prunus, les aubépines etc. et il y donc un risque réel d'augmenter la pression des bio-agresseurs (comme le feu bactérien) (Baudry *et al.*, 2000).

## Beaucoup de ravageurs potentiels sont déjà contrôlés par des ennemis naturels

Malgré cette situation relativement favorable en viticulture, il ne faut pourtant pas oublier le rôle très important des acariens "auxiliaires" (les typhlodromes), qui à ce jour se montrent très efficaces dans le contrôle naturel des acariens rouges, l'érinose, l'acariose et les thrips, tous des ravageurs qui ont donné des problèmes importants dans les années 60 à 80 (Stockel 2000).

L'adaptation du choix des produits phytosanitaires, avec l'utilisation des produits N (Neutre) ou NFT (Neutre à faiblement toxique) vis-à-vis de ces acariens prédateurs, a permis leur installation permanente dans le vignoble. Ce type de contrôle, où on respecte et essaie de stimuler la présence des auxiliaires, s'appelle la "lutte biologique par conservation". Les ravageurs sont toujours présents mais en quantité faible et sous "contrôle de leurs ennemis naturels", ce qui ne pose aucun problème pour la culture. Ravageurs et auxiliaires cohabitent toute l'année sur vigne, souvent en présence d'autres proies (non ravageurs) telles que les acariens tydeides. Le peu de dégâts faits par les ravageurs qui restent (grillures des feuilles, quelques vers dans la récolte) ne donnera aucun effet sur la qualité du produit final, le vin.

## Et les quelques insectes qui posent problème ?

On peut alors se demander pourquoi les quelques vrais ravageurs d'aujourd'hui (vers de la grappe, cicadelles vertes) ne peuvent pas -eux aussi- être contrôlés naturellement dans le vignoble par des auxiliaires. Une observation plus précise de ces ravageurs montre qu'il y a des facteurs qui font que les auxiliaires auront du mal à y arriver.

Les vers de la grappe sont rapidement nuisibles car ils attaquent directement les fruits et favorisent l'installation du botrytis. Ces insectes ont deux ou trois générations dans le vignoble, qui s'attaquent aux inflorescences ou aux grappes déjà formées. Les effectifs qu'on pourrait accepter (le seuil d'intervention) sont donc très bas, surtout en deuxième voire troisième génération. Il est fort probable que ces effectifs soient même trop bas pour qu'un auxiliaire spécialisé puisse en trouver assez pour maintenir une population toute l'année dans le vignoble. Résultat de tout cela est qu'on peut parfois trouver des populations d'auxiliaires (exemple *Campoplex capitator*) à un moment de l'année (première génération des vers de la grappe de début d'année) sans que cet auxiliaire puisse se maintenir pour réguler les générations suivantes (Thiéry *et al.*, 2001, Thiéry & Xuéreb 2003)

Pour la cicadelle verte, les essais en France et à l'étranger (dont un présenté ici par Gilles Sentenac) montrent un exemple comparable avec le parasitoïde *Anagrus atomus*. Ce parasitoïde des œufs de cicadelles est naturellement présent partout en France et montre des taux de parasitisme importants en première génération de cicadelles (mai-juin). Suite à un manque de synchronisation, les individus issus de cette première génération ne trouvent pas d'œufs à parasiter et les populations s'effondrent avec comme résultat une non-efficacité du contrôle en juillet et août (Van Helden *et al.*, 2003).

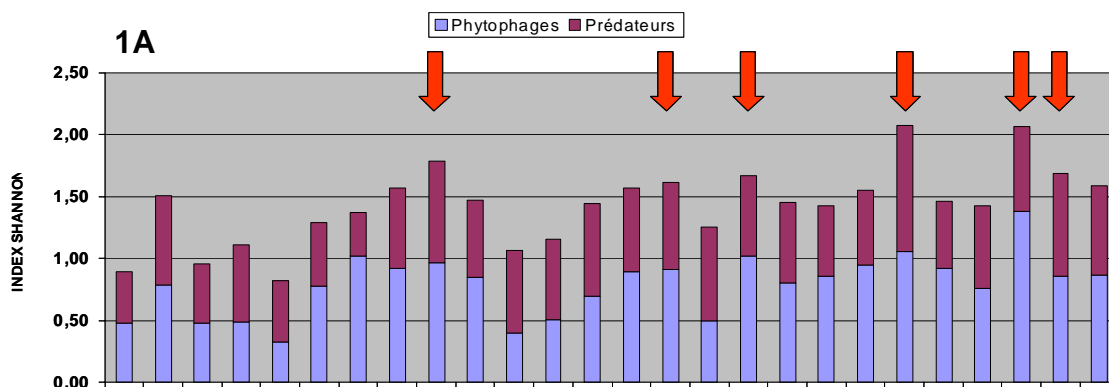
La cicadelle verte a une autre caractéristique qui complique aussi cette lutte. Elle hiverne en dehors du vignoble, immigre au printemps avec des effectifs généralement assez faibles (typiquement le cas en 2004), qui se reproduisent un peu, mais ensuite elle arrive avec des "vagues" d'immigration très importantes en juillet (van Helden *et al.*, 2000, Decante & van Helden 2003b). Un auxiliaire spécialisé, qui ne peut se multiplier sur sa proie, devrait donc lui aussi suivre ces migrations. Il ne pourrait jamais se maintenir en permanence (et à des effectifs suffisants) dans la parcelle pour nous protéger contre ces "invasions". Pour des ennemis naturels plus généralistes, cela est peut-être envisageable si on peut leur offrir des ressources (nourriture) autour ou dans le vignoble. En cas d'immigrations de ravageurs on pourrait espérer une réponse (numérique ou fonctionnelle) capable de contrôler les ravageurs (Van Helden *et al.*, 2003).

Il faudrait donc trouver les moyens pour stimuler la présence, en nombre suffisant, des auxiliaires dans ou juste autour le vignoble et cela plus particulièrement en juillet - août quand on en a le plus besoin pour combattre les ravageurs problématiques.

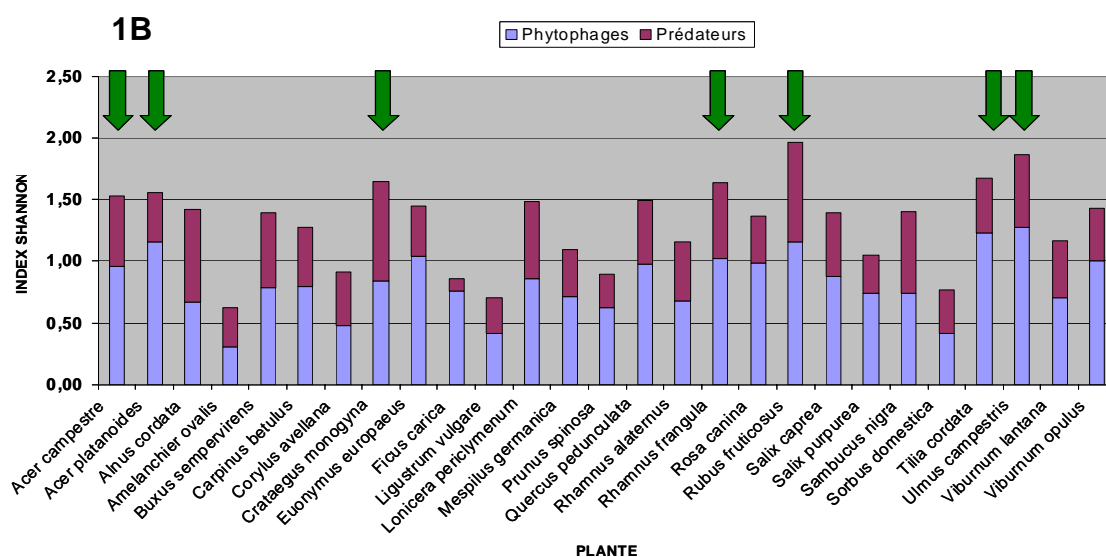
## Il semble bien y avoir des situations où on peut se passer des insecticides

Notre travail sur ce sujet a démarré en 1998, quand nous avons commencé des suivis d'insectes ravageurs et auxiliaires dans des vignobles en protection intégrée, où plus aucun traitement insecticide n'était nécessaire. Dans ces parcelles, les vers de la grappe et les cicadelles vertes restent en-dessous des seuils d'intervention, il y a donc apparemment un équilibre acceptable.

## BIODIVERSITE OBSERVATIONS DIRECTES PAR ESSENCE



## BIODIVERSITE PHOTO ECLOSOIRS PAR ESSENCE



**Figure 1a et b : Dynamique du rapport phytophages/auxiliaires au cours du temps sur des plantes de la haie : Exemple de l'aubépine.**

En faisant des suivis, d'insectes nous nous sommes aperçus rapidement qu'une multitude d'insectes auxiliaires était présente, sans qu'un d'entre eux semble vraiment réguler à lui tout seul un des ravageurs.

Pour la cicadelle verte nous avons observé, comme Sentenac (2004, ce colloque) que les parasitoïdes relativement spécialisées (*Anagrus atomus*, *Stethynium triclavatum*) étaient bien présents mais incapable de contrôler à eux seul le pic de population de juillet (Jervis, 1980).

Parfois on voyait apparaître des populations relativement importantes d'insectes auxiliaires généralistes qui s'attaquaient aux ravageurs (exemple : la punaise prédatrice *Malacocoris chlorizans*). Nous avons aussi observé beaucoup d'autres auxiliaires sans que nous puissions pour autant conclure sur leur fonctionnalité vis à vis des ravageurs viticoles, un problème fréquemment soulevé (Sentenac 2001-2003, 2004 ce colloque, Genini, 2000, Thierry *et al.*, 2001) . Nous avons conclu que c'est apparemment une multitude d'espèce qui est capable, tous ensembles, de contrôler ces ravageurs (van Helden & Decante 2002, van Helden *et al.*, 2003). Il semble que ce sont plutôt des ennemis naturels généralistes (en tout cas pas des purs spécialistes) qui s'adaptent pour manger ou parasiter les ravageurs quand il y en a, et utiliser d'autres ressources en cas d'effectifs faibles de ravageurs. Reste à établir quel sont ces espèces réellement 'utiles'.

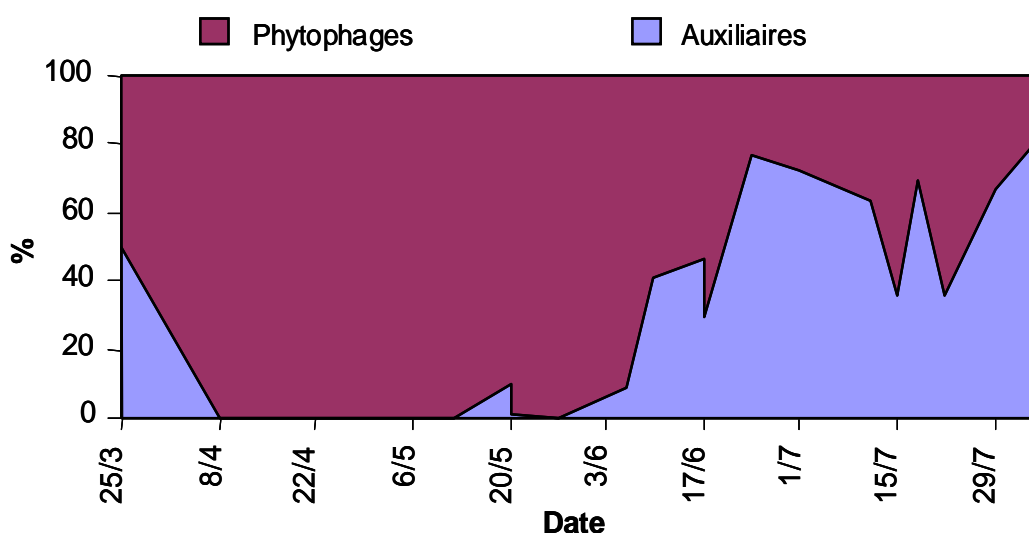
## Comment pourrait-on stimuler ailleurs, une multitude d'espèces d'auxiliaires?

L'environnement de ces vignobles "équilibrés" était assez varié et il y avait un enherbement naturel très riche en plantes, ces deux facteurs semblaient contribuer à cet équilibre. L'observation des insectes sur les arbustes autour de ces parcelles montrait la présence de plusieurs de ces auxiliaires, avec des effectifs très variables, par plante et au cours de la saison.

Riche de cette expérience nous avons planté en 2000 une haie expérimentale, constituée de 26 essences d'arbustes sur le domaine de Luchey-Halde. Après 3 ans, nous avons pu commencer des suivis d'insectes. Deux années d'observations directes et observations par photo-éclosoir (2003/2004) ont montré que les essences locales sont de loin les plus riches en insectes (**fig. 1a et b** indice de Shannon par essence de la haie, flèches pour les essences les plus riches selon la méthode utilisée).

### Dynamique phytophages / auxiliaires

#### Crataegus monogyna (Aubépine)



**Figure 2 :** Dynamique du rapport phytophages/auxiliaires au cours du temps sur des plantes de la haie : Exemple de l'aubépine.

De plus on observe une dynamique de développement des insectes phytophages en début de saison, suivie par une forte augmentation des auxiliaires en juin. Fin juin, ces phytophages sont presque tous consommés par leurs ennemis naturels et les auxiliaires sont donc contraints de quitter la haie (**fig. 2** : exemple de l'aubépine). Il semble donc qu'on a réussi à créer des "élevages" d'auxiliaires dans une haie et qu'un "lâcher biologique" se fasse tout seul en juin (Rodriguez San Martin 2003, Valles Jimenez, 2004).

### Comment inciter ces auxiliaires à aller vers le vignoble ?

Il semble pourtant difficile, voire un peu simpliste, de supposer que ces auxiliaires, partant de la haie, vont spontanément se diriger vers la vigne car les quantités de ravageurs dans un vignoble ne sont que très limitées. D'où notre hypothèse qu'il faudrait créer plus de ressources dans le vignoble afin de stimuler les auxiliaires d'y transiter voire d'y rester. L'enherbement nous semble dans cette optique un maillon indispensable pouvant fournir ces ressources, que ce soit des quantités d'insectes proies/hôtes, voire de la nourriture alternative sous forme de nectar et de pollen. Nous avons privilégié d'étudier la disponibilité de nourriture sous forme de proies/hôtes plutôt que pollen/nectar car les ennemis naturels plus généralistes (qu'on pense le plus intéressant) ont bien besoin de ce type de nourriture.

En 2003 et 2004, nous avons donc réalisé un recensement des espèces végétales présentes dans ces enherbements, afin de voir s'il existe des familles ou même des espèces de plantes bien adaptées à un enherbement (Roland 2003, Meyrignac 2004). Nous avons ensuite inventorié l'entomofaune propre à ces plantes à l'aide de photo-éclosoirs. Il s'agit donc d'abord d'un inventaire de la biodiversité des plantes et des arthropodes au sens large.

Un total de plus que 300 prélèvements ont été effectués, les espèces végétales se répartissaient entre 17 familles et presque 70 espèces. Le recensement des principales plantes présentes dans des enherbements naturels existants, mis en place souvent depuis plusieurs années, a montré qu'il existe une biodiversité végétale assez large. Les plantes échantillonnées ont toutes été trouvées en quantité relativement importante et dans au moins plusieurs vignobles. Elles semblent, par conséquent, adaptées pour exister dans des enherbements viticoles.

## **La biodiversité en arthropodes présente sur ces plantes de l'enherbement**

La biodiversité des arthropodes sur ces plantes a été évaluée par les indices de Shannon, l'équitabilité qui lui est associée, l'effectif total et le nombre de taxons. Toutes les dicotylédones présentent un niveau de biodiversité animale important et de grandes différences sont observées entre plantes et entre dates de récolte. Les adventices dicotylédones ("mauvaises herbes") se sont clairement montrées plus riches en biodiversité animale que les graminées (Roland 2003, Meyrignac 2004). La richesse des insectes dans l'enherbement naturel est effectivement très importante, beaucoup plus grande que sur les graminées d'un enherbement semé ou la diversité d'insectes présents sur les plants de vigne. Aucun ravageur de la vigne n'a été trouvé sur les plantes de l'enherbement.

## **Cette biodiversité, est-elle fonctionnelle ?**

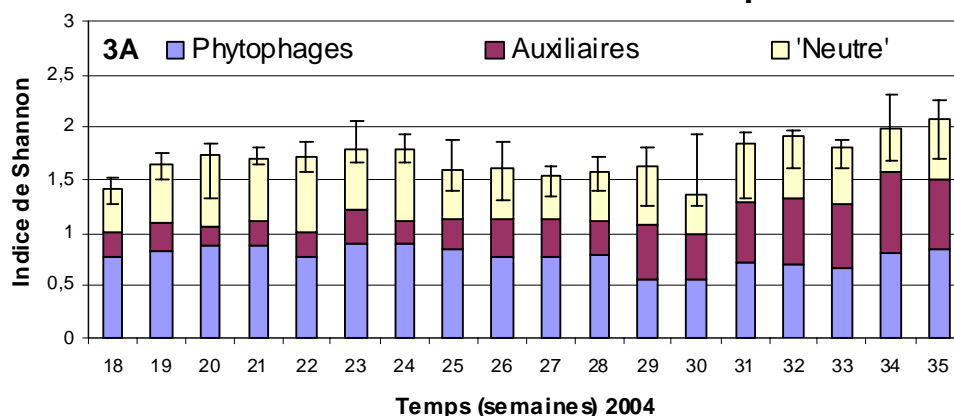
Les insectes auxiliaires observés se développant grâce aux phytophages de ces plantes de l'enherbement, voire attirés vers la parcelle par les fleurs (nectar et pollen) pourraient aussi s'attaquer aux ravageurs viticoles, il s'agit dans ce cas d'une biodiversité fonctionnelle.

Plusieurs espèces de parasitoïdes, déjà décrites comme ennemis naturels des ravageurs viticoles, ont été identifiées (Trichogrammes, Ichneumonidé) ainsi que le parasitoïde *Anagrus atomus*. Ce dernier a été suivi plus spécifiquement et retrouvé sur 13 espèces de plantes (essentiellement parmi les composées et les labiacées) (Roland 2003). Apparemment il y donc bien des plantes hôtes d'autres cicadelles qui sont exploitables par cette parasitoïde dans l'enherbement.

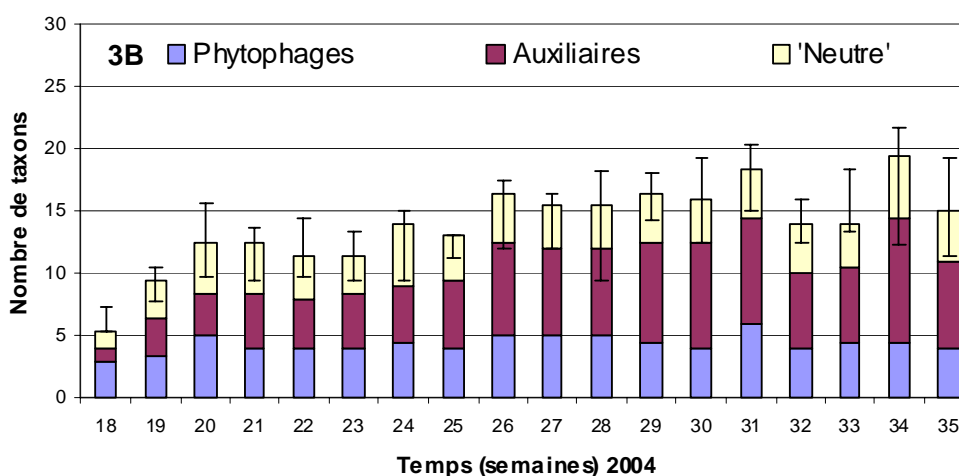
Une multitude de prédateurs généralistes a été trouvée également : araignées, chrysopes, fourmis mais aussi coccinelles (larves, nymphes et adultes) ainsi que des punaises prédatrices du genre *Orius*. Ces *Orius* ont été plus particulièrement suivis et ils ont été identifiés sur 29 espèces de plantes (soit 14 familles). Cet insecte était parfois présent en effectif important (Meyrignac 2004).



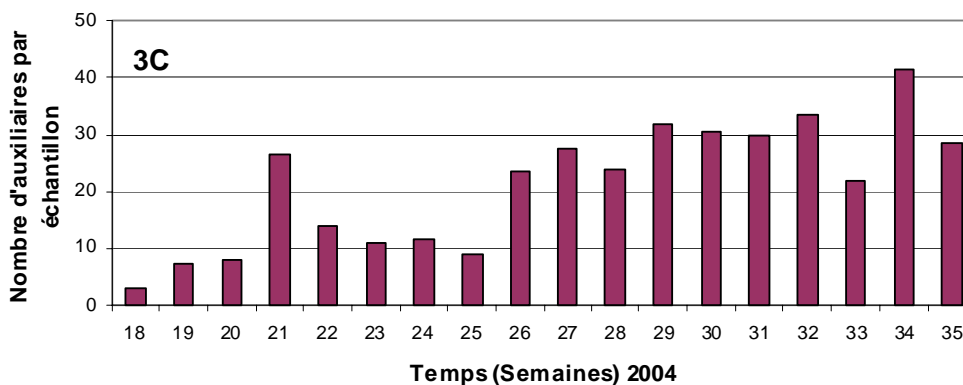
### indice de shannon au cours du temps



### Dynamique du nombre des taxons



### Dynamique des effectifs auxiliaires



**Fig. 3a,b,c : Dynamique dans le temps de l'indice de Shannon par groupe fonctionnel (a), du nombre de taxons d'auxiliaires (b) et de l'effectif total d'auxiliaires (c) dans des plantes de l'enherbement.**

Il semble donc qu'il y a beaucoup d'espèces d'ennemis naturels généralistes dans l'enherbement et qu'ils sont bien capables de s'y maintenir. Il n'est pour l'instant pas sûr que tous ces insectes auxiliaires sont réellement capables de se déplacer vers les plants de vigne voire de s'attaquer aux ravageurs viticoles. Il est même assez clair que certains spécialistes d'entre eux n'ont pas d'intérêt pour la viticulture, comme par exemple des ennemis naturels des pucerons comme des aphidiinae (parasitoïdes) ou des syrphes (prédateurs).

## Une dynamique des auxiliaires qui semble prometteuse

La biodiversité des arthropodes dans l'enherbement montre aussi une dynamique importante au cours de la saison. Même si la biodiversité générale (Indice de Shannon) ne varie que peu, le nombre de taxons d'auxiliaires et leur effectif par espèce, très bas en début de l'année augmente très fortement jusqu'au mois de juillet (fig. 3 a, b et c).

## Conclusion

Les auxiliaires sont donc bien présents dans l'enherbement et les haies et il semble que leur dynamique soit assez bien "synchronisée" avec les besoins de la vigne en ennemis naturels. Ceci dit, l'effet réel de ces populations d'auxiliaires sur les ravageurs viticoles et le lien avec le paysage (ZER, haies, enherbement) restent à démontrer. Si on arrive à démontrer que les auxiliaires sont fonctionnels, il reste des questions sur la quantité d'espèces nécessaires, leur nombre et la quantité et qualité du paysage nécessaire pour les "produire" (surface en ZER, nombre d'espèces végétales de l'enherbement etc.)

Un travail de thèse est lancé pour les trois ans à venir pour vérifier si cette grande biodiversité générale (y incluse des auxiliaires) soit vraiment une biodiversité fonctionnelle et quel est son lien avec le paysage.

## Remerciements

Un grand merci à toute l'équipe pour leur participation dans des observations parfois fastidieuses. Ce projet bénéficie d'un soutien financier du CIVB.

---

## Références bibliographiques :

- BAUDRY, O. BOURGERY, C., GUYOT, G., & RIEUX, R. (2000). Les haies composites, réservoirs d'auxiliaires. Editions CTIFL 116 pp.
- DECANTE, D. & VAN HELDEN, M. (2001) Répartition intraparcellaire des cicadelles ravageurs du vignoble bordelais. IOBC/WPRS proceedings working group integrated pest management in grapes 24 (7): 203-211
- DECANTE, D. & VAN HELDEN, M. (2003a): Intra-plot distribution of the green leafhopper *Empoasca vitis* in a Bordeaux vineyard . IOBC/WPRS proceedings working group integrated pest management in grapes VOLOS (Greece) 25: 181- 189
- DECANTE, D. & VAN HELDEN, M. (2003b): Green leafhopper (*Empoasca vitis* (Göthe) migrations and dispersions. IOBC/WPRS proceedings working group integrated pest management in grapes VOLOS (Greece) 25: 189-197
- DELBAC, L., FOS, A., LECHARPENTIER, P., LECHARPENTIER, V. & STOCKEL, J. 1997. « Confusion sexuelle contre l'Eudémis : Impact sur la cicadelle verte dans le vignoble bordelais ». Phytoma – la défense des végétaux. 488 : 36-40.
- FOS, A., DELBAC, L., LECHARPENTIER, P., LECHARPENTIER, V. & STOCKEL, J. 1997. « Etude de la répartition spatiale d'*Empoasca vitis* Goethe (Homoptera, Typhlocybinæ) et apports pour l'échantillonnage. I – Répartition sur le cep de vigne ». J. Int. Sci. Vigne Vin. 31 ; n°3: 119-125.
- GENINI M., 2000. Antagoniste de la cicadelle verte et des vers de la grappe dans le vignoble valaisan et les milieux environnants. Revue Suisse de viticulture, d'arboriculture et d'horticulture, 32(3), 153-160.
- JERVIS M.A., 1980. Ecological studies on the parasite complex associated with typhlocybinae leafhoppers (Homoptera, Cicadellidae). Ecological Entomology, 5,123-136.
- MEYRIGNAC, J.B., 2004. Dynamique des arthropodes dans l'enherbement des vignobles. Rapport de stage Troisième année ENITA Bordeaux, Laboratoire de protection des végétaux.

- RODRIGUEZ SAN MARTIN, M. 2003. Presencia de fitofagos y de depredators generalistas en un seto silvestre experimental. Rapport de stage Université de Navarre, effectué à l'ENITA Bordeaux, Laboratoire de protection des végétaux.
- ROLAND, A. 2003. Le rôle de l'enherbement pour les prédateurs de la vigne. Rapport de stage Troisième année ENITA Bordeaux, Laboratoire de protection des végétaux.
- SENTENAC, 2001-2003. Les antagonistes naturels des insectes ravageurs de la vigne. Compte rendu d'activités par projet. Edition ITV France.
- STOCKEL, J. Ravageurs de la Vigne. Editions Féret, Bordeaux, 230 pp.
- THIERY D., XUEREB A., VILLEMANT C., SENTENAC G., DELBAC L., & KUNTZMAN P, 2001 – Les parasites larvaires de tordeuses de vignobles : aperçu de quelques espèces présentes dans 3 régions viticoles françaises. International Organisation of Biological Control Bulletin, 24(7), 135-142.
- THIÉRY, D. & XUEREB, A. (2003) Abundance of several larval parasitoids of *Lobesia botrana* on different varieties of grapes. IOBC/WPRS proceedings working group integrated pest management in grapes VOLOS (Greece) 25: 147 -151
- VALLES JIMENEZ, M.D., 2004. Rôle de la haie pour les prédateurs des ravageurs de la vigne. Rapport de stage Université de Pampelune, effectué à l'ENITA Bordeaux, Laboratoire de protection des végétaux.
- VAN HELDEN, M. & DECANTE, D. (2001). The possibilities for conservation biocontrol as a management strategy against *Empoasca vitis*. IOBC/WPRS proceedings working group integrated pest management in grapes 24 (7): 291-299
- VAN HELDEN, M. & DECANTE, D. (2002). Les zones écologiques réservoirs (ZER): un moyen pour gérer les ravageurs ? 6<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les ravageurs en Agriculture AFPP Montpellier: 53-61
- VAN HELDEN, M. (2000). La cicadelle verte. In : STOCKEL, J. Ravageurs de la Vigne. Editions Féret, Bordeaux, 121-130.
- VAN HELDEN, M. , CHAUVIN, B., BUIGUES, L., MONTEYNE, E., DECANTE, D. & CLERJEAU, M. (2000). La cicadelle verte, un insecte migrateur ? Viti 249 : 18-20
- VAN HELDEN, M., DECANTE, D. & PAPURA, D. (2003). Possibilities for conservation biocontrol against *Empoasca vitis* in the Bordeaux region. IOBC/WPRS proceedings working landscape management for functional biodiversity BOLOGNE Italie: 26: 191-197

# Vers une lutte biologique contre eudémis, *Lobesia botrana* ?

---

Denis THIERY et Anne XUEREB  
UMR INRA ENITAB en Santé végétale  
BP 81, 33883 Villenave d'Ornon Cedex  
[thiery@bordeaux.inra.fr](mailto:thiery@bordeaux.inra.fr)

*Dans cet exposé nous présentons les travaux de recherche que nous menons dans l'unité de recherches INRA ENITAB sur les parasites de vers de la grappe. Ces travaux sont menés dans le but de proposer des itinéraires de lutte biologique.*

## 1. Protection intégrée et lutte biologique.

**La protection intégrée** des cultures consiste à combiner différents moyens de lutte (mesures prophylactiques, techniques culturales, lutte biologique, lutte chimique) pour protéger les cultures. Elle suppose la définition d'un seuil économiquement tolérable en-dessous duquel il n'est pas nécessaire d'intervenir.

La lutte biologique doit être comprise comme une composante de la protection intégrée. On trouve toutefois parfois utilisée une terminologie intermédiaire : la protection biologique intégrée (PBI). On distinguera enfin la vraie lutte biologique et la lutte biotechnique. Cette dernière repose sur des produits (souvent des molécules) d'organismes vivants. C'est le cas de la confusion sexuelle ou des traitements à l'aide de toxines de *Bacillus thuringiensis* (Bt).

**La lutte biologique** se définit comme une lutte reposant sur des organismes auxiliaires vivants. Elle peut se faire : 1) par augmentation de populations d'auxiliaires endémiques, on parle de lutte par augmentation ; 2) par introduction d'espèces non naturellement présentes dans l'agrosystème, on parle alors de lutte par inoculation ; ou 3) par conservation en aménageant les paysages ou en modifiant l'environnement dans le but de favoriser les auxiliaires.

Plusieurs exemples de lutte biologique par augmentation ont donné des résultats parfois impressionnants sous serres ou en plein air comme par exemple contre la pyrale du maïs avec *Trichogramma brassicae*, contre la cochenille de l'olivier avec *Metaphycus barletti* ou *M. lounsburyi*, ou les aleurodes avec *Encarsia formosa*.

### **Insectes auxiliaires en vignoble et lutte biologique.**

La lutte biologique contre les principaux Lépidoptères de vignobles n'a été que très peu développée, contrairement à la situation d'autres cultures. Ainsi, le seul agent de lutte biologique actuellement homologué en vignoble est *Anagrus atomus* parasite de cicadelles. Pourtant, la plupart des insectes qui attaquent les grappes comme eudémis (*Lobesia botrana*), cochyliis (*Eupoecilia ambiguella*), la pyrale (*Sparganothis pilleriana*), eulia (*Argyrotaenia ljunghiana*) ou même les drosophiles sont la cible de nombreux auxiliaires. On trouve des parasitoïdes qui sont pour la plupart des Hyménoptères et des prédateurs d'œufs ou de chenilles (fourmis, chrysopes, punaises, et bien sûr les oiseaux). Contre les vers de la grappe les premiers essais de lutte biologique remontent aux années 80 ou des travaux concertés entre les INRA d'Antibes et de Colmar, l'ITV et le CIVC, ont permis de commencer une lutte par augmentation en lâchant des trichogrammes d'élevage (*T. brassicae* puis *T. cacoeciae*) en vignobles Alsaciens, Champenois et Bourguignons.



**Figure 1. Quelques auxiliaires antagonistes d'insectes ravageurs souvent rencontrés en vignobles.**  
 Dans l'ordre (du haut vers le bas et de gauche à droite) : *Orius insidiosus*, punaise prédatrice d'œufs et de jeunes chenilles de vers de la grappe ; *Campoplex capitator*, Hyménoptère parasite de larves de vers de la grappe ; *Anagrus atomus*, hyménoptère parasite d'œufs de cicadelles ; *Trichogramma sp.*, parasite d'œufs de tordeuses ; *Dicaelotus inflexus*, Hyménoptère parasite de chenilles de vers de la grappe ; *Dibrachys cavus*, parasite de chenilles de vers de la grappe ; *Leptopilina bouvardi*, Hyménoptère parasite de drosophiles. Images, échelles différentes, source clichés : Xuéreb, Thiéry, Kuntzman, INRA/Stengel, Dugravot, Internet.

Ce sont des petites guêpes qui pondent dans les œufs de papillons afin d'y effectuer leur développement larvaire. Ces agents ovicides sont largement utilisés pour lutter par exemple contre la pyrale du maïs en faisant chuter le nombre de jeunes chenilles écloses. Parallèlement, des lâchers d'autres espèces de trichogrammes ont été menés principalement en Allemagne et Hongrie. Les résultats ont été parfois excellents mais le plus souvent irréguliers, sans que l'on sache trop interpréter les causes des échecs. On trouvera dans la thèse de Barnay, 1999 la synthèse la plus récente de ces travaux.

## 2. Plusieurs espèces de parasitoïdes en vignoble, auxiliaires bien utiles mais paradoxalement peu étudiés.

Les parasitoïdes ont un comportement un peu différent des vrais parasites que l'on connaît chez d'autres animaux. Contrairement à la plupart des parasites, ils tuent en effet leur hôte à la fin de leur développement ; et c'est la raison pour laquelle ils sont des auxiliaires efficaces en agriculture. Même dans un système fortement entropisé comme la vigne, on retrouve souvent une diversité intéressante d'auxiliaires. Une étude que nous avons menée en collaboration avec l'ITV et le Museum d'Histoire Naturelle de Paris nous a permis de répertorier les parasitoïdes présents dans différents vignobles français et sous différents types de conduite.

Familles	Sous-familles	Espèces	Lieu de récolte
Ichneumonidae	Campopleginae	<i>Campoplex capitator</i>	B
		<i>Diadegma fenestralis</i>	A, C
		<i>Tranosemella praerogator</i>	A, C
		<i>Venturia canescens</i>	B
	Pimplinae	<i>Itopectis alternans</i>	A, C
		<i>Itopectis maculator</i>	A, B, C
		<i>Itopectis tunetana</i>	A, B
		<i>Scambus elegans</i>	B
	Ichneumoninae	<i>Dicaelotus inflexus</i>	A, B, C
		<i>Phaeogene planifrons</i>	A
	Cryptinae	<i>Ischnus inquisitor</i>	C
		<i>Gelis aerator</i>	B
Braconidae	Microgastrinae	<i>Apanteles sp. et spp.</i>	A, B
		<i>Microgaster sp.</i>	B
	Rogadinae	<i>Aleiodes bicolor</i>	B
Pteromalidae	Pteromalinae	<i>Dibrachys cavus</i>	B
		<i>Dibrachys affinis</i>	A, C

**Table 1. Liste non exhaustive de quelques espèces trouvées dans les différents vignobles d'Alsace (A), du Bordelais (B) et de Bourgogne (C). Compilation de collectes effectuées en 2000-2001 par nous-mêmes, Gilles Sentenac (ITV Beaune), Philippe Kuntzman (ITV Colmar), Claire Villemant (MNH Paris).**

On retrouve des espèces spécialistes (parasitant une seule espèce) et généralistes (parasitoïdes ubiquitaires). Excepté pour *D. cavus* la biologie et le comportement de plupart des espèces listées ici sont mal connus.

Nous avons en outre trouvé sur le vignoble de la Grande Ferrade (INRA Bordeaux) *Leptopilina bouvardi* parasite méridional de drosophile fréquent à l'automne, en quantité relativement importante sur *Drosophila simulans*.

### 3. Des efficacités parasitaires naturelles intéressantes.

Deux espèces sont particulièrement intéressantes, *Campoplex capitator* (Hyménoptère Ichneumonidae) et *Dibrachys cavus* (Hyménoptère Pteromalidae). On les retrouve en effet dans la plupart des vignobles français mais aussi italiens ou espagnols (Marchesini et Dalla-Monta, 1994 ; Coscola, 1997), et leur efficacité parasitaire peut être spectaculaire : jusqu'à 80% de chenilles d'eudémis parasitées dans certains vignobles. Elles varient toutefois selon les vignobles et les générations d'eudémis.

### 4. *Campoplex capitator*, 'serial killer' en vignoble ?

*C. capitator* est une espèce de parasitoïdes de tordeuses fréquemment rencontrée dans la plupart des vignobles européens. Nous pensons que cette espèce a un très gros potentiel. Elle présente en outre l'avantage d'être active dès le printemps, donc sur la première génération de tordeuse. C'est un endoparasite solitaire, qui comme beaucoup de parasitoïdes, se reproduit au cours de sa vie par parthénogénèse arénothoque et par reproduction sexuée. En absence de mâles les femelles de *C. capitator* se reproduisent par parthénogénèse et ne produisent que des mâles.

Nos observations ont montré que la femelle pondait dans la plupart des stades larvaires d'eudémis de stades L2 au moins à L4. Son comportement parasitaire est densité dépendant. Au vignoble le taux de parasitisme dépend de la densité de chenilles d'eudémis par grappe (Xuéreb & Thiéry, soumis). Nos observations en vignobles multicépages, nous permettent de conclure que le parasitisme par cette espèce n'est pas différent selon le cépage de développement d'eudémis. Cette étude n'a toutefois testé que des cépages du Bordelais (cabernet franc, merlot, cabernet sauvignon, merlot, sauvignon et sémillion). *C. capitator* parasite aussi en fin d'été, produisant une génération qui peut diapaiser dans le cocon de son hôte.

Comme la plupart de Ichneumonidae, cette espèce est très difficile à élever et à produire au laboratoire, condition indispensable aux études sur la biologie de l'espèce et à des lâchers en vignoble. En outre, son élevage consomme beaucoup de chenilles hôtes (1 par adulte produit).

Les travaux de Claire Villemant devraient permettre de savoir si c'est bien la même espèce qui parasite eudémis et cochylis.

## 5. Un autre candidat intéressant : *Dybrachis cavus*.

Il s'agit d'un ectoparasitoïde grégaire (**figure 2**), c'est-à-dire qu'une femelle pond plusieurs œufs sur une même chenille. Les larves du parasitoïde pourront alors se développer au détriment de la chenille. Une chenille peut recevoir plusieurs pontes d'une même femelle ou de femelles différentes. Nous avons ainsi pu compter jusqu'à 31 parasitoïdes s'étant développés à partir de la même chenille ! Comme c'est un généraliste, il peut parasiter les différentes espèces de tordeuses.



**Figure 2.** Nymphes de *Dybrachis cavus* s'étant développées au détriment d'une chenille d'eudémis (Cliché Xuéreb).

On le trouve en vignoble fréquemment à l'automne, ce qui a fait penser à certains auteurs qu'il s'agissait d'un parasite de chrysalides diapausantes. Nous savons qu'il n'en est rien, la femelle parasite en effet avant la nymphose, lorsque la chenille commence à tisser et à s'immobiliser; et nous avons mis au point un élevage continu sur eudémis non diapausante.

Pour cela, nous prenons une boîte d'élevage d'eudémis dont les chenilles sont installées dans leur cocon. Nous y introduisons les parasitoïdes, après avoir installé un système permettant aux parasitoïdes de s'alimenter. Au bout de 10 jours, les survivants sont retirés de la boîte. Il faut alors encore 15 jours environ pour voir naître de nouveaux adultes de *D. Cavus*.

## 6. La polyphagie du phytophage influence t'elle le parasitisme ?

Plantes, phytophages, parasites et prédateurs sont en étroites relations. Ce sont ces relations qui régulent la population du phytophage et de ses parasites et prédateurs.

Les principales tordeuses de vignobles sont toutes des espèces polyphages. Elles peuvent attaquer la plupart des cépages de vigne connus et se développer sur d'autres plantes très différentes de la vigne, une vingtaine de plantes pour eudémis et cochylis, la liste des plantes hôtes d'eudémis étant différente de celle de cochylis. Paradoxalement, et de manière très intéressante, beaucoup de ces plantes produisent des composés toxiques. La pyrale est quant à elle encore plus polyphage que les deux précédentes espèces. Ce sont des espèces à chenilles assez peu mobiles, en tous cas relativement incapables de changer efficacement de plante.

C'est donc la femelle qui sélectionne la plante sur laquelle se développe la chenille. Elle y apporte un soin extrême (Maher et al, 2000 ; Maher, 2002 ; Maher & Thiéry 2004) et l'efficacité de ce comportement va conditionner le succès (on parle de fitness) de la descendance. On sait chez eudémis que l'alimentation sur différentes plantes modifie de nombreuses variables chez la chenille, comme la durée de développement des différents stades larvaires (Savoupolou- Soutani & Tzanakakis, 1998 ; Thiéry & Moreau soumis). Le raccourcissement du développement larvaire pourrait alors constituer une stratégie de défense comportementale contre les parasitoïdes. Nous avons trouvé que l'alimentation de la chenille, et en particulier sur différents cépages de vigne, induit des fortes différences tant dans la fécondité des femelles qui vont naître, que la fertilité de leurs œufs (Moreau et al. Soumis). Il semble que la capacité à s'accoupler soit elle aussi influencée par la nourriture de la chenille. Typiquement nous avons trouvé chez eudémis ce que l'on appelle une plasticité reproductrice, à savoir certaines plantes ou cépages donnent naissances à des femelles très fécondes mais produisant des œufs de moins bonne qualité tandis que d'autres produisent des femelles moins fécondes mais avec des œufs de meilleure qualité (Moreau et al. Soumis).

Il semble donc que le choix de la plante de développement soit chez les tordeuses de la vigne un élément important dictant la stratégie reproductrice du papillon avec comme conséquence son niveau de population. Dans ce contexte la résistance du papillon au parasitisme, aussi bien pour ses œufs que pour ses chenilles, peut être affectée par la qualité de l'alimentation de la chenille (Thiéry et al. 2004). C'est une des hypothèses évolutives que nous testons actuellement.

### Remerciements.

À Roland Allemand CNRS Lyon pour l'identification de *Leptopilina Boulardi* et *Drosophila simulans*.

---

### Références

- Barnay O. 1999- Dynamique des populations et relations hôte-parasite chez le couple *Lobesia botrana* Den. & Schiff. – *Trichogramma cacoeciae* Marchal, dans le cadre de la lutte biologique en vignoble. Thèse Univ. Paris VI, 189 pp.
- Maher N 2002- sélection du site de ponte chez *Lobesia botrana* (lepidoptère Tortricidae) : influence de l'information chimique non volatile présente sur les fruits de la plante hôte. Thèse n° 968 Univ. Bordeaux 2., 124pp.  
<http://www.inra.fr/theses/these-integrale/Theses/maher/pdf/these.pdf>
- Marchesini E. and Dalla Monta L.D. (1994) Observations on natural enemies of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera, Tortricidae) in Venetian vineyards. *Boll. Zool Agrar. Bachicoltura*, 26 (2) : 201-230.
- Maher N., Toulouse M.E., Jolivet J., Thiéry D. (2000) Oviposition preference of the European grape vine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) for host and nonhost plants present in Bordeaux area. *IOBC/wprs Bull.* 23(4):131-134
- Maher N. and Thiéry D. (2004) A bioassay to evaluate the activity of chemical stimuli from grape berries on the oviposition of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bull. Entomol. Res.*, 94, 27-33.



- Savopoulou-Soultani, M. and Tzanakakis, M.E. (1988) Development of *Lobesia botrana* (Lepidoptera Tortricidae) on grapes and apples infected with the fungus *Botrytis cinerea*. *Environ. Entomol.* 17:1-6
- Site internet UMR Santé Végétale 1065 INRA-ENITAB.  
<http://www.bordeaux.inra.fr/umrsv/Pages/3ravageur.htm#relation>
- Thiéry D. and Moreau J. How different host plants affect fitness components of European grapevine moth (*Lobesia botrana*) in comparison with grapes (Soumis pour publication).
- Thiéry D., Richard A., Benrey B., Xuéreb A. and Moreau J. (2004) Does the host-plant of a phytophagous moth influence its parasitism. Conf. CNRS Jacques Monod, Roscoff.
- Xuéreb A. and Thiéry D. Does natural larval parasitism of *Lobesia botrana* vary between years, generation, density of the host and vine cultivar? (Soumis pour publication).
- Moreau J , Benrey B., and Thiéry D. Grape variety affect larval performance and female reproductive outputs in the European grapevine moth *Lobesia botrana*. (Soumis pour publication).

# Étude de la prédation du thrips de la vigne *Drepanothrips reuteri* (Uzel) par *Typhlodromus pyri* Scheuten

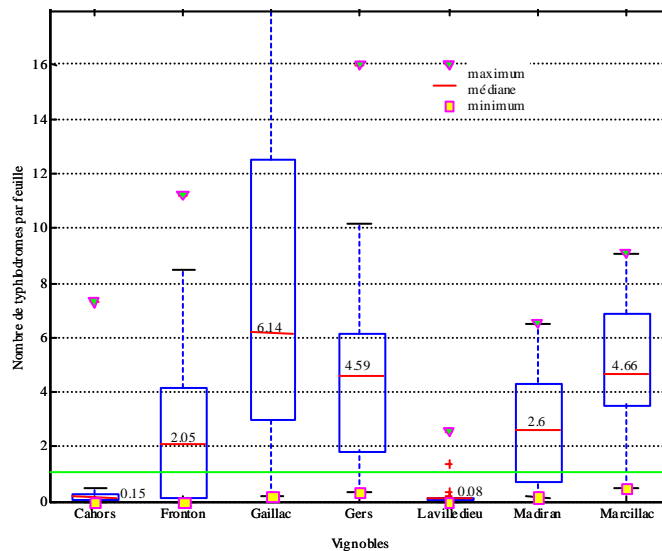
Éric SERRANO<sup>1</sup> - Virginie VIGUES<sup>1</sup> - Valérie MERENDET<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ITV France, Station Régionale Midi-Pyrénées

<sup>2</sup>ENSA Toulouse, stagiaire ingénieur

Les bilans faunistiques réalisés en 2002, 2003 et 2004 sur les vignobles de Midi-Pyrénées montrent que ces derniers sont généralement bien pourvus en auxiliaires appartenant à la famille des Phytoseiidae. Dans de nombreux cas, les populations de typhlodromes sont suffisamment conséquentes pour pouvoir réguler les populations d'acariens ravageurs (**graphique 1**).

Ces résultats ont conduit les viticulteurs à réfléchir sur la pertinence de traitements acaricides et aujourd'hui, certains privilégient la régulation naturelle des acariens ravageurs par les typhlodromes.



**Graphique 1 : Densités de typhlodromes rencontrées en 2003 sur les vignobles de Midi-Pyrénées. Boxplot (médianes et quartiles de répartition des typhlodromes)**

Au-delà des problèmes ponctuels d'acariens, un autre ravageur secondaire est régulièrement observé depuis quelques années sur les vignobles du Sud-Ouest : le thrips de la vigne *Drepanothrips reuteri* (Uzel). Cet insecte limitant la pousse de la vigne fait l'objet de traitements insecticides fréquents en début de campagne.

Si une attaque massive par *D. reuteri* intervient dès le débourrement, les jeunes feuilles ont alors du mal à pousser. Les piqûres sur ces tissus tendres provoquent des trous, après brunissement de ces zones. Les feuilles se crispent et s'enroulent légèrement. Cette attaque est la plus préjudiciable pour la vigne.

Sur feuilles plus âgées, le limbe étant plus charnu, seule la partie inférieure du limbe est nécrosée et devient brunâtre. Sur la face supérieure, on observe des tâches jaunes translucides, correspondant aux zones nécrosées de la face inférieure. En début de campagne, si les attaques sont trop importantes, les thrips peuvent alors aussi être responsables de coulure par piqûres sur le pédoncule floral (Baillod, 1974).

La relation de prédation entre d'autres espèces de thrips et phytoséiides a déjà été prouvée par des études concernant la lutte contre les ravageurs des cultures sous abris. Ramakers (1980), étudiait le contrôle de *Thrips tabaci* (Lindeman) par le phytoséiide *Amblyseius* sp. Sur poivron et concombre, des lâchers de

*Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) sont utilisés pour lutter contre le thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Hulshof et Linnamäki, 2002). Contre ce même ravageur, *Typhlodromips montdorensis* (Schicha) est utilisé en Australie, sur chrysanthème, fraise, concombre et tomate (Steiner et Goodwin, 2002).

Sur la vigne, la bibliographie fait état d'une possible action de prédation du thrips de la vigne par les typhlodromes mais aucune étude sur l'efficacité réelle de cette lutte biologique contre le thrips n'a été réalisée. La relation de prédation de *Typhlodromus pyri* Scheuten sur *D. reuteri* a été déjà évoquée, lors de tests menés par Engel et Onhesorge (1994) à travers l'étude du développement et la reproduction des Phytoseiidae.

Afin d'évaluer une éventuelle capacité de régulation de *D. reuteri* par les typhlodromes, des observations de terrain et en laboratoire ont été réalisées en 2003 et en 2004.

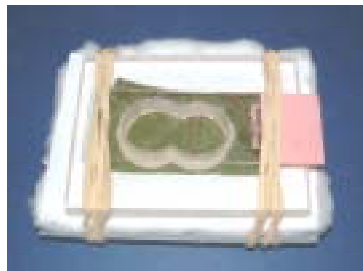
Le but de l'étude est de préciser les préférences alimentaires des phytoséiides et plus particulièrement de *T. pyri* vis-à-vis du thrips de la vigne en proposant à l'auxiliaire un ou plusieurs choix de nourriture et de tenter d'approcher un niveau de seuil de prédation.

Si cette prédation est avérée, elle conforterait les viticulteurs dans leur résolution pour favoriser ces auxiliaires.

## Matériel et méthodes

### ▪ Test de prédation en laboratoire

Dans une enceinte close (cellule de Munger – **photo 1**), le comportement de deux typhlodromes a été observé face à différentes nourritures potentielles (acariens rouges, thrips, grains de pollen)



Acariens et thrips utilisés proviennent directement de parcelles viticoles sans phase d'élevage en laboratoire. Les espèces présentes ont été identifiées : *T. pyri* pour les typhlodromes et *D. reuteri* pour le thrips. Les grains de pollen sont de tournesols et de pins.

Huit modalités ont été mises en place. Dans des cellules ont été placées :

- 2 *T. pyri* en présence de 100 grains de pollen
- 2 *T. pyri* en présence de 5 *Panonychus ulmi* (Koch)
- 2 *T. pyri* en présence de 5 larves de thrips (*D. reuteri*)
- 2 *T. pyri* en présence de 5 larves de thrips et 100 grains de pollen
- 2 *T. pyri* en présence de 5 larves de thrips et 5 *P. ulmi*
- 2 *T. pyri* en présence de 5 larves de thrips, 5 *P. ulmi* et 100 grains de pollen
- 5 larves de thrips
- 5 *P. ulmi*

Les deux dernières modalités correspondent aux témoins. Chaque modalité est répétée 4 fois. Des notations sur les éléments restants dans la cellule sont effectuées environ toutes les 20 heures. Les 2 témoins permettent d'estimer le taux de mortalité naturelle de chacune des proies. Les comptages des proies sont réalisés à la loupe binoculaire (\*15) et le dénombrement des grains de pollen est réalisé grâce à des photographies prises à la loupe binoculaire.

En complément, afin d'évaluer les capacités de prédation maximale de *T. pyri* vis-à-vis du thrips, deux typhlodromes ont été mis en présence de deux, cinq ou dix *D. reuteri*. L'expérience a été répétée cinq fois et les observations réalisées toutes les huit heures environ jusqu'à T<sub>0</sub>+ 158h.

### ▪ *Traitements des résultats*

Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Matlab en utilisant la ToolBox statistique.

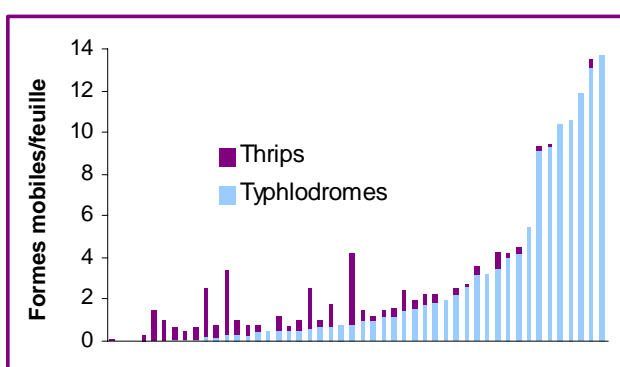
## Résultats et commentaires

### ▪ *Relation au vignoble*

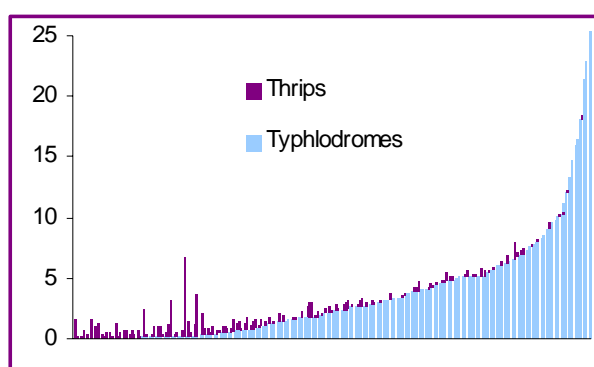
Lors du bilan faunistique réalisé en 2002 et 2003 sur différentes parcelles et vignobles de Midi-Pyrénées, en plus des Phytoseiidae ont été dénombrés les acariens rouges, jaunes, les tydéides et les thrips.

Les **graphiques 1 et 2** montrent qu'en tendance, les parcelles présentant des populations de thrips ne sont pas ou très peu colonisées par les typhlodromes.

Cette corrélation peut reposer sur deux hypothèses : soit il existe une concurrence entre les typhlodromes et les thrips pour occuper le végétal, soit les typhlodromes exercent une prédation sur les thrips.



**Graphique 1 : Nombre de formes mobiles par feuilles de typhlodromes et de thrips parcelle par parcelle - 2002 -**

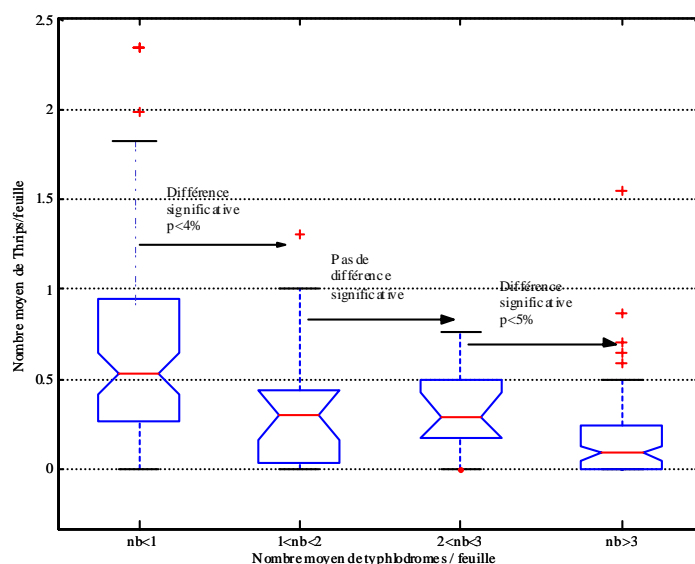


**Graphique 2 : Nombre de formes mobiles par feuilles de typhlodromes et de thrips parcelle par parcelle - 2003 -**

L'analyse statistique des taux de présence de thrips rencontrés en 2002 et 2003 sur les 185 parcelles met en évidence des différences significatives en fonction du nombre moyen de typhlodromes par feuille (**graphique 3**). Lorsque moins d'un Phytoseiidae est rencontré par feuille, les thrips sont plus fréquents. Parallèlement, lorsque la parcelle présente des niveaux importants de typhlodromes (supérieur à 3 fm/feuille), le nombre moyen de thrips par feuille est abaissé significativement.

Baillolet et Al (1996) indiquent qu'il n'y a pas lieu de craindre une attaque importante avant d'avoir atteint un thrips par feuille, des blocages de végétation intervenant assurément à partir de 1.8 thrips par feuille.

Le bilan faunistique montre que le seuil théorique de 1 thrips par feuille est atteint sur 12% des parcelles. Celles-ci possèdent systématiquement (à deux exceptions près) moins d'un typhlodrome par feuille. Lorsque plus d'un typhlodrome est présent par feuille, il est exceptionnel de retrouver plus de 1 thrips par feuille (**graphique 3**).



**Graphique 3 : Corrélation entre le nombre moyen de thrips et de typhlodromes par feuille- Bilan faunistique 2002-2003 sur 185 parcelles de Midi-Pyrénées**

▪ **Test de prédation en laboratoire**

Pour traiter les résultats des observations faites à la loupe binoculaire, la formule suivante a été utilisée :

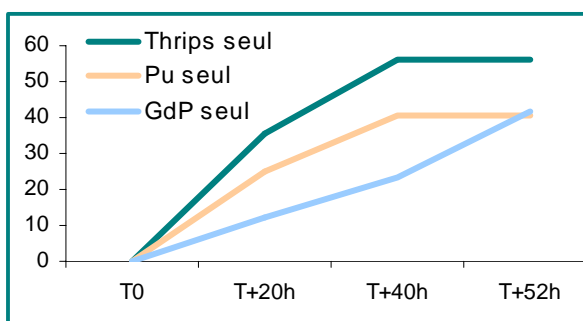
$$\% \text{ individus mangés de } T_0 \text{ à } T = (\text{Nombre moyen des survivants des témoins à } T - \text{Nombre moyen de survivants des cellules à } T) / (\text{Nombre d'individus au départ}) * 100$$

Cette formule est valable en acceptant l'hypothèse suivante : la mortalité naturelle est la même pour les individus des cellules observées et des témoins.

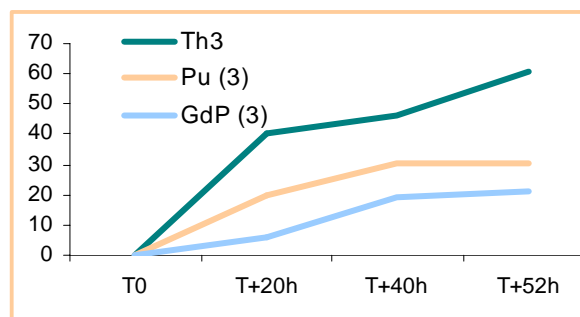
Une fois appliquée, cette formule peut donner des valeurs « aberrantes »

- Des valeurs négatives : cela signifie que le taux de mortalité est plus élevé dans les cellules témoins. On considère alors qu'aucune proie n'a été mangée à cet instant T, le pourcentage d'individus mangés est alors le même qu'à T-x. Cette correction n'a pas été nécessaire dans nos essais
- Lorsque le pourcentage d'individus mangés à l'instant T+x est inférieur au pourcentage calculé à l'instant T, cela signifie que la mortalité naturelle des témoins a été plus rapide que la mortalité dans les cellules de prédation. Dans ce cas, on considère qu'aucune proie n'a été mangée et le pourcentage à T est égal à celui calculé pour l'instant T-x. Cette correction a été appliquée 3 fois.

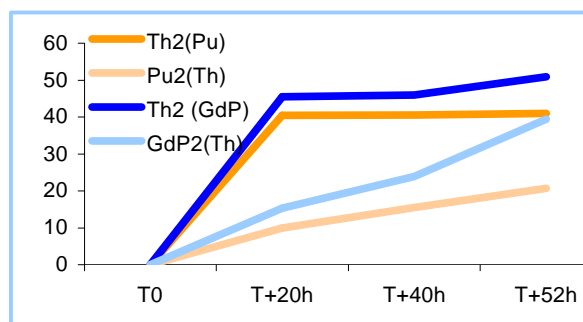
Les résultats sont synthétisés dans les **graphiques 4 à 6**.



**Graphique 4 : Évolution du pourcentage d'individus ou de grains de pollen mangés par les typhlodromes au cours du temps – Les 2 typhlodromes ne sont mis en présence que d'un type de nourriture -**



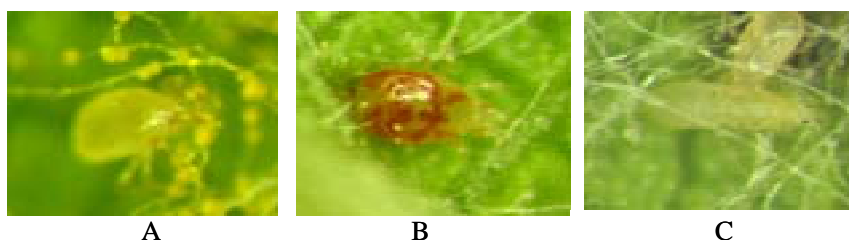
**Graphique 5 : Évolution du pourcentage d'individus ou de grains de pollen mangés par les typhlodromes au cours du temps – Les 2 typhlodromes sont mis en présence de 3 types de nourriture –**



**Graphique 6 : Évolution du pourcentage d'individus ou de grains de pollen mangés par les typhlodromes au cours du temps – Les 2 typhlodromes sont mis en présence de 2 types de nourriture -**

Selon le **graphique 4** il existe une prédation des thrips par les typhlodromes et plus précisément par *T. pyri*. Cette prédation existe aussi envers *Panonychus ulmi* et les grains de pollen.

Les **graphiques 5 et 6** montrent que quelles que soient les proies mises en compétition avec lui, le thrips est la nourriture privilégiée de *T. pyri* avant *Panonychus ulmi* et les grains de pollen.



**Photos 2 à 4 : Les différents types de proies consommées par *T. pyri*, lors du test en laboratoire (ITV Midi-Pyrénées, 2003)**

A : pollen de tournesol ; B : « digestion » d'un *P. ulmi* ; C : larve II de *D. reuteri*

Une analyse de variance a été réalisée entre le nombre de thrips consommés et les autres proies, en considérant les taux de réduction (% d'individus mangés de T<sub>0</sub> à T). Chaque modalité (1, 2 ou 3 choix de nourriture) est étudiée selon un modèle en randomisation, à 4 répétitions, et aux différents temps : T+20h, T+40h et T+52h.

Lorsque les phytoséiides sont mis en présence d'un seul choix de nourriture, aucune différence n'apparaît. Lorsque deux choix sont présentés aux phytoséiides, à T+20h, l'analyse souligne une différence significative, entre le thrips et le pollen (p=0,02), et entre le thrips et *P. ulmi* (p=0,03), le thrips étant toujours la proie la plus consommée (tableau 1). A T+ 40h, il existe encore une différence significative entre le thrips et le pollen (p=0,03), mais pas entre le thrips et *P. ulmi*.

Lorsque trois choix sont mis dans la cellule, seul le temps T+20h (tableau 1) indique une différence significative entre le thrips d'une part et le pollen, *P. ulmi* se situant entre les deux (p=0,048).

**Tableau 1 : Comparaison des moyennes des taux de réduction. Résultats des tests de Newman Keuls (seuil 5%), par modalité, au temps T+20h.**

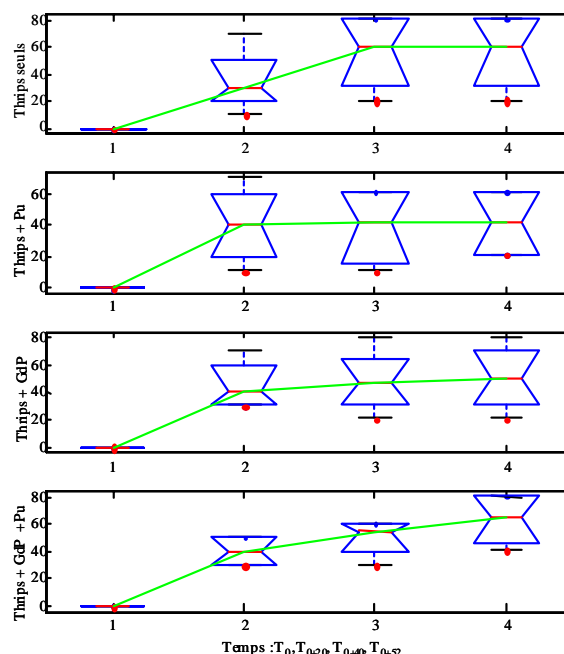
Modalité	Proie	Moyennes	Groupes homogènes	
2 choix	<i>D. reuteri</i>	50.26	A	
	<i>P. ulmi</i>	10		B
2 choix	<i>D. reuteri</i>	55.79	A	
	Pollen	14.66		B
3 choix	<i>D. reuteri</i>	44.74	A	
	<i>P. ulmi</i>	20	A	B
	Pollen	6.59		B

- **Vitesses de prédation**

Il apparaît que *D. reuteri* est une proie préférentielle pour *T. pyri*. Cette préférence pour *D. reuteri* est plus marquée dès le début de l'expérience.

Quel que soit le régime alimentaire qui lui est proposé, les vitesses de prédation du thrips par *T. pyri* sont identiques que *D. reuteri* soit seul ou en concurrence avec d'autre choix (**graphique 7**).

Ces vitesses de prédation confirment que les larves du thrips de la vigne sont une proie préférentielle des typhlodromes.

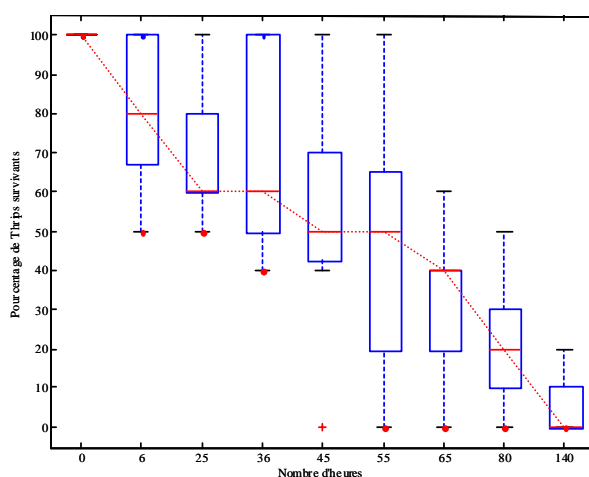


**Graphique 7 : Taux de prédation de thrips au cours du temps selon différents régimes proposés**

La tendance à consommer préférentiellement les thrips rapidement (50% de thrips mangés durant les 20 premières heures), puis à revenir sur les autres proies (15% de thrips mangés en moyenne, lors des 20h suivantes), peut s'expliquer par le fait qu'une fois en partie consommés, les thrips bien moins nombreux que les autres proies sont délaissés au profit des autres, car moins faciles à trouver.

- **Niveaux de prédation en fonction du nombre de proies**

Une des interrogations est de savoir quelle quantité de proie *T. pyri* peut-il consommer pour assurer une régulation satisfaisante des thrips. L'essai a mis en présence deux *T. pyri* et deux, cinq ou dix *D. reuteri*. L'objectif est d'évaluer les capacités du typhlodrome à consommer des niveaux importants de populations. Une courbe de mortalité naturelle des thrips au fil du temps a été établie sur la base des 18 cellules de Munger observées (**graphique 8**). Les mortalités importantes constatées aux deux premières observations sont essentiellement dues à la méthode de prélèvement utilisée (pinceau). Par la suite, le maintien des populations de thrips a permis de réaliser l'analyse statistique des observations.



**Graphique 8 : Évolution de la mortalité naturelle de *D. reuteri* sous cellule de Munger (en rouge : médiane).**

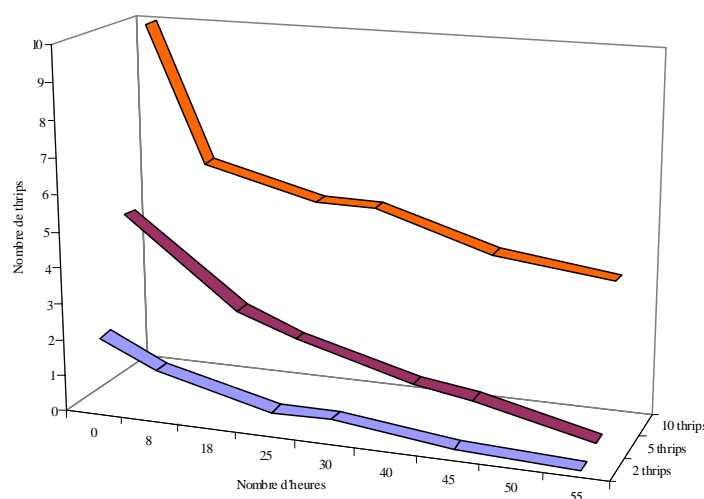
À l'aide du test de Fisher, la mortalité naturelle des thrips est comparée à celle observée lorsque deux, cinq ou dix thrips sont mis en présence de deux typhlodromes.

En considérant la période de T à T+55 heures, deux *T. pyri* ont significativement réduit le nombre de thrips sous les cellules lorsque ces derniers sont deux ou cinq ( $p < 2\%$ ).

Lorsque les typhlodromes sont mis en présence de dix *D. reuteri*, les vitesses de consommation ne permettent pas d'obtenir des prédatons significativement différentes de la mortalité naturelle après la 25<sup>ème</sup> heure ( $p > 40\%$ ).

Dans notre plan d'essai, la consommation maximale des typhlodromes n'a ainsi pas excédé cinq thrips sur les 55 premières heures d'expérimentation (**graphique 9**).

Ces résultats laissent à penser que deux typhlodromes pour cinq larves de thrips est une valeur maximale pour assurer une régulation naturelle satisfaisante de l'insecte par les acariens.



**Graphique 9 : Évolution de la prédation de deux *T. pyri* sur *D. reuteri* en fonction du nombre de proies disponibles.**

## Conclusion

Les différents bilans faunistiques réalisés sur les vignobles de Midi-Pyrénées montrent que les parcelles bien pourvues en typhlodromes ne présentent pas de problèmes majeurs de thrips de la vigne.

En laboratoire, un test, mettant en présence deux *T. pyri* avec un, deux ou trois choix de nourriture parmi le pollen de tournesol, l'acarien rouge et le thrips de la vigne, met en évidence une prédation de *D. reuteri* par *T. pyri*. Il s'avère que *D. reuteri* est de plus une proie de choix pour *T. pyri*.



Dans nos essais, la consommation maximale des larves de thrips par deux *T. pyri* n'a pas excédé cinq. Cette prédation correspond à une consommation journalière de thrips par *T. pyri* proche de 1.09 thrips par jour et par adulte de *T. pyri*

Ces résultats permettent de valider les facultés des acariens phytophages, *T. pyri*, à réguler les populations de thrips de la vigne, *D. reuteri*. Lorsque les vignobles sont pourvus d'au minimum une forme mobile par feuille, aucun développement important de thrips n'est à craindre. Il apparaît cependant nécessaire de maintenir un équilibre maximum de un Phytoseiidae pour 2.5 larves de thrips. Au-delà, on peut supposer que les capacités de prédateurs du typhlodromes ne permettent pas de maintenir un équilibre biologique satisfaisant.

Ces observations et ces résultats ne font que confirmer l'importance de la préservation des typhlodromes dans le cadre d'une lutte insecticide et fongicide raisonnée, en privilégiant des produits neutres vis-à-vis de la faune auxiliaire.

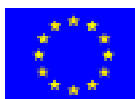
REMERCIEMENTS : Nos remerciements s'adressent à S. Roussel (société AGROMETRIX) pour son aide et ses conseils lors du traitement statistique des données.

---

## Bibliographie

- BAILLOD M. (1974). Dégâts de thrips sur vigne en Suisse romande. Revue suisse Vitic. Arboric. Hort. Vol. IV (2) : 45-48.
- BAILLOD M., LINDER C., OTTESEN Y., ANTONIN P. (1996). Application de la méthode du pourcentage d'organes occupés au contrôle des vers de la grappe, de la cicadelle verte et du thrips de la vigne. Revue suisse Vitic. Arboric. Hort. Vol. 28 (4) : 269-276.
- BOURNIER A. (1983). Les Thrips, Biologie, Importance Agronomique. INRA, pp 91-94.
- ENGEL R., OHNESORGE B. (1994a). Die Rolle von Ersatznahrung und Mikroklima im System *Typhlodromus pyri* (Acari, Phytoseiidae)-*Panonychus ulmi* (Acari, Tetranychidae) auf Weinreben. I. Untersuchungen im Labor. J. Appl. Ent. 118, 129-150.
- HULSHOF J., LINNAMAKI M. (2002). Predation and oviposition rate of the predatory bug *Orius laevigatus* in the presence of alternative food. IOCP/ wprs Bull. Vol. 25 (1) : 107-110.
- KREITER S., BOUDON-PADIEU E., ESMENJAUD D., ROEHRICH R., SFORZA R., VAN HALDEN M. (2000a). Ravageurs de la vigne. Editions FERET. pp 37-101.
- MUNGER F. (1942). A method for rearing Citrus Thrips in the Laboratory. Journal of Economic Entomology. Vol.35, N° 3, 373-375.
- RAMAKERS P. M. J. (1980). Biological control of *Thrips tabaci* with *Amblyseius*. Bul. OILB 3 (13) : 203-207.
- STEINER M., GOODWIN S. (2002). Development of a new thrips predator, *Typhlodromips montdorensis* (Schicha) (Acari: Phytoseiidae) indigenous to Australia. IOCB/wprs

Ce programme est réalisé grâce au soutien financier de la communauté européenne.



# **Exposition des viticulteurs aux pesticides et protection des utilisateurs : à partir des données de l'étude PESTEXPO en Gironde**

---

**Isabelle BALDI**

**Laboratoire Santé Travail Environnement, Université de Bordeaux 2**

Les connaissances des effets à long-terme des pesticides se heurtent à la difficulté majeure d'estimer rétrospectivement des expositions individuelles pour un ensemble de produits nombreux, divers et en constante évolution. Dans le cadre de nos programmes de recherche sur les effets retardés des pesticides sur la santé, nous développons des index permettant d'estimer les expositions individuelles aux pesticides. Les bases de données utilisées dans le cadre de l'homologation des produits ne permettant pas à ce jour de disposer de niveaux d'exposition au cours des phases de préparation et d'application des pesticides en viticulture, les premières étapes de notre projet ont consisté à caractériser la contamination externe dans les principales conditions de traitement existantes.

Plusieurs études de terrain se sont déroulées dans le vignoble bordelais depuis 2001 afin d'obtenir des données de contamination dans les conditions habituelles de traitement.

Les viticulteurs ont été recrutés de manière à représenter les principales techniques de traitement utilisées en viticulture en Gironde (tracteurs interlignes et enjambeurs, cuves de tailles variées, vignes hautes et basses,...). Les dithiocarbamates (saisons 2001 et 2002) et le folpel (saison 2003 et 2004) ont été utilisés comme indicateurs d'exposition en raison de leur représentativité par rapport aux produits couramment utilisés en viticulture (fongicide, formulation poudre, utilisation ancienne,...). La contamination cutanée a été mesurée selon le protocole de l'OCDE au cours d'une journée de traitement à partir de patches disposés en 11 points du corps et par le lavage des mains, séparément pour chaque phase du traitement (préparation, application, nettoyage). Parallèlement, l'observation détaillée et standardisée des tâches a permis de relever différents paramètres, dont le type de matériel, les quantités de produits utilisés, la durée des différentes tâches, les surfaces traitées, les conditions météorologiques, le port de protections individuelles.

Les résultats de l'étude permettent d'identifier les facteurs liés à la contamination et donc d'orienter des mesures de prévention.

# Actions des groupes régionaux phyto pour limiter la pollution des eaux par les produits phytosanitaires

---

Philippe REULET <sup>(1)</sup>, Carine MEOULE <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> DGAL/SDQPV, Expert « Pesticides-Eau-Environnement », DRAF/SRPV Aquitaine  
[philippe.reulet@agriculture.gouv.fr](mailto:philippe.reulet@agriculture.gouv.fr)

<sup>(2)</sup> DRAF Aquitaine, [carine.meoule@wanadoo.fr](mailto:carine.meoule@wanadoo.fr)

Les groupes régionaux « phyto » ont été instaurés sous l'autorité des Préfets, dans le cadre de la circulaire des Ministres chargés de l'Agriculture et de l'Environnement du 1<sup>er</sup> août 2000, visant à mettre en œuvre des actions pour réduire la pollution des eaux par les produits phytosanitaires. Ils regroupent, à l'échelon régional, l'ensemble des partenaires concernés et sont animés par la DRAF/SRPV ou la DIREN.

Les groupes régionaux ont été chargés d'établir un diagnostic de cette pollution aux échelles de la région, de bassins versants et d'exploitations agricoles, de mettre en œuvre des plans d'action pour la réduire puis de procéder à l'évaluation de ces actions.

Cette méthodologie diagnostic, plans d'action, évaluation, s'appuie sur la démarche instaurée par le CORPEN.

Les actions des groupes régionaux « phyto » complètent un dispositif national mis en œuvre déjà depuis plusieurs années. Les actions conduites à l'échelle nationale sont les suivantes :

- mesures réglementaires de retrait (exemple terbuthylazine) ou de diminution de dose (exemples : diuron, glyphosate),
- mise en place d'un suivi de molécules en post homologation permettant de recalculer le dispositif d'autorisation de mise sur le marché si nécessaire,
- bancarisation de l'ensemble des données sur l'eau sous l'égide de l'IFEN et publication d'un document national,
- programmation interministérielle d'un plan phyto visant à sécuriser l'autorisation de mise sur le marché et l'utilisation des produits phytosanitaires.

La révision des arrêtés interministériels concernant l'utilisation des produits phytosanitaires entreprise en 2004 vient compléter ce dispositif pour ce qui concerne les dispositions relatives aux traitements aériens, aux abeilles et insectes pollinisateurs et bientôt, aux zones non traitées et au devenir des effluents phytosanitaires.

Enfin, dans le cadre de la mise en place de l'écoconditionnalité des aides PAC, l'implantation des bandes enherbées le long des cours d'eau pourra être renforcée à partir de 2007.

L'objectif de cette synthèse vise à recenser l'ensemble des actions des groupes régionaux « phyto » contribuant à limiter les contaminations des eaux par les produits phytosanitaires.

## Bilan des actions des groupes régionaux

Un premier bilan a été établi pour la période 1999-2001, puis un second en 2002. Le troisième a été diffusé au printemps 2004 sur des données disponibles en 2003.

### ▪ *Diagnostic régional*

Un diagnostic, permettant d'identifier les zones prioritaires sur lesquelles doit porter l'action, a été entrepris dans chaque région.

La démarche du diagnostic régional s'articule autour des étapes suivantes :

- caractérisation de la vulnérabilité des ressources (eaux superficielles et souterraines),
- caractérisation de la pression phytosanitaire liée à l'utilisation des pesticides sur le territoire en fonction des cultures et des produits utilisés sur celles-ci,
- recensement des enjeux (santé publique, faune des milieux aquatiques...),
- évaluation du potentiel de contamination (croisement vulnérabilité et pression phytosanitaires),
- caractérisation typologique du risque (croisement potentiel de contamination et enjeux et sélection des zones prioritaires).

A ce jour, la moitié des régions a terminé son diagnostic régional et identifié les zones à risque. Ce diagnostic régional viendra renforcer l'état des lieux déjà entrepris par les Agences de l'Eau pour la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau.

Dans de nombreuses régions, les zones viticoles se retrouvent incluses en zone à risque, en particulier du fait de la forte pression de traitement exercée.

### ▪ *Diagnostic de bassins versants*

208 bassins versants sont suivis par les groupes régionaux au plan national. 5 millions d'hectares sont couverts et près de 80 000 exploitations sont concernées.

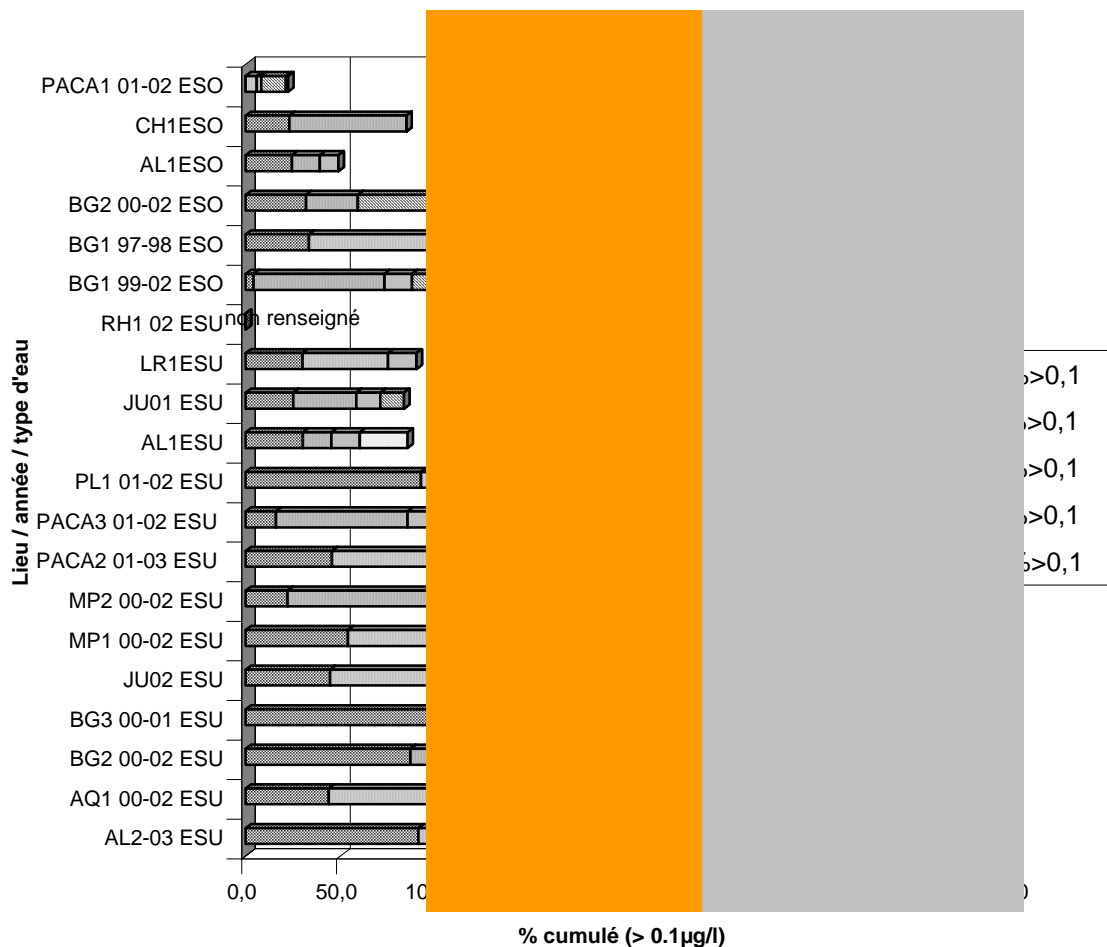
Plus de la moitié des bassins concernent exclusivement les eaux superficielles et un quart concerne les eaux souterraines uniquement. Un enjeu eau potable est présent pour plus de la moitié des bassins versants correspondant à plus de 8 millions d'habitants.

Tous les grands types culturels sont représentés dans les bassins versants suivis : 97 en polyculture élevage, 43 en grande culture et 23 en viticulture. 25 portent sur des zones non agricoles. Le diagnostic des bassins versants est achevé dans 45% des cas par les groupes régionaux « phyto ». Des groupes filières ont été instaurés pour dresser une synthèse de ces diagnostics et des plans d'actions à mettre en œuvre.

En viticulture, 21 bassins versants sont étudiés par les groupes régionaux. Une synthèse des résultats obtenus sur 17 d'entre eux vient d'être réalisée avec pour objectifs :

- d'aider à la prise de décisions réglementaires en s'appuyant sur des données bonnes pratiques terrain,
- de définir par substance active le comportement de transfert des molécules,
- d'apprécier plus globalement, toutes substances actives confondues, l'évolution des contaminations observées au regard des modifications de pratiques.

À titre d'exemple, le graphique ci-après dresse le bilan sur les bassins versants viticoles en eaux superficielles (ESU) et eaux souterraines (ESO) des fréquences de détection supérieures à 0.1 µg/l pour les 5 herbicides d'usage les plus courants, à savoir : diuron, terbuthylazine, simazine, glyphosate et aminotriazole.



Ce diagnostic de bassin versant doit être complété par un diagnostic d'exploitation et un diagnostic parcellaire permettant de mieux cibler l'origine des pollutions ponctuelles ou diffuses et la localisation des parcelles à risque.

À partir de logiciels existants, de nombreuses formations sont mises en place auprès des techniciens des chambres d'agriculture, des instituts techniques et des animateurs de bassins versants. Cette démarche de diagnostic parcellaire permet de bien cibler les plans d'action.

▪ **Les plans d'actions**

La note de service du 3 août 2004 donne les instructions aux groupes régionaux phyto pour renforcer la mise en œuvre des plans d'action et la coordination des financements pour leur réalisation. Une dynamique est engagée, elle doit être confortée.

Nous nous intéresserons dans ce chapitre plus particulièrement aux plans d'action retenus dans le cadre de la viticulture.

S'agissant des plans d'action, il convient de rappeler en préambule que les **mesures réglementaires** font partie intégrante des actions fortes conduisant à la réduction des pollutions par les produits phytosanitaires.

Le retrait de certaines substances actives, comme la terbuthylazine, a été conforté par la synthèse réalisée sur l'ensemble des bassins versants viticoles. Sa seule présence explique à elle seule 50 à 70 % des cas de dépassement du seuil de 0.1 µg/l.

Il en va de même pour les réductions de doses concernant le diuron et bientôt la glyphosate.

Toutefois, le lien entre niveau d'intrants dans les bassins versants et fréquence de détection n'est pas toujours évident, ce qui suggère que cette seule mesure ne sera pas forcément suffisante pour permettre un passage au-dessous des seuils fixés, en particulier dans les eaux superficielles et les zones karstiques.

**D'autres actions diligentées par les groupes régionaux « phyto »** doivent donc compléter ce dispositif réglementaire et **cibler en priorité les facteurs les plus prégnants sur l'environnement**, à savoir :

- **La réduction des intrants.**

Tout l'arsenal technique permettant une réduction des produits phytosanitaires doit être mis en jeu (lutte raisonnée, lutte biologique pour certains ravageurs, modélisation permettant d'anticiper et de bien positionner les traitements, recours à des solutions alternatives lorsqu'elles existent)

- **Le confinement de la pulvérisation.**

L'utilisation de pulvérisateurs face par face tend à se développer quelque peu mais reste notoirement insuffisante. Malgré son coût, cette solution pourrait être mise en œuvre dans bon nombre d'exploitations et permettrait de limiter considérablement la dérive de pulvérisation et ses effets néfastes sur les différents compartiments de l'environnement (eau mais aussi air et sol). Les diagnostics en cours sur la qualité de l'air devraient nous inciter à promouvoir l'utilisation de ce type de matériel.

- **L'utilisation de cuves de rinçage.**

La mise en œuvre du rinçage à la parcelle, à l'aide de cuve de rinçage incorporée au pulvérisateur, permet de limiter la concentration des fonds de cuve, même si les conditions climatiques ne permettent pas de le réaliser systématiquement pour tous les traitements.

- **L'aménagement des parcelles pour limiter les écoulements préférentiels.**

Cette solution s'avère nécessaire à l'issue du diagnostic parcellaire et d'exploitation. Dans bon nombre de cas, la restitution de talus, de haies ou d'entrée de parcelles permettent de limiter considérablement la pollution des eaux par les produits phytosanitaires.

- **L'enherbement entre rangs et le long des cours.**

Même s'il n'est pas possible partout, il devrait être généralisé. Certaines études permettent de connaître avec précision le taux d'enherbement possible sur certaines zones au regard du caractère qualitatif du produit. Cet enherbement devra être réalisé et permettra de limiter en plus les phénomènes d'érosion.

- **La collecte et le traitement des effluents phytosanitaires.**

Les effluents phytosanitaires générés par le fond de cuve dilué ou non et les eaux de lavage intérieures et extérieures ne doivent plus être relargués dans le milieu naturel. Cette source de pollution ponctuelle est souvent à l'origine de pics de contamination importants. Des solutions doivent être trouvées pour limiter en quantité et en concentration en amont et pour le sortir du milieu en aval.

L'ensemble de ces plans d'action définis sur la viticulture est repris par les groupes régionaux « phyto » sur les bassins versants étudiés actuellement.

Une évaluation de l'efficacité de ces actions devra être mise en œuvre par le choix d'indicateurs de résultats. On se référera à la brochure CORPEN récemment publiée sur les indicateurs.

Le passage à une plus grande échelle nécessite des financements pour accompagner ces dispositifs efficaces mais souvent coûteux. Les partenaires financiers (Agences de l'Eau, État, Région, Département, etc.) doivent coordonner leurs efforts pour proposer des solutions viables économiquement pour les professionnels.

Sans le recours à ces plans d'action, d'autres mesures réglementaires pourraient contraindre l'agriculteur et le mettre en difficulté pour conduire sa culture à terme dans les meilleures conditions, tout en offrant un produit de qualité maximale.

Ce cortège de mesures basé sur une combinaison de différents moyens de lutte, incitatifs ou réglementaires, doit apporter une amélioration durable de la qualité de l'eau souhaitée par l'ensemble de la population.

# Innovations technologiques pour une application phytosanitaire plus respectueuse de son environnement

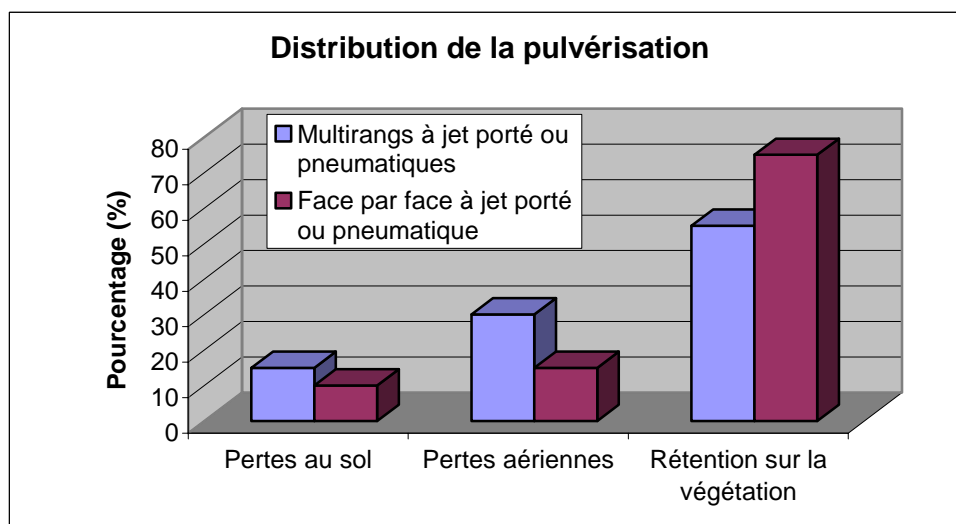
Vincent POLVECHE, Vincent DE RUDNICKI - Cemagref Montpellier  
Sébastien CODIS - ITV France, Épernay

L'environnement est devenu un véritable enjeu de société et l'agriculture est au centre de nombreuses accusations, notamment en raison de l'utilisation importante de produits phytosanitaires – trop souvent appelés pesticides. Ceux-ci se retrouvent de plus en plus facilement dans les eaux (de surface ou souterraines), voire même désormais dans l'air.

Des précautions toutes particulières doivent donc être prises, afin de limiter les contaminations du milieu. Pour cela les pratiques de traitements doivent être optimisées, mais les matériels destinés à cette application se doivent aussi d'évoluer. Dans le cadre de cette présentation, nous allons dresser un panorama des principales innovations technologiques des dernières années, qui permettent de limiter les pollutions lors des traitements phytosanitaires.

## Le traitement face par face

Développé déjà depuis de nombreuses années, cette nouvelle approche de la pulvérisation est avant tout destinée à améliorer la qualité du traitement. En recherchant une meilleure couverture de l'ensemble de la souche et une pénétration au cœur de la végétation, les différents constructeurs sont arrivés à la même conclusion : il faut rapprocher la pulvérisation de la végétation et maîtriser les flux d'air. Même si cela n'était pas l'objectif premier de cette approche, l'une des conclusions est aussi une limitation des pertes de produit au moment du traitement. Pour mémoire, rappelons les grands ordres d'idée de la répartition d'un traitement au moment de l'application :

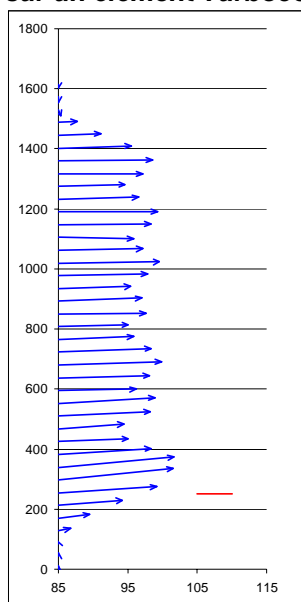


Au niveau des appareils de traitement face par face, nous retrouvons trois grandes familles :

- Appareils face par face à jet projeté (traditionnellement appelés « pendillards »),
- Appareils à jet porté (buses + assistance d'air),
- Appareils pneumatiques.

Si peu d'évolutions affectent les traitements à jet projeté, il n'en est pas de même pour les appareils à assistance d'air, qui ont subi de véritables évolutions au cours de la dernière décennie. Le Turbocoll, primé au Sitevinitech de Bordeaux en 1994, est le seul appareil de sa catégorie, et présente la particularité de fournir un flux d'air particulièrement homogène et horizontal.

**Exemple de profil d'air obtenu sur un élément Turbocoll 4 sorties (Mesures Cemagref)**



Mais depuis quelques années, les constructeurs portent principalement leurs efforts sur les appareils pneumatiques (majoritairement utilisés en France). Ainsi, voit-on régulièrement apparaître sur ce secteur de nouveaux matériels. S'il ne s'agit pas à proprement parler d'innovations technologiques, les adaptations permettent d'offrir aux viticulteurs des solutions adaptées à la particularité de leur vignoble : traitement des vignes larges, traitement des vignes étroites, diffuseurs adaptés aux différentes hauteurs de palissage et ce, aussi bien pour les appareils mus par un tracteur que pour les cellules adaptables sur châssis enjambeur.

Il est ainsi possible de trouver toute une gamme, qui permet d'ajuster au plus juste la pulvérisation au vignoble. Ce gain en précision de l'application se traduit inévitablement par une diminution des pertes en produit, et donc contribue à limiter l'impact environnemental des applications.

**Exemple d'adaptations à différentes largeurs de plantation :**



Photos : Berthoud



## Le rinçage

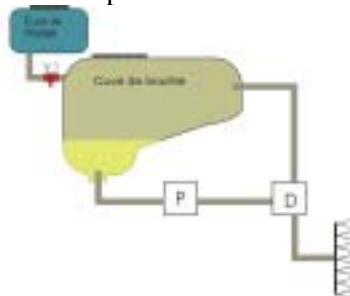
C'est l'une des principales thématiques abordées par les constructeurs actuellement.

Les effluents les plus faciles à traiter sont ceux que l'on n'a pas produits. Aussi, dans l'objectif de minimiser la quantité de résidus de pulvérisation ramenée à l'exploitation, il est généralement reconnu que le rinçage à la parcelle du pulvérisateur en fin du traitement est une opération qui devrait être mise en œuvre par les praticiens. Cette opération consiste à diluer le fond de cuve à partir d'une réserve d'eau claire puis à pulvériser cette dilution sur la culture.

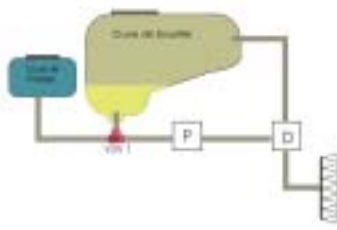
De nombreuses solutions sont actuellement proposées par les constructeurs, à des prix très divers, depuis la simple cuve de rinçage se déversant par gravité dans la cuve de bouillie, à des dispositifs plus perfectionnés permettant par exemple une dilution séquentielle du fond de cuve (exemple de l'Autonet de Tecnomat).

Voici quelques exemples de dispositifs de rinçage présents sur le marché :

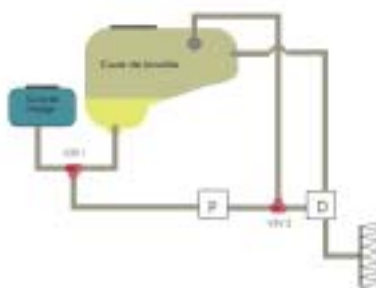
- Les appareils disposant d'une simple cuve de rinçage qui se déverse par gravité dans la cuve de bouillie. Le transfert s'opère via une simple vanne 1/4 de tour notée (V1))



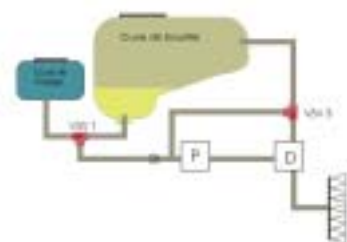
- Les appareils disposant d'une simple vanne 3 voies (V3V1) permettant de choisir entre aspiration dans la cuve de bouillie (position pulvérisation) ou aspiration dans la cuve d'eau claire (position rinçage)



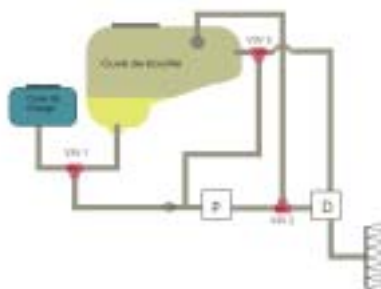
- Les appareils équipés de buses de rinçage (BDR) pour rincer les parois internes de la cuve du pulvérisateur



- Les appareils équipés du « shunt » pour un rinçage spécifique du circuit de pulvérisation (dispositif permettant de bloquer le retour en cuve et de le diriger à l'aspiration de la pompe)



- Les appareils disposant à la fois de BDR et du « shunt »



*Légende : P : pompe - D : groupe de distribution régulation*

Cependant, compte tenu des nombreux facteurs qui influencent l'efficacité du rinçage et du manque de références sur le sujet, il est actuellement difficile de conseiller les viticulteurs sur les pratiques à mettre en œuvre au vignoble pour une gestion optimale de leurs résidus. Il est également difficile de statuer sur les dispositifs de rinçage qui se justifient compte tenu du triptyque : coût, performance et facilité de mise en œuvre du rinçage.

Il apparaît effectivement que parmi les facteurs qui déterminent le plus la quantité de résidus ramenée à l'exploitation, les pratiques, les caractéristiques du matériel (notamment celles du système de rinçage) ainsi que la facilité d'utilisation sont intimement liées et jouent toutes les trois un rôle primordial.

Dans ce cadre, un travail d'expertise des systèmes de rinçage proposés par les constructeurs a été initié par ITV France. La méthode est basée sur un mode opératoire normalisé (ISO 22368-1) et a été validée en 2004.

Les premiers essais ont permis d'acquérir des éléments chiffrés sur l'efficacité du rinçage à la parcelle. Ils attestent de l'intérêt de sa mise en œuvre par les praticiens et font ressortir la nécessité de l'associer à une gestion amont qui consiste à la rationalisation des volumes de sécurité et à la pulvérisation du maximum de bouillie avant d'effectuer le rinçage.

En fonction des appareils testés et des procédures de rinçage adoptées, le rinçage à la parcelle a permis d'éliminer entre 4 et 10 litres de résidus exprimés en LEB (Litres équivalent bouillie mère). Ces quantités ne sont plus à traiter à l'exploitation et diminuent ainsi les risques de pollutions ponctuelles.

Au-delà de l'efficacité environnementale, les dispositifs de « shunt » qui permettent un rinçage spécifique du circuit de pulvérisation présentent un intérêt pour les viticulteurs. Ils permettent de réduire de manière conséquente la concentration au niveau des diffuseurs et diminuent de manière significative les risques de bouchage, ce qui participe au maintien de la qualité de la pulvérisation (volume appliqué par hectare, homogénéité de la dose de bouillie).

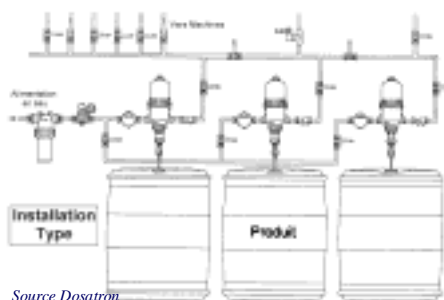
Il s'agit là d'une première expertise menée à l'été 2004 et il est certain que la facilité de mise en œuvre assure au final l'intérêt de tels dispositifs. Celle-ci doit être évaluée au cas par cas, par l'utilisateur lui-même selon ses propres contraintes.

## L'injection directe

Une autre voie a été explorée durant les années 1995 – 2000 et concerne l'injection directe du produit phytosanitaire dans le circuit de pulvérisation : plus besoin de préparer une quantité fixe de bouillie, mais il suffit de remplir la cuve principale d'eau claire ; l'incorporation du produit se fait en continu au cours du traitement. La gestion de la quantité exacte de bouillie à préparer est donc supprimée ainsi que la gestion du reliquat éventuel. Cette approche paraît satisfaisante *a priori*, mais n'est pleinement valorisable que pour les produits formulés sous forme liquide ; en effet, pour les produits solides, il faut préparer une solution mère concentrée, ce qui ne permet plus de supprimer totalement le risque de reliquat en fin de traitement.

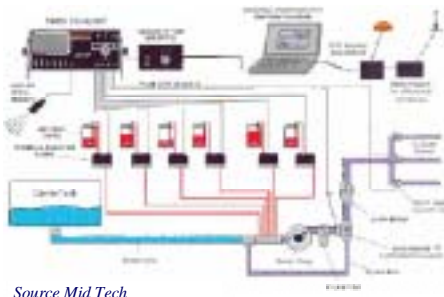
Plusieurs principes ont pu être repris :

- **Pompe doseuse hydraulique** (Dosatron), qui présente l'avantage de fonctionner en puisant l'énergie nécessaire sur l'arrivée d'eau claire (le débit d'injection est toujours proportionnel au débit d'eau claire). Cette technologie, très utilisée pour la réalisation des solutions nutritives (engrais solubles pour la production hors sol), a été largement promue lors des récentes années mais des difficultés techniques ont limité sa diffusion.



- **Pompe doseuse électrique** (Raven, Midtech)

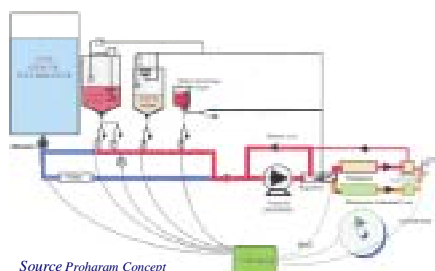
Il s'agit du même principe d'incorporation, mais la régulation de la pompe d'injection (électrique) est assurée par un boîtier électronique. De grande précision, ce principe s'avère délicat à mettre en œuvre en viticulture.



- **Injecteur piloté** (SPID Proharan Concept)

Cette dernière solution est techniquement sensiblement différente des deux précédentes : le produit s'écoule par gravité et c'est un injecteur qui l'incorpore dans le circuit en amont de la pompe du pulvérisateur (circuit d'aspiration). L'asservissement des temps d'ouverture / fermeture des injecteurs permet de contrôler le dosage d'incorporation.

Des évaluations sont actuellement en cours pour valider ce dispositif mais une première série d'essais réalisés sur un appareil grandes cultures en 2002 a permis de constater un bon respect et une grande régularité du dosage.



## Asservissements, automatismes et autres accessoires

Les constructeurs proposent aujourd'hui de nombreux dispositifs (souvent optionnels) qui permettent d'assurer une meilleure régularité de l'application. Il peut s'agir :

- de systèmes de régulation plus précis, avec une meilleure gestion de la pulvérisation.
- des coupures de circuit par électrovannes qui permettent à l'applicateur de mieux gérer les ouvertures et fermetures de la pulvérisation en bout de rangée ; il est malheureusement possible de constater que certains viticulteurs continuent de pulvériser même lorsqu'ils sortent de la rangée (l'impact environnemental peut lors être désastreux si l'on se trouve au voisinage d'un cours d'eau par exemple).
- des accessoires de remplissage, qui permettent soit de couper l'eau en cas de débordement de cuve, soit de programmer la quantité d'eau à introduire dans la cuve.

Au moment du remplissage, le risque de pollution est important, d'autant qu'il est localisé toujours au même endroit. Ces dispositifs, s'ils étaient plus largement utilisés, contribueraient notablement à la limitation des pollutions.

- des accessoires d'incorporation des produits phytosanitaires qui permettent une meilleure sécurité au moment de la préparation de la bouillie. Ces équipements permettent aussi d'assurer le rinçage des emballages. Il existe des installations à poste fixe sur l'aire de remplissage qui sont souvent moins pratiques à utiliser car elles nécessitent des tuyaux et des raccords de connexion au pulvérisateur. Les incorporateurs intégrés au pulvérisateur sont donc préférables ; ils doivent cependant être parfaitement intégrés à la cuve afin de ne pas devenir gênants lors du travail en pleine végétation.

Citons ici l'effort de la société Tecnomat pour mettre au point un incorporateur capable de « digérer » les poudres. En effet, cette formulation est encore très fréquente en viticulture et aucune solution technique n'était réellement satisfaisante. Les premiers exemplaires sont mis à l'épreuve depuis l'été 2004 seulement il n'est pas encore possible d'en faire le bilan.



Photo Tecnomat

Un autre aspect concernant le respect du positionnement est le suivi de sol développé par la société Pellenc : ce dispositif est conçu pour assurer aux diffuseurs pneumatiques (rampes face par face) une position constante par rapport au sol ; ainsi, les diffuseurs sont toujours positionnés en face de la végétation, ce qui permet de limiter les pertes au sol ou par dérive.

## Vers une viticulture de précision

Ce concept, lancé en premier lieu pour les grandes cultures, va sans doute faire l'objet de développement dans la filière viticole dans les prochaines années. Un projet de recherche « Traçabilité des traitements phytosanitaires en viticulture » a été conduit par le Cemagref. Il s'est agi de mettre au point un dispositif d'enregistrement automatique des traitements phytosanitaires sur les exploitations agricoles. Ce projet suppose l'équipement initial du pulvérisateur avec différents capteurs : débitmètres, odomètre, tachymètre, manomètre, anémomètre, thermomètre et hygromètre.

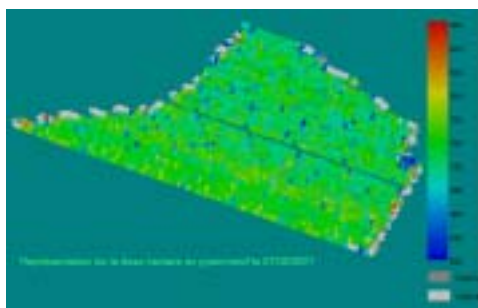
Ainsi, pendant le traitement, il est possible de suivre la régularité de l'avancement, le cheminement, la détection d'éventuels colmatages, les conditions météorologiques.... Ces informations sont communiquées au chauffeur à l'aide d'un tableau de bord, pour apporter d'éventuelles corrections au réglage initial.

Cet affichage peut aussi aider au réglage du pulvérisateur avant le traitement. Il suffit de faire fonctionner l'appareil à l'eau claire et de faire varier la pression et/ou la vitesse jusqu'à l'affichage du volume/ha souhaité.

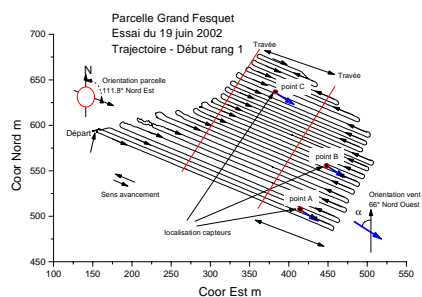
En fin de traitement, les informations enregistrées sont transmises à un ordinateur. Des cartes d'application intra parcellaires du traitement phytosanitaire sont alors élaborées. Elles sont géoréférencées grâce à l'emploi d'un système GPS de positionnement par satellite. À chaque point du parcours correspondent donc une dose, des paramètres machine et des données météo.

On peut alors distinguer les zones correctement traitées de celles soumises à un surdosage ou à un sous-dosage. Différents problèmes peuvent aussi être mis en évidence : variations de dose dues à des variations de vitesse ou de débit, risques liés aux conditions météorologiques, etc...

### Exemples de représentation :



**Volume / hectare**



**Parcours du tracteur et variations du vent**

Si cet outil peut permettre aux techniciens d'acquérir des références quant aux pratiques phytosanitaires, il peut aussi aider les viticulteurs à remplir automatiquement les cahiers parcellaires avec, pour chaque parcelle, des valeurs moyennes, minimales et maximales : dose/ha, volume/ha, vent, température, etc. qui permettent d'assurer la traçabilité de la conduite du vignoble.

Si les constructeurs sont parfois accusés de « délaisser » leur gamme viticole, ce rapide exposé montre que les progrès sont au contraire, réels et réguliers. Il est possible aujourd'hui de s'équiper en matériel performant et plus respectueux de l'environnement ; ce progrès a certes un coût mais est-il réellement possible de s'en dispenser ?

# Caractérisation et maîtrise quantitative des effluents de pulvérisation

---

**Thierry COULON**  
**ITV France, Station Régionale Aquitaine Charentes**  
*39, rue Michel Montaigne, 33290 Blanquefort*  
*thierry.coulon@itvfrance.com*

## 1 - Les effluents de pulvérisation, facteurs de pollution ponctuelle

Les rejets fréquents des fonds de cuve et des eaux de lavage et rinçage des pulvérisateurs agricoles, souvent effectués sur les mêmes lieux dans les exploitations, constituent une source non négligeable de pollution du milieu naturel. Par ruissellement, entraînement par les eaux de pluie, les matières actives phytosanitaires migrent et rejoignent fossés, émissaires divers et ruisseaux, puis les cours d'eau. En situation de sols filtrants, de type graves ou sur substratum calcaire, ces matières actives peuvent également polluer les nappes phréatiques.

Dans le cadre d'un groupe de travail "Ecopulvi", l'ITV et ses partenaires cherchent à préciser les facteurs techniques et économiques permettant une gestion maîtrisée des reliquats de pulvérisation. Dans un premier temps, il s'agissait d'évaluer plus précisément les quantités d'effluents produites sur les exploitations viticoles et de bien les caractériser en termes de pollution organique et chimique.

En effet, la réduction "à la source" des effluents semble bien s'imposer comme une priorité, car l'inventaire des méthodes de traitement "aval" de ces effluents, méthodes actuellement en cours de mise au point, montre bien la relative lourdeur ou complexité, ainsi que le coût non négligeable des installations et procédés à mettre en œuvre.

## 2 - La caractérisation de l'effluent de pulvérisation dans ses différentes fractions

Cette caractérisation va nous permettre de mieux comprendre la formation globale d'une pollution, qui résulte d'une succession d'opérations/interventions effectuées sur le matériel de pulvérisation.

Chaque étape génère ce que nous appelons une "fraction" de l'effluent total. Il s'agit de repérer celles qui contribuent le plus à la pollution globale et sur lesquelles nous avons à faire évoluer prioritairement les pratiques. L'évaluation de possibilités concrètes d'une maîtrise quantitative des effluents est donc à l'ordre du jour, tant au niveau de l'adaptation des matériels de pulvérisation, que de l'optimisation des "gestes" relevant de la responsabilité des viticulteurs.

## 3 - Vidange et rinçage des pulvérisateurs : chaque opération génère une fraction d'effluent

Le **fond de cuve** correspond au volume de bouillie restant dans le pulvérisateur après désamorçage de la pompe (fond de cuve "vrai") additionné du surplus de bouillie non épanchée par le viticulteur et qui constitue aussi pour lui la sécurité de pouvoir terminer son traitement.

Le **volume mort** correspond au volume de bouillie restant dans le circuit de pulvérisation lorsqu'on arrête l'appareil.

Dans la pratique, le fond de cuve est vidangé à la ferme, au retour du traitement. Puis la cuve est rincée, de même que le circuit de pulvérisation à partir d'eau claire rechargée dans la cuve une fois celle-ci nettoyée. Une partie de cette eau s'écoule par les buses assurant le rinçage des tuyauteries et des buses. La

plus grande part revient en cuve par le retour. Les filtres sont démontés et nettoyés manuellement. Intervient ensuite le lavage extérieur du pulvérisateur

En Champagne, Bordelais et Charentes, l'ITV a mis en œuvre une série de tests destinés à mesurer plus précisément le volume des reliquats de bouillie non utilisés et les quantités d'eau mises en œuvre pour assurer rinçages intérieurs et lavage extérieur.

#### **4 - L'organisation des tests de mesure**

Une étude du parc de pulvérisateurs girondins effectuée en 2001 a permis d'orienter les tests sur les matériels les plus couramment rencontrés dans le vignoble.

Plusieurs types de tests ont été effectués permettant :

- L'évaluation des effluents produits lors d'un rinçage "classique", effectué en retour du traitement, à la ferme à poste fixe (20 modalités).
- L'évaluation des effluents produits après rinçage et ré-application à la parcelle pour les matériels équipés d'une cuve de rinçage (13 modalités).
- La comparaison de deux procédures de rinçage à la parcelle, en un ou deux passages successifs (1 modalité).
- L'évaluation de l'efficacité de buses de rinçage montées à l'intérieur de la cuve du pulvérisateur (2 modalités).

Ces tests ont été effectués dans les conditions de la pratique. Les opérations de vidange et nettoyage étaient réalisées par le viticulteur lui-même, selon ses habitudes. Les techniciens ITV assuraient simplement les récupérations séparées des fractions d'effluents, la mesure des volumes et les prélèvements d'échantillons pour analyse chimique et DCO. Le temps nécessaire aux différentes opérations était également noté.

#### **5 - Quels résultats pratiques ?**

Au total, de 2000 à 2004, 24 tests ont pu être effectués en Gironde et Charentes, représentant 36 modalités. Nous disposons de résultats analytiques complets pour 18 de ces tests, 6 restant en attente au laboratoire.

Compte tenu de la diversité des matériels utilisés et des pratiques individuelles des viticulteurs, ces résultats sont à considérer dans le contexte de chaque exploitation. Cependant, le nombre de tests effectués permet bien d'individualiser les voies d'amélioration des pratiques et des équipements (matériels et installations).

##### **5.1 - Présentation des résultats**

Compte tenu de la grande variabilité des résultats obtenus dans les exploitations de notre réseau "Ecopulvi", nous préférons présenter une synthèse reprenant pour chaque type de mesure effectuée la "fourchette" des valeurs minimales et maximales obtenues plutôt qu'une moyenne qui aurait peu de signification pratique. Nous préciserons également une seconde "fourchette recentrée" de valeurs, correspondant à une majorité des cas étudiés.

## 5.2 - Volumes des effluents générés au retour d'un traitement

Le **tableau 1** résume les résultats obtenus en ce qui concerne les mesures de volumes d'effluents que nous avons effectués :

**Tableau 1 : Volumes des effluents générés au retour d'un traitement phytosanitaire (24 pulvérisateurs – 36 modalités) - ITV Aquitaine Charentes 2000-2004**

	Fourchette de résultats	
	mini maxi	recentrée
<b>Volume initial de bouillie</b>	108 à 1405 l	
<b>Fond de cuve « vrai »</b>	0,2 à 22.90 l	≤ 7 l
<b>Fond de cuve « total »</b>	0,2 à 41 l	
<b>Eaux de rinçage intérieur (cuve + circuit)</b>	Cuve : 6 à 73,5 l Circuit : 21,5 à 102,6 l Cuve + circuit : 27 à 145,4 l	< 30 l ≤ 35/85 l 50/100 l
<b>Eaux de rinçage extérieur</b>	11 à 301 l	35/90 l
<b>Total eau</b>	41 à 354 l	90/180 l

- Sur 21 pulvérisateurs différents, le **fond de cuve vrai** varie de 0.2 à 29.90 l. Deux appareils sur trois génèrent un fond de cuve inférieur ou égal à 5 l de bouillie.
- Les fonds de cuve totaux ont atteint la valeur maximale de 41 l. Globalement, les viticulteurs ont cependant souvent pris garde à réduire au maximum le reliquat, y compris jusqu'à désamorçage de la pompe alors que cette pratique est loin d'être majoritaire dans le vignoble. À titre d'exemple, on peut citer le cas où le viticulteur revient à la ferme avec 41 l de reliquat alors que le fond de cuve "vrai" de son appareil est de 1,5 l seulement.
- Les volumes d'eau mis en œuvre pour rincer la cuve du pulvérisateur varient de 6 à 73,5 l mais, dans la majorité des cas, restent inférieurs à 30 l pour ce qui est du rinçage "classique" effectué à la ferme après traitement. Dans le cas où un rinçage a été effectué à la parcelle, ces volumes s'abaissent parfois à 3 ou 4 litres seulement (!).
- Les volumes permettant de rincer le circuit (rampe + retour + filtre) sont plus élevés, de 21,5 l à 102,6 l. La part d'eau passant par le retour en cuve est majoritaire par rapport à la quantité utilisée pour nettoyer les filtres, alors que la longueur des tuyauteries, selon dimensionnement des rampes, influence nettement les volumes nécessaires pour nettoyer le circuit proprement dit.
- Globalement, les volumes d'eau consacrés au rinçage intérieur (cuve et circuit) ont varié de 27 à 145,4 litres dans nos essais, mais sont essentiellement compris entre 50 et 100 l.
- La fréquence de lavage extérieur est très variable, de 1 à 2 fois seulement en cours de saison ou après chaque cycle de traitement. Le soin apporté à l'opération varie également du simple arrosage au jet d'eau, nettoyage au karcher sous pression, avec ou sans produit nettoyant, après brossage de l'appareil ou non....Selon ces conditions, nous constatons des volumes d'eau mis en œuvre variant de 11 à 301 litres. Des quantités de 35 à 90 litres sont les plus fréquentes.
- Quantités totales d'eau consommées sur l'ensemble des tests effectués : nous constatons une variation de ces volumes de 41 à 354 litres, soit un rapport de 1 à 9. Les deux tiers des volumes globaux s'échelonnent entre 90 et 180 litres.



### 5.3 - La charge polluante des effluents de pulvérisation : pH et DCO (tableau 2)

**Tableau 2 : pH et DCO - ITV Aquitaine Charentes 2000-2004**

	Fourchette de résultats mini maxi	
	p H	DCO mg O <sub>2</sub> /l
<b>Fond de cuve</b>	3,47 à 8.66	9500 à 100 000
<b>Eaux de rinçage intérieur cuve circuit</b>	4,45 à 8,41	216 à 5604
	4,04 à 8,43	430 à 2860
<b>Eaux de rinçage externe</b>	4,25 à 8,59	148 à 7300

Normes rejets urbains et industriels : 5.5 <pH<8.5

Normes rejets vinicoles ICPE : DCO < 125 à 300 mg O<sub>2</sub>/l

- Les pH des fonds de cuve et des eaux de rinçage peuvent être acides en fonction des matières actives employées. A l'inverse, l'adjonction de produits nettoyants souvent ammoniacqués peut rendre le pH très basique. Les normes actuelles de rejets urbains ou industriels sont comprises entre des valeurs de pH allant de 5,5 à 8,5. En dehors de ces limites, un traitement de neutralisation est demandé.
- Les DCO des bouillies mères sont très élevées pouvant atteindre jusqu'à 100 000 mg O<sub>2</sub>/l. Celles des eaux de rinçage interne ou externe, bien que nettement plus faibles restent importantes et bien au-delà, en général, de valeurs limites fixées par exemple pour les rejets vinicoles comprises entre 125 et 300 mg/l (aucune norme réglementaire n'est encore fixée pour les effluents de pulvérisation).
- Pour les besoins de nos essais, nous avons effectué systématiquement un second rinçage interne des appareils, ce afin de pouvoir préciser l'efficacité du premier (par comparaison des niveaux de concentration en polluants dans les effluents correspondant). Les DCO sont alors, le plus souvent, inférieures à 300 mg/l, ce qui indique tout d'abord une efficacité certaine du premier rinçage.
- Après dilution/ré application à la parcelle, les rinçages de contrôle révèlent des DCO plus élevées que les précédentes. Il semble donc justifié de maintenir un rinçage interne rapide du matériel au retour à la ferme dans le cas de cette pratique.
- **L'adjonction de certains produits nettoyants élève considérablement la DCO des effluents.** On le constate sur tous les tests où de tels produits ont été utilisés par le viticulteur. Il convient donc d'utiliser ces produits avec parcimonie (!).
- En tout état de cause, les effluents de pulvérisation constituent bien une très forte charge de pollution organique dont le rejet direct dans le milieu naturel doit être formellement évité.

### 5.4 - La charge polluante des effluents de pulvérisation : les matières actives phytosanitaires (tableau 3).

Des analyses ont été effectuées sur les échantillons prélevés sur les différentes fractions d'effluents : bouillies mères - fonds de cuve non dilués (rinçage à la ferme) ou dilués (rinçage à la parcelle) - eaux de rinçage interne de la cuve, du circuit – eaux de lavage extérieur.

Nous présentons des résultats très synthétiques (**tableau 3**) en valeur relative par rapport à la concentration théorique de la bouillie préparée pour le traitement (base 100). Ces résultats sont donc exprimés, pour chaque molécule analysée, en pourcentage de la concentration théorique initiale de la bouillie.

La grande dispersion des résultats nous amène, comme pour les volumes, à préciser les "fourchettes" mini/maxi des valeurs obtenues, ainsi que des "fourchettes recentrées" sur les situations les plus fréquentes.

**Tableau 3 : Charge polluante chimique : concentrations relatives effluents/bouillies mères – ITV Aquitaine Charentes 2000-2003**

	[ échantillon ] [bouillie mère] en %		Échelle de Concentration
	Fourchette de résultats mini maxi	recentrée	
<b>Fond de cuve</b>	8,1 à 255 %	30 à 152 %	0,5 / 20 g/l
<b>Eaux de rinçage interne cuve circuit</b>	<1 à 80 % <1 à 8,7 %	1 à 20 %	1 / 1000 mg/l
<b>Eaux de rinçage externe</b>	1 à 44,5 %	<10%	1 / 1000 mg/l
<b>Eaux de contrôle</b>			0,1 / 100 mg/l

Normes potabilité : 0,1 µg/l par m.a  
0,5 µg/l toutes m.a

### **Bouillies mères et fonds de cuve**

Des prélèvements effectués sur les bouillies, en début de traitement (juste avant départ du matériel pour ce traitement) et sur les reliquats de bouillie après traitement, ont eu pour objet de contrôler leur homogénéité par rapport aux concentrations théoriques.

La formulation du produit, qui relève du savoir-faire de l'industrie phytosanitaire, d'une part et le système de brassage du pulvérisateur, dont l'efficacité doit être contrôlée par le constructeur d'autre part, assurent en principe le viticulteur d'une bouillie phytosanitaire suffisamment homogène pour à la fois faciliter son application régulière sur le végétal et permettre une efficacité biologique optimale des traitements.

En réalité, les résultats analytiques obtenus s'avèrent très dispersés selon les tests, les spécialités et molécules phytosanitaires mises en œuvre, les pulvérisateurs utilisés. La concentration des fonds de cuve peut varier de 8,1 à 255 % de celle de la bouillie initiale. Dans la majorité des cas, il existe des différences importantes entre concentrations théoriques des molécules et concentrations mesurées, que ce soit dans les bouillies juste après leur préparation (en cuve de préparation ou directement dans le pulvérisateur) ou dans les fonds de cuve ramenés à la ferme en fin de traitement.

Dans le cas où la spécialité phytosanitaire associe plusieurs matières actives, nous constatons que le rapport de concentration entre molécules n'est pas conservé. Des variations importantes de ce rapport se produisent. À l'analyse, certaines molécules ressortent surdosées ou plus généralement sous dosées.

A l'évidence, nous sommes obligés de constater :

- que les systèmes de brassage des pulvérisateurs, mais aussi des cuves de préparation, ne sont pas suffisamment performants pour permettre l'homogénéisation complète de la bouillie lors de la préparation.
- que sans doute, au cours du traitement, la composition de la bouillie pulvérisée varie à chaque instant, mais aussi que certaines molécules, en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques seraient davantage "exportées" en début de traitement, alors que d'autres le seraient moins et se retrouveraient donc surconcentrées dans le fond de cuve.

**Conséquence directe de ce qui précède, la pollution chimique potentielle que représente le fond de cuve sera modulée en fonction des molécules phytosanitaires et des conditions matérielles de préparation et du traitement.**

Autre difficulté dans l'évaluation de cette pollution chimique potentielle, une pratique analytique mal codifiée, qui ne permet pas une réelle fiabilité ou, en tous les cas, une fiabilité satisfaisante des analyses effectuées sur des effluents à très fortes concentrations en matières actives.

Nous avons constaté, à l'occasion de cette étude, l'absence quasi complète de références dans ce domaine. Les laboratoires ont peu l'habitude de réaliser ce type d'analyses. Les méthodes sont non standardisées, chaque laboratoire valide ses propres pratiques. À cela, s'ajoutent les difficultés d'homogénéisation et de prise d'échantillons d'effluents lors des manipulations expérimentales et lors de la reprise de ces échantillons au labo.

**Malgré tous ces facteurs d'imprécision et d'interrogation, globalement, les concentrations des fonds de cuve sont bien sûr très élevées, d'où l'importance d'en limiter au maximum les volumes et/ou de les éliminer après dilution par réapplication à la parcelle.**

### *Effluents de rinçage interne (cuve et circuit)*

Les concentrations en matières actives des eaux de rinçage sont très inférieures à celles des bouillies et fonds de cuve. Cependant, elles restent très importantes et, en aucun cas, ces eaux de rinçage ne devraient rejoindre directement, sans traitement, le milieu naturel.

De la même manière que pour les fonds de cuves, les résultats apparaissent dispersés.

Globalement, sur les tests réalisés de 2000 à 2003, la concentration des eaux de rinçage des cuves de pulvérisateurs varie de 1 % et moins, à 80 % de la concentration initiale de la bouillie de traitement.

Si l'on élimine les valeurs extrêmes, on obtient un "espace" de variation de 1 % à 20 %.

Pour ce qui est des eaux de rinçage du circuit (retour en cuve + circuit proprement dit + filtres), le différentiel est beaucoup plus faible, de moins de 1 % à 8,7 % de la concentration initiale de la bouillie.

Parmi les **facteurs pouvant expliquer la dispersion des résultats**, on peut citer :

- Les différences non négligeables des volumes d'eau mis en œuvre.
- Les pratiques très variables des exploitants dans le soin apporté aux opérations, dans l'évaluation de la propreté du matériel, de la clarté de l'eau en fin de rinçage.
- La conception des pulvérisateurs qui influence la rétention de bouillie sur ou dans les divers organes des appareils.
- Le comportement différent des molécules en termes de "nettoyabilité", ce en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, de leur solubilité, de leur concentration, très variables d'une molécule à l'autre.
- Et enfin, la fiabilité de certaines analyses.

**En tout état de cause, cette hétérogénéité des effluents de rinçage des pulvérisateurs en terme de pollution chimique potentielle, nous semble devoir être prise en compte, en même temps que la concentration proprement dite de ces effluents, dans tout schéma de maîtrise et traitement quantitatif et qualitatif.**

### *Effluents de lavage externe du pulvérisateur*

Les résultats concernant cette fraction d'effluent apparaissent également dans le tableau 3. Ils sont, eux aussi, très dispersés. Selon les tests, les concentrations en matières actives s'élèvent de 1 % à 44,5 % des concentrations théoriques de la bouillie de traitement (cette dernière valeur paraissant peu plausible). Dans la majorité des cas, on reste à des niveaux inférieurs à 10 % des concentrations de la bouillie initiale.

### **Échelle de Concentration des effluents de rinçage en molécules phytosanitaires** (tableau 3)

Elles restent élevées, surtout si on les considère par rapport à la seule réglementation existante concernant la qualité des eaux. Les normes précisent les teneurs maximales en molécules pour les eaux destinées à la consommation humaine, soit 0,1 µg/l maximum par molécule individualisée et 0,5 µg/l au total pour l'ensemble des molécules retrouvées.

Nous nous situons, avec les effluents de rinçage de nos pulvérisateurs, à des niveaux 100 000 fois supérieurs et au-delà.

Dans le détail, les résultats d'analyses peuvent parfois être convergents ou parfois divergents. Les concentrations en matière active peuvent être similaires dans les eaux de rinçage de la cuve et du circuit mais peuvent être différentes. Les teneurs des eaux de lavage extérieur sont parfois plus élevées, parfois plus faibles que celles des eaux de rinçage interne.

**L'hétérogénéité du "matériau" ainsi récupéré nous donne une idée de la rusticité et de la souplesse nécessaire des procédés de traitement qui sont à mettre en œuvre en aval avant rejet.**

#### **5.5 - Évaluation de l'efficacité des opérations de rinçage effectuées à poste fixe**

Afin d'évaluer l'efficacité des opérations de rinçage effectuées par les viticulteurs, nous réalisons un second rinçage immédiatement après, tant de la cuve que du circuit, avec une quantité d'eau également mesurée.

Des échantillons de ces effluents de second rinçage sont prélevés et envoyés au laboratoire pour analyse. Dans la plupart des tests, les concentrations en matières actives de ces eaux de rinçage de contrôle sont nettement plus faibles que celles du 1<sup>er</sup> rinçage à poste fixe. Ce constat est logique eu égard aux niveaux de DCO, relativement faibles, de ces échantillons.

Si l'on estime que l'efficacité du 1<sup>er</sup> rinçage est d'autant plus grande que la concentration résiduelle des molécules est faible dans le second, cette efficacité varie cependant sensiblement selon les matières actives.

À titre d'exemple, si la "nettoyabilité" du cymoxanil est régulièrement élevée (>90 %), celles du folpel, du fosétyl d'Al, de l'azoxystrobine, du krézoxim méthyl, du pyriferox... sont plus irrégulières (50 à 90 %). Le diméthomorphe est bien éliminé (> 95 %), le fluzilazol légèrement moins bien (85-90 %) etc...

#### **5.6 - Efficacité du rinçage "à la parcelle"**

Pour l'évaluer, nous avons comparé les niveaux de produits phytosanitaires présents dans les eaux des rinçages de la cuve et du circuit effectués au retour du matériel après la réapplication du fond de cuve dilué à la parcelle, à ceux présents dans les eaux des rinçages des contrôles effectués ensuite à poste fixe. Cette évaluation peut se faire sur les tests sur lesquels nous avons mis en comparaison les deux pratiques de rinçage (classique et à la "parcelle").

Sur 32 couples de valeurs issues de ces tests et à comparer :

- Dans 27 cas, les concentrations résiduelles sont plus fortes dans les eaux de contrôle du rinçage à la parcelle (cuve et circuit)
- Dans 5 cas, elles sont plus fortes dans les eaux de contrôle du rinçage à poste fixe ou égales.

Mais il convient maintenant de traduire l'ensemble de ces résultats en termes de quantités de matières actives globalement présentes dans l'ensemble additionnées des reliquats et effluents de rinçage intérieurs et extérieurs.

## 5.7 - Évaluation de la pollution potentielle quantitative des effluents de pulvérisation dans le cas des rinçages à poste fixe à la ferme

En connaissance des volumes d'effluents et de leurs concentrations respectives, nous pouvons évaluer les quantités de matières actives ainsi éliminées qui restent à traiter. Afin de simplifier les résultats et d'en faciliter la lecture, nous avons transformé ces quantités en "équivalent de volume de bouillie" ainsi retrouvé dans les différentes fractions d'effluents (fonds de cuve et eaux de rinçage).

**Tableau 4 : Charge polluante chimique traduite en « volume équivalent bouillie »  
ITV Aquitaine Charentes 2000-2003**

<u>Rinçage à poste fixe</u>	Fourchette de résultats		Contribution à la pollution totale
	mini maxi	recentrée	
<b>Charge polluante totale (FC + eaux rinçage int. et ext.)</b>	1 à 119 l	2 à 53 l	100 %
<b>Fond de cuve</b>	0,3 à 104,5 l	1 à 33 l	17,4 à 99 %
<b>Eaux de rinçage interne cuve circuit</b>	0,01 à 11 l	0,05 à 4,5 l	0,3 à 36,2 %
	0,02 à 7,9 l	0,1 à 6 l	0,3 à 54,9 %
<b>Eaux de rinçage externe</b>	0,01 à 15,7 l	0,4 à 11 l	0,1 à 97,8 %

### Rinçage à la parcelle

⇒ Réduction de la charge polluante Fond de cuve de 63 à 95%

⇒ Niveau de charge polluante totale ramenée dans une fourchette de 0,5 à 15,3 l d'équivalent bouillie

Le **tableau 4** présente les résultats globaux de nos essais. Pour chaque fraction d'effluent, on obtient une fourchette quantitative (mini-maxi) liée aux différents résultats analytiques obtenus pour les différentes molécules associées dans les bouillies phytosanitaires. Sur l'ensemble des tests, on observe une très grande variation de volume total d'équivalent bouillie. Ce volume peut être faible, quelques litres ou même moins d'un litre **quand le fond de cuve en particulier est réduit au strict minimum**. Dans le cas inverse, il peut devenir très important. En supprimant les résultats de dosage nous paraissant excessivement élevés ou très faibles et peu plausibles, nous constatons un espace de variation recentré de 2 à 53 litres d'équivalent bouillie (sur 16 modalités étudiées de 2000 à 2003).

Dans le cas où les dosages que nous avons éliminés correspondraient à la réalité, ce qui ne peut être totalement exclu compte tenu de la grande hétérogénéité des situations de la pratique et des substrats, cet espace de variation irait de 1 à 119 litres.

Le pourcentage représenté par les fonds de cuve dans la pollution chimique totale occasionnée par les effluents de pulvérisation, varie de 17,4 à 99 % selon le cas.

## 5.8 - Intérêt du rinçage à la parcelle

**La pratique du rinçage à la parcelle permet toujours de réduire significativement ce pourcentage lié au fond de cuve**, ainsi que le démontrent les évaluations effectuées lors des tests comparatifs « rinçage classique/rinçage à la parcelle » (**taux de réduction pouvant varier de – 63 à – 95 % par rapport au rinçage à poste fixe à la ferme**).

C'est pour les modalités de rinçage à la parcelle que nous obtenons les niveaux de pollution chimique potentielle les plus faibles, de 0,5 à 15,3 litres d'équivalent bouillie.

## 6 - Conclusion

Cette série de résultats nous permet d'approcher la réalité complexe, quantitativement importante, de la charge de pollution que représentent les effluents de pulvérisation. Compte tenu du nombre de traitements effectués campagne après campagne sur les vignobles, les risques de pollution du milieu naturel ne peuvent être ignorés.

Ces risques se sont d'ailleurs avérés, certaines matières actives étant retrouvées dans les eaux de surface mais aussi de profondeur.

**Une priorité réside dans la réduction quantitative maximale des effluents à l'amont et en premier lieu des volumes de fond de cuve.** Le rinçage du matériel, directement à la vigne, avant retour du pulvérisateur à la ferme, est à promouvoir. L'effort d'équipement à fournir par les viticulteurs est réel mais indispensable. Dans l'attente d'un tel équipement, le remplissage de la cuve à partir d'un point d'eau peut permettre un tel rinçage à la parcelle.

Malgré tout, les dernières eaux de rinçage resteront chargées d'une quantité significative de matières actives. Il est probable qu'une réglementation se mette en place dans des délais plus ou moins rapprochés et précise les teneurs maximales admises pour leur rejet dans le milieu naturel.

Un traitement adapté devra permettre de ramener cet effluent ultime à des concentrations compatibles avec un tel rejet direct (épandage). En ce qui concerne les eaux de rinçage extérieur, des procédés successifs seront à mettre en œuvre pour éliminer huile, graisse, débris divers et molécules phytosanitaires.

Malgré les imprécisions qui demeurent, liées à la grande diversité des situations, des pratiques, des équipements et à la relative imprécision des analyses, nous disposons d'éléments suffisants pour appuyer une communication à destination des viticulteurs qui les inciterait à une maîtrise quantitative amont des effluents de pulvérisation.

**Le traitement aval de l'ultime reliquat dilué restera nécessaire. Il devra mettre en œuvre des procédés suffisamment performants pour assurer des résultats satisfaisants sur des substrats dont la principale caractéristique restera sans doute l'hétérogénéité.**

# Techniques envisagées pour l'épuration des effluents issus de traitements phytosanitaires

---

**Jean-Luc DEMARS, Joël ROCHARD**  
**ITV France – Station Régionale Champagne**  
17, Rue Jean Chandon Moët – BP 20046 - 51202 Épernay Cedex

Après le traitement des parcelles avec des produits de protection des plantes, les pulvérisateurs contiennent des reliquats de bouillie. Ces derniers sont dus au volume mort de la cuve du pulvérisateur, à la bouillie contenue dans le circuit de pulvérisation et parfois à des surplus préparés par le viticulteur. Le nettoyage des pulvérisateurs génère alors des effluents phytosanitaires pouvant être à l'origine de pollutions ponctuelles.

Dans le cadre des démarches d'agriculture raisonnée, il est préconisé de rincer la cuve à la parcelle (gestion au champ des reliquats), de nettoyer les pulvérisateurs sur une aire de lavage permettant de récupérer les effluents, puis de les traiter.

À l'instar des effluents vinicoles, où des procédés de traitement sont mis en œuvre dans la plupart des caves, des réflexions sont en cours sur l'épuration des effluents phytosanitaires.

Au niveau réglementaire, aucun moyen n'est actuellement validé pour respecter l'objectif de ne pas polluer. Au niveau pratique, de nombreux procédés de traitement des effluents sont proposés aux viticulteurs mais leur pertinence et leur faisabilité en milieu agricole n'est pas encore démontrée.

Au moment où une réglementation sur la gestion des reliquats de pulvérisation est en cours de réflexion, il est important d'acquérir des références sur les systèmes de traitement et de pouvoir comparer leurs performances techniques, économiques et pratiques.

## Préalables à l'épuration des effluents

### ▪ Définitions des termes

Pour évoquer la gestion des reliquats, il est nécessaire de définir plusieurs termes utilisés dans la suite de cet article :

- Effluents phytosanitaires = effluents issus des traitements phytosanitaires = effluents de pulvérisation (définition issue du projet n°10 d'arrêté relatif à l'épandage des effluents issus des traitements phytosanitaires) : « *les fonds de cuve, fonds de cuve dilués, eaux de nettoyage du matériel de pulvérisation (rinçage intérieur et lavage extérieur), ainsi que les effluents liquides ou solides issus de leur traitement à l'exception des supports filtrants, tels que les charbons actifs, les membranes et les filtres, et des concentrés liquides ou solides issus des procédés de séparation physique* ».
- Rinçage : passage rapide à l'eau pour éviter l'encrassement du matériel (dilution des substances). Le plus souvent, il correspond à l'action juste après traitement sur l'intérieur des cuves du pulvérisateur pour éviter le dépôt des produits.
- Lavage : nettoyage du pulvérisateur impliquant une action mécanique ou chimique (produit de lavage). Le plus souvent, le lavage correspond au nettoyage de l'extérieur du pulvérisateur (ou bien pour nettoyer les cuves après les traitements herbicides).
- Fond de cuve : bouillie restant dans la cuve du pulvérisateur quand le viticulteur décide de la fin du traitement phytosanitaire. Ce volume correspond au volume de fond de cuve après désamorçage du pulvérisateur (cf. ci-dessous) ajouté à la bouillie restant en fin de traitement de parcelle.

- Fond de cuve après désamorçage (= fond de cuve « vrai ») : bouillie restant dans la cuve du pulvérisateur après désamorçage de la pompe d'aspiration de l'appareil, ne peut plus être pulvérisé. Ce fond de cuve est inhérent à la forme de la cuve et au positionnement du système d'aspiration du matériel.
- Volume mort : bouillie restant dans le circuit de pulvérisation (distributeur, retour en cuve, tuyauterie, filtres..., hors cuve(s) de bouillie). Il dépend directement de la conception du circuit de pulvérisation et du niveau de désamorçage.

#### ▪ **La nécessité de la démarche amont**

Avant d'envisager le traitement des effluents issus des traitements phytosanitaires, il est nécessaire de réduire leur volume et leur concentration. Les étapes principales garantant d'une efficacité quant à la gestion des effluents de pulvérisation sont les suivantes :

- Suivi des règles de décision en protection phytosanitaire raisonnée (première démarche pour limiter les volumes d'effluents !),
- Adaptation du matériel de pulvérisation afin de limiter les volumes de bouillie non pulvérisables,
- Ajustement optimum du volume de bouillie à la surface à traiter (limite les fonds de cuve chroniques délicats à gérer),
- Pulvérisation jusqu'au désamorçage, même quand l'application agronomique est finie sur la parcelle (la grosse avancée pour l'environnement se situe ici !)
- Réalisation à la parcelle d'un rinçage permettant de diluer les volumes non pulvérisables et pulvérisation de ce volume dilué.

Ces démarches permettent de limiter considérablement les effluents à traiter et constituent un préalable indispensable avant toute démarche de traitement des effluents. Rappelons ici que gérer ne signifie pas forcément système d'épuration.

#### ▪ **Construction d'une aire de lavage**

L'équipement d'une aire de remplissage-lavage présente plusieurs intérêts. Ce site permet notamment de :

- sécuriser pour l'opérateur des actions mettant en œuvre des produits concentrés,
- limiter les risques de contaminations ponctuelles et donc de protéger le milieu environnant, l'eau, la population et l'opérateur,
- gagner du temps sur des étapes courantes de l'itinéraire technique phytosanitaire et d'assurer un confort de travail,
- collecter les effluents à traiter.

Des documents sur la conception de cette aire de remplissage-lavage sont disponibles auprès de l'ITV. Les principaux éléments à retenir sont les suivants :

- situation à l'écart des habitations et des points d'eau,
- zone étanche permettant la récupération des eaux de ruissellement,
- séparation des eaux de pluie (à diriger vers le milieu naturel ou le réseau pluvial) et des effluents à traiter (à diriger vers une cuve de récupération ou vers un système de traitement en continu),
- équipement éventuel d'un dessableur-dégrilleur-déshuileur en fonction des procédés de traitement.

Parallèlement, le projet de réglementation actuel prévoit une cuve de stockage des effluents « bruts » et une seconde cuve pour stocker les effluents de pulvérisation « traités », en vue d'un épandage agricole. Les volumes de stockage sont à déterminer en fonction de chaque contexte d'exploitation.

## **Contexte**

### ***Une réglementation bientôt renforcée***

Le code de la santé publique (Art. L1331-15) et le code de l'environnement (Art. L432-2 et Art. L216-6) précisent la responsabilité des personnes générant des effluents pouvant causer des dommages à l'environnement et aux personnes, et l'obligation de traiter les effluents. Il n'existe cependant actuellement pas de réglementation spécifique sur la gestion des reliquats de pulvérisation ni de norme de rejet après traitement des effluents.

Sur ce sujet, un arrêté relatif à l'épandage des effluents phytosanitaires est en cours de rédaction et devrait préciser prochainement le mode de gestion des reliquats de pulvérisation.



### ***Des demandes du monde agricole***

Au sein de la filière viti-vinicole, un nombre croissant d'exploitations développe les bonnes pratiques agricoles et collecte leurs effluents lors du nettoyage de leur matériel. Ces exploitations sont cependant confrontées à des difficultés pour l'élimination des effluents phytosanitaires car la mise en centre agréé est extrêmement coûteuse.

### ***Une offre commerciale qui s'étoffe***

Face à ce marché émergent, plusieurs sociétés de traitement de l'eau proposent des systèmes de traitement des effluents phytosanitaires au monde agricole. Initialement limités, ces systèmes ne cessent de s'accroître en nombre et de se diversifier, avec des prestations différentes. Il est donc particulièrement difficile pour un agriculteur d'avoir une vision objective sur ces procédés concernant leurs performances techniques mais aussi leurs aspects économiques et pratiques.

### ***La démarche d'ITV France au sujet des effluents viticoles***

Pour répondre aux interrogations des viticulteurs au sujet d'une gestion efficace et pratique de leurs effluents, ITV France a créé en 1999 le groupe national Ecopulvi. Ce groupe de travail mène conjointement une réflexion sur la réduction à la source des reliquats de pulvérisation par le rinçage à la parcelle et une étude sur les différentes techniques d'épuration des effluents. Cette étude a été menée en deux temps. Tout d'abord, les procédés d'épuration des reliquats ont été recensés. Cette identification a donné lieu à l'établissement de fiches descriptives par procédé (collaboration MAAPAR).

Ensuite, ces systèmes ont été testés en conditions normalisées dans le cadre d'un banc d'essai (soutien financier du Contrat de Plan Etat Région Champagne Ardennes).

## **État des lieux des procédés d'épuration des effluents phytosanitaires**

### **1. Identification**

En Septembre 2004, les procédés identifiés et suivis par ITV France sont au nombre de 12 (par ordre alphabétique) :

- BF Bulles<sup>®</sup> (*Sté Agrosol-Ecobulles*) : coagulation, floculation, série de filtrations puis finition sur charbons actifs
- EPU Mobil<sup>®</sup> (*Sté Zamatec*) : coagulation, floculation, filtration sur charbon actif
- Filtre planté de roseaux (plusieurs bureaux d'étude) : dégradation biologique sur substrat planté de roseaux
- OC<sup>®</sup> (*Sté Technavox*) : ozonation catalytique
- Osmofilm<sup>®</sup> (*Sté Alyzée*) : déshydratation dans sachet technique
- Photocatalyse (*Sté Ahlstrom*) : dégradation photochimique des molécules
- Phytobac<sup>®</sup> (*Sté Bayer*) : dégradation biologique sur substrat
- Phytipur<sup>®</sup> (*Sté Paetzold*) : coagulation, floculation puis par osmose inverse
- Procédé électrochimique modifié (*Sté AMP*)
- Réacteur électrochimique (*Hydrosciences Verseau*)
- Sentinel<sup>®</sup> (*Sté WMEC*) : coagulation, floculation, filtration sur charbon actif
- STBR<sup>®</sup> (*Sté Aderbio*) : dégradation biologique en milieu liquide.

Il s'agit ici des procédés identifiés et suivis par ITV France, la liste n'est donc pas limitative. Par exemple, un système fonctionnant à partir d'un compost de sarment finement broyé (Compound Vignolles) est à l'étude mais aucun avis objectif ne peut être formulé par l'ITV sur le procédé. Par conséquent il n'est pas développé dans cet article.

De même, l'évaporation naturelle, bien que présentant un intérêt certain, n'est pas considérée par la suite puisque actuellement les organismes officiels la considèrent comme un transfert de contamination donc à proscrire.

Par ailleurs, de nombreux autres procédés existent pour le traitement d'effluents industriels mais n'ont encore jamais été proposés pour le traitement des effluents de pulvérisation.

## 2. Description des systèmes de traitement

Les systèmes de traitement des effluents de pulvérisation fonctionnent selon deux grands principes. Il est possible de distinguer les procédés qui concentrent les molécules de ceux qui visent une dégradation des substances actives (par voie physico-chimique ou biologique).

### *La concentration des substances actives*

#### **La déshydratation (procédé OSMOFILM<sup>®</sup>)**

Le procédé de déshydratation OSMOFILM<sup>®</sup> mis au point par la société Alyzée consiste à introduire l'effluent dans une sachette OSMOBAG<sup>®</sup>. La sachette est une membrane plastique sélective perméable à la vapeur d'eau et ne laissant théoriquement pas passer les molécules phytosanitaires. L'eau s'évapore dans la sachette et diffuse à travers la membrane. Simultanément, les rayons lumineux provoquent un effet de serre augmentant l'évaporation au sein de l'OSMOBAG<sup>®</sup>. Après quelques semaines, la sachette ne contient plus théoriquement que les produits phytosanitaires concentrés qui doivent être éliminés en centre agréé.

Pour leur mise en oeuvre, les sachets OSMOBAG<sup>®</sup> sont disposés dans des casiers ajourés d'une capacité de 250 litres et gerbables sur cinq hauteurs. Un système d'embout simplifie le remplissage des sachets qui se ferment par des clips.

#### **La coagulation-floculation-filtration sur charbon actif**

(Procédés BF Bulles<sup>®</sup>, EPU mobil<sup>®</sup>, Sentinel<sup>®</sup>)

Dans l'eau, le potentiel zêta est responsable des répulsions entre particules de même signe. Tant que ce potentiel est élevé, la suspension des colloïdes est stable et aucun amalgame n'est possible.

La coagulation consiste à introduire des ions métalliques, en général  $Al^{3+}$  ou  $Fe^{3+}$ , qui abaissent le potentiel zêta, ce qui forme des micro floccs. La coagulation élimine donc la stabilité de la suspension.

La floculation correspond à l'introduction dans l'effluent d'un polymère destiné à amalgamer les micro floccs pour former des floccs plus volumineux donc plus facilement séparables du liquide par décantation. La floculation agglomère par conséquent les petites molécules en des plus grosses qui sont séparables.

La coagulation-floculation seule ne suffit pas à éliminer les substances actives présentes dans l'effluent qui doit ensuite être filtré. La filtration permet d'arrêter la pollution particulaire des floccs puis une adsorption permet d'abaisser la pollution dissoute. La filtration sur charbon actif en grain (CAG) permet d'avoir une filtration et une adsorption.

#### **La coagulation-floculation-filtration par osmose inverse (Procédé Phytapur<sup>®</sup>)**

L'osmose inverse est une des nombreuses techniques dites membranaires. Il s'agit d'une technique qui consiste à utiliser une membrane semi-perméable au travers de laquelle, sous l'effet d'une différence de pression les molécules d'eau transigent tandis que la plupart des corps dissous (sels, matières organiques) sont retenus.

Le procédé est dit "inverse" car il nécessite une pression suffisante pour 'forcer' l'eau pure à passer à travers la membrane (inverse de l'osmose normale où les ions diffusent à travers la membrane de la solution la plus concentrée vers la moins concentrée). L'ordre de grandeur de la taille des éléments arrêtés est le suivant (Rappel : la taille de la molécule d'eau est de l'ordre de 0,3 nm):

- Filtration conventionnelle : supérieure à 2 mm
- Micro filtration : entre 2 µm et 0,05 mm
- Ultrafiltration : entre 50 nm et 1 µm
- Nanofiltration : entre 1 µm et 0,4 µm
- Osmose inverse : inférieure à 0,4 µm

Éliminant plus de 99% des bactéries, virus et macromolécules organiques et sels dissous, cette technique est utilisée dans de nombreuses industries : traitement de l'eau potable, dessalinisation de l'eau, production d'eau ultra pure...

Ce procédé appliqué aux reliquats de pulvérisation permet donc de séparer l'eau des molécules phytosanitaires. Les effluents sont en général trop chargés pour être osmosés directement et sont prétraités par coagulation-floculation.

### **L'électrochimie modifiée (Procédé électrochimique modifié®)**

C'est un procédé d'électrolyse à électrode soluble. Lors du passage du courant, l'anode en fer ou en aluminium se consomme et provoque la mise en solution des cations métalliques, respectivement  $Fe^{3+}$  ou  $Al^{3+}$ , amorçant une coagulation. Le champ électrique provoque la migration des ions et augmente la probabilité de collision des ions et des particules chargées de signes contraires. De plus, l'électrolyse provoque des réactions d'oxydo-réduction permettant de dégrader en partie les substances actives. Après traitement électrochimique, l'effluent est décanté et filtré sur filtre-presse.

### ***La dégradation physico-chimique des substances actives***

La dégradation physico-chimique des micropolluants peu biodégradables est généralement réalisée par les techniques d'oxydation avancées suivantes :

#### **Réacteur électrochimique**

Une méthode de dégradation par électrochimie a été développée par le laboratoire Hydrosiences avec l'appui du pôle Construction Matériaux Verseau. Ce procédé commercialisé pour d'autres applications (potabilisation, décontamination microbiologique) est maintenant étudié pour la gestion des effluents phytosanitaires. Deux électrodes recouvertes de catalyseur, parcourues par un faible courant électrique, génèrent des radicaux hydroxyles  $OH^\circ$  qui dégradent les polluants. Le phénomène d'électrocoagulation intervient également.

#### **L'ozonation catalytique (Procédé OC®)**

L'ozone est un oxydant puissant qui permet de dégrader de nombreuses molécules organiques. Cependant, certaines molécules dont plusieurs substances actives des produits phytosanitaires ne peuvent être dégradées par l'ozone seul. Le CNRS de Poitiers a mis au point un catalyseur qui, couplé à l'ozone, améliore les propriétés oxydantes de celui-ci et permet de dégrader un plus large spectre de molécules que l'ozone seul. De plus, la consommation d'ozone est réduite.

#### **La photocatalyse**

La photocatalyse est basée sur l'action conjointe d'un catalyseur et de rayonnements ultraviolets. Le catalyseur le plus courant est le dioxyde de titane ( $TiO_2$ ). Les UV apportent l'énergie nécessaire au catalyseur introduit dans l'effluent pour former des radicaux hydroxyles  $OH^\circ$  qui dégradent les polluants organiques par oxydation.

La société Ahlstrom a réalisé des recherches sur la photocatalyse sur papier : l'effluent s'écoule sur une rampe recouverte d'un papier sur lequel est fixé le catalyseur. Le catalyseur se présente habituellement sous forme de poudre ; la fixation du  $TiO_2$  sur papier évite le problème de la séparation du catalyseur et de l'effluent.

À notre connaissance, plusieurs sociétés envisagent un développement de ce procédé : sociétés Agro-environnement et Résolution.

### ***La dégradation biologique des molécules phytosanitaires***

#### **Dégradation biologique en milieu liquide (Procédé STBR2®)**

La société Aderbio Développement a développé la station de traitement des effluents viticoles STBR2®. Cette station est une adaptation des systèmes de traitements destinés aux effluents de cave par dégradation aérobie en milieu liquide.

Des micro organismes sont mis en culture dans un fermenteur et ajoutés séquentiellement à l'effluent à traiter dans un digesteur. Les substances actives sont dégradées par co-métabolisme et par choc enzymatique. L'effluent est ensuite décanté et filtré sur un lit de roches volcaniques.

## Dégradation biologique sur substrat

- *Les lits biologiques (Biobed, Phytobac® ...)*

Le biobac, également appelé biobed ou Phytobac® (Bayer Cropscience France) est basé sur le pouvoir épurateur du sol. Les reliquats de pulvérisation sont épandus dans une fosse étanche où se trouve un mélange de terre, de paille et parfois de matière organique (fumier, tourbe) dans des conditions aérobies. Par conséquent, le lit biologique ne doit pas être gorgé d'eau et doit donc être couvert. Ce dispositif permet la fixation et/ou la dégradation des substances actives par les micro organismes présents naturellement dans le milieu.

- *Les filtres végétalisés*

Une fosse étanche est d'abord remplie de graviers (granulométrie décroissante) puis de sol. Sur ce substrat est ensuite implanté un couvert végétal, généralement des roseaux (*Phragmites Australis*). Les effluents s'écoulent à travers le lit planté comme à travers un filtre. Les molécules sont dégradées par une biomasse aérobie se développant conjointement dans le substrat et sur le système racinaire des roseaux.

## Approche comparative des différents procédés proposés :

### Mise en œuvre d'un banc comparatif

Afin de connaître les performances techniques, économiques et pratiques des procédés, et de pouvoir les comparer, un banc comparatif a été mis en œuvre par ITV France. Cet essai a consisté à soumettre un même effluent phytosanitaire aux différents systèmes de gestion cités précédemment, hormis les dispositifs de dégradation biologique sur substrat en raison de leurs caractéristiques (nécessité d'une incubation, cinétique de dégradation...)

Ce travail a permis de tester en conditions représentatives du "terrain" la mise en œuvre des procédés de traitement (bouillie avec hydrocarbures, MES, effluent phytosanitaire type). Le résultat de chaque traitement a fait l'objet d'une collecte pour analyse des paramètres phytosanitaires. Les caractéristiques pratiques ont également été renseignées : modalités de mise en œuvre, facilité d'installation et d'utilisation en contexte agricole ainsi qu'une approche économique.

L'ITV fournissait l'effluent à traiter et les sociétés mettaient en œuvre leur procédé à leur convenance, comme chez un viticulteur.

### Des niveaux de développement différents

Les procédés présentent des niveaux de développement hétérogènes que l'on peut classer en trois catégories : stade pilote (essais en laboratoire), stade prototype – pré-développement (ou les procédés sont testés en conditions d'exploitations agricoles et stade commercial ou le produit est proposé commercialement pour gérer les effluents de pulvérisation).

Les performances des procédés sont la plupart du temps directement liés à leur niveau de recherche & développement. Le jugement des procédés doit donc tenir compte de leur stade de développement et de leurs perspectives d'amélioration.

Les systèmes se répartissent actuellement de la manière suivante (par ordre alphabétique):

- **Stade pilote :** OC®  
Procédé Electrochimique Modifié
- **Stade prototype – pré-développement :** BF Bulles®  
Filtre planté de roseaux  
Photocatalyse  
Réacteur électrochimique
- **Stade développement commercial :** EPU Mobil®  
Phytobac®  
Phytopur®  
Osmofilm®  
Sentinel®  
STBR2®

## Synthèse sur le fonctionnement des process

**Tableau 1 : Fonctionnement des procédés – État à l'automne 2004.**

Principe	Mode de fonctionnement process	Nom du procédé (entreprise)	Niveau et nature de développement	Mise en œuvre des procédés
Concentration des substances actives	Déshydratation	Osmofilm® (Alyzée)	Développement commercial, vente du produit. Commercialisé par distributeurs nationaux	Saches de 250 Litres disposées dans des casiers ajourés gerbables sur 5 hauteurs
	Coagulation – floculation- filtration sur charbons actifs	BF Bulles® (Eco bulle)	Stade prototype , pré-développement En cours de commercialisation par la société ECOBulles (conceptrice) : vente et prestation	Dispositif compact monté sur chariot. Système par batch.
		EPU Mobil® (Zamatec)	Développement commercial, vente du procédé. Commercialisé par la société Zamatec (Suisse)	Dispositif monté sur remorque. Système par batch
		Sentinel® (WMEC)	Développement commercial, vente du procédé. Commercialisé par la société conceptrice	Système fonctionnant par batch d'1 m3. Dispositif fixe mais peut être transporté en cas de prestation.
	Coagulation – floculation – osmose inverse	Phytopur® (Michael Paetzold)	Développement commercial. Prestation de service. Commercialisé par la société conceptrice.	Dispositif transporté chez le « client » dans une camionnette. Système par batch.
	Coagulation par voie électrochimique	Procédé Electrochimique Modifié (AMP)	Stade pilote, en cours d'essai sur les effluents phytosanitaires. Commercialisé sur d'autres effluents industriels (Sté AMP).	Système équipant un camion aménagé (pour les gros volumes). Pour des volumes à traiter plus limités, système transporté dans un véhicule utilitaire Système par batch
Dégradation des substances actives	Oxydation avancée par voie électrochimique	Réacteur électrochimique (Hydrosciences Verseau)	Stade prototype. En cours d'essai sur les effluents phytosanitaires.	Module d'électrochimie (taille d'une pompe) à introduire dans l'effluent. Système par batch ou en continu.
	Ozonation	OC® (Technavox)	Stade pilote, en cours d'essai sur les effluents phytosanitaires (par la société Technavox)	Stade pilote, la mise en œuvre des procédés n'est encore pas définie au niveau pratique
	Oxydation avancée par voie photochimique	Photocatalyse (Ahlstrom)	Prototypes mais perspectives proches de développement commercial (vente du procédé). Commercialisation par plusieurs sociétés (Résolution...)	Forme de présentation du process non arrêtée (écoulement vertical, sur plan incliné...) Système par batch (de volume variable)
	Dégradation biologique aérobie en milieu liquide par ensemencement	STBR2® (Aderbio)	Développement commercial, vente du procédé. Commercialisé par Aderbio et distribué par le groupe Soufflet.	Présentation sous forme d'armoire. Système autonome fonctionnant en continu.
	Dégradation biologique sur filtre végétalisé	Filtre planté de roseaux, roselière...	Stade prototype. En cours de test en conditions d'exploitation	Une fois la roselière installée, les effluents s'écoulent directement sans stockage ni prétraitement, au fur et à mesure de leur production. Possibilité de Zéro rejet liquide.
	Dégradation biologique sur substrat	Phytopac® (Bayer)	Développement du procédé en cours par Bayer (formation « d'experts Phytopac® »)	Écoulement des effluents directement sans stockage ni prétraitement, au fur et à mesure de leur production Possibilité de Zéro rejet liquide.

## Données et mise en œuvre des dispositifs de traitement

**Tableau 2 : Caractéristiques des dispositifs de traitement – État à l'automne 2004 – Sources Sociétés**

Nom du procédé	Dimensions	Consommables utilisés	Débit	Facilité d'emploi (appréciation ITV)	Déchets générés et modes de gestion	Besoins sur place
Osmofilm®	Saches de 250 litres Casiers de 0,8 * 1,2 * 0,3 m	Saches	Déshydratation de la sache ( 250 L) en 3 à 6 mois	Remplissage : * Process : ***	Saches usagées et résidus non évaporés (volume dépend des conditions). A charge de l'exploitant	Place Protection (auvent...) Zone de rétention sous les casiers
BF Bulles®	1,4 * 1 * 0,8 m	Coagulants, floculants, médias filtrants	~1,5 m <sup>3</sup> /h en moyenne	** à ***	Boues (~20 L/m <sup>3</sup> ) à charge de l'exploitant. Supports filtrants repris pas la société (pas de BSDI).	Cuve de stockage des effluents Prise secteur
EPU Mobil®	3 * 1,5 * 2,3 m	Coagulants, floculants, médias filtrants	2 à 4 m <sup>3</sup> /h	**	Boues, médias filtrants (filtre tissé et cartouche de charbon actif) . A charge de l'exploitant	Cuve de stockage des effluents Prise 380 V – 10 A Pompe de relevage
Sentinel®	1,6 * 1,2 * 3,5 m	Coagulants, floculants, médias filtrants	0,3 m <sup>3</sup> /h	* à **	Boues ; cartouches de charbons actifs usagées. A charge de l'exploitant	Cuve de stockage des effluents Prise secteur.
Phytopur®	Non communiquées mais le dispositif est transportable dans un véhicule utilitaire	Coagulants, floculants, osmoseur	0,6 m <sup>3</sup> /h	***	Boues reprises par la société (inclus dans la prestation) avec BSDI Effluent concentré remplacé dans la cuve pour traitement ultérieur	Cuve de stockage des effluents Prise 380 V – 16 A.
Procédé Electrochimique Modifié	Variable suivant volumes à traiter	Réactifs gardés secrets	Non déterminé	* à **	Boues (à charge de l'exploitant)	Cuve de stockage des effluents Prise 380 V
Réacteur électrochimique	Taille d'une pompe	Néant	0,3 m <sup>3</sup> /h	***	Boues (à charge de l'exploitant)	Cuve de stockage des effluents Prise secteur
OC®	Process industriel non défini	Réactifs gardés secrets	Non déterminé	*	Boues (à charge de l'exploitant)	?
Photocatalyse (Résolution)	1 * 1,2 * 1,6 m	Néant	Dépend de l'appareil	Installation : * Process : ***	Boues (à charge de l'exploitant)	Cuve de stockage des effluents Prise secteur
STBR2®	1,4 * 1,12 * 2,04 m	Solution nutritive et ensemencement bactérien	0,03 m <sup>3</sup> /j	***	Boues (à charge de l'exploitant)	Cuve de stockage des effluents Prise 380 V – 10 A
Filtre végétalisé	Dépend des volumes à traiter	-	Pas de rejet liquide	***	Substrat à épandre (fréquence et lieu à définir réglementairement)	-
Phytobac®	Dépend des volumes à traiter	Paille	Pas de rejet liquide	***	Substrat à épandre (fréquence et lieu à définir réglementairement)	-

\* mise en œuvre contraignante \*\* mise en œuvre assez simple \*\*\* mise en œuvre simple

## Des caractéristiques technico-économiques diversifiées

**Tableau n°3 : Informations technico-économiques sur les process (sources : sociétés)- État à l'automne 2004, données susceptibles d'évoluer.**

Nom du procédé	Mode de commercialisation	Investissement	Forfait	Coût de fonctionnement (hors gestion des déchets)	Consommation énergétique
Osmofilm®	Vente	Casiers : 185 €/ unité (source Haléco)	-	Saches osmobag : 230 €les 10 saches (source Haléco) Clips fermeture : 50 €les 10 clips (source Haléco) Soit : 112 €/m <sup>3</sup> en fonctionnement (hors gestion des déchets) Investissement initial de 740 €/ m <sup>3</sup>	~0 kWh/m <sup>3</sup> (remplissage avec pompe)
BF Bulles®	Vente	10.500 € ou 14.500 € HT selon modèle	-	Coût non défini a priori Dépend de la rapidité de saturation des cartouches	~ 1 kWh/m <sup>3</sup>
EPU Mobil®	Vente	120.000 €HT	-	~13 €/ m <sup>3</sup> de consommables hors charbons actifs	~1,5 kWh/m <sup>3</sup>
Sentinel®	Vente	25.000 €HT	-	~100 €/m <sup>3</sup> (base de 15 m <sup>3</sup> sur 2 ans) intégrant les consommables, les cartouches de charbon actif et l'entretien courant de l'appareil (joints, vannes...)	2 kWh/m <sup>3</sup>
Phytopur®	Prestation		470 €TTC	70 €/m <sup>3</sup> TTC	~14 kWh/m <sup>3</sup>
Procédé Electrochimique Modifié	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non communiqué
Réacteur électrochimique	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	0,3 kWh/m <sup>3</sup>
OC®	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non communiqué
Photocatalyse (Résolution)	Vente	13.000 à 15.000 €HT	-	Média filtrant et lampe : 53 €/m <sup>3</sup> sur base de 10 m <sup>3</sup>	1 kWh si 18 jours pour traiter 1 m <sup>3</sup> , alors 432 kWh/m <sup>3</sup>
STBR2®	Vente	9.800 €HT	-	60 €/m <sup>3</sup> (culture biologique)	8 kW h / j soit 267 kWh / m <sup>3</sup>
Filtre végétalisé	Vente de l'ingénierie	Non déterminé	-	-	Nulle si pas de pompe
Phytobac®	Construction autonome ou vente de l'ingénierie	Non déterminé	-	-	Nulle si pas de pompe

- : Néant

## **Des performances différentes selon les types de procédés.**

Les résultats du banc comparatif sont en cours d'analyse/interprétation fine. Cependant, les premiers résultats montrent des caractéristiques hétérogènes sur la qualité des rejets (paramètres physico-chimiques et phytosanitaires),

Néanmoins, les procédés qui s'apparentent à un même type de traitement présentent des résultats proches, ce qui conforte la fiabilité du dispositif expérimental.

S'il ne nous appartient pas, en l'absence de références réglementaires, de valider ou exclure certains procédés de traitements, plusieurs remarques générales peuvent être formulées :

- Une différence est fréquemment observée entre les performances annoncées par les constructeurs et celles mesurées. Ce constat peut s'expliquer en raison du grand nombre de paramètres analysés dans le cadre de l'étude.

- Les procédés diffèrent par leur mode de fonctionnement, ce qui a un impact sur leurs performances : les systèmes visant à concentrer les substances ont des caractéristiques de mise en œuvre généralement plus complexes (phases techniques) mais présentent des performances supérieures aux autres types de système. En outre, leur durée de traitement est plus rapide que pour les procédés de dégradation.

Le principe de coagulation floculation puis filtration est développé commercialement par de nombreux procédés. Certains d'entre eux bénéficient d'un retour d'expérience significatif. Techniquement plus pointus donc moins abordables pour un développement au vignoble, ces procédés peuvent être intéressants par la voie de la prestation. Ces procédés à large spectre ne présentent pas de déficience particulière sur les molécules analysées et fournissent des garanties intéressantes sur les résultats à l'aide de différents moyens (indicateurs colorés, conductivité, pression...).

Les techniques d'oxydation avancées sont scientifiquement plus complexes mais pratiquement plus simples à mettre en œuvre, une fois les systèmes installés. Ils présentent des efficacités hétérogènes en fonction des molécules et un doute subsiste sur le niveau de dégradation (métabolites).

Une technique se situe à la charnière entre ces deux types de process, tant au niveau du principe que des performances : le système de dégradation biologique. Simple d'emploi, il présente une efficacité différenciée selon les molécules, à l'instar des systèmes d'oxydation. Il bénéficie cependant d'une régularité et d'un suivi technique intéressant.



## Mise en œuvre par ITV France d'un banc comparatif sur les systèmes de traitement des effluents de pulvérisation

Le banc d'essai ITV France a fait l'objet d'un protocole validé par un collège d'experts.

Les caractéristiques de ce banc sont les suivantes :

- Pour pouvoir comparer les performances des systèmes, chaque procédé a été testé sur la gestion d'un volume de 500 litres d'un effluent phytosanitaire « type » réalisé de manière synthétique et similaire pour chaque essai.
- L'effluent utilisé pour les essais est un effluent synthétique représentant le stockage des effluents de nettoyage d'un pulvérisateur (intérieur et extérieur) n'ayant pas été soumis au rinçage à la parcelle sur une campagne de pulvérisation composée de 14 traitements (herbicides inclus). L'effluent a été élaboré en considérant qu'à chaque pulvérisation, 15 litres de bouillie comprenant 10 litres de fond de cuve et 5 litres de volume mort restent dans l'appareil et que l'on utilise 120 litres d'eau par rinçage. L'effluent comprend également les eaux de lavage externe du pulvérisateur soit L'équivalent d'un litre de bouillie par traitement et 150 litres d'eau par lavage pour 4 lavages dans la campagne. L'effluent est composé au total de 23 spécialités commerciales, soit 27 substances actives.
- Les systèmes ont été testés sur un volume de 500 litres sauf pour les procédés totalement inadaptés à ce volume.
- Les analyses de l'effluent traité portent sur la recherche des substances actives, un test écotoxicologique, et des analyses physico-chimiques (pH, matières en suspension, demande chimique en oxygène, demande biologique en oxygène sur cinq jours, carbone organique total, hydrocarbures, métaux lourds, azote, phosphore, composés halogénés).
- 16 molécules ont été recherchées en sortie des systèmes de traitement. Il s'agit de : Chlorpyrifos éthyl, chlorothalonil, cymoxanil, deltaméthrine, difénoconazole, diméthomorphe, fludioxonil, folpel, phtalimide, procymidone, pyriméthanil, aminotriazole, flufénoxuron, fosétyl-aluminium, glyphosate et AMPA.

### Cas particulier du système Osmofilm®

Le procédé Osmofilm® ayant la particularité de ne pas dégager de rejet aqueux, il n'a pas pu être comparé selon les mêmes modalités que les autres dispositifs. En plus d'un test pratique de mise en œuvre de l'osmofilm avec l'effluent phytosanitaire synthétique (test de compatibilité de la membrane aux effluents phytosanitaires), un test spécifique a été mis en œuvre afin de connaître la perméabilité de la membrane aux substances actives.

## **Conclusion**

Le traitement des effluents de pulvérisation est actuellement au cœur d'une réflexion intégrant réglementation, bonnes pratiques agricoles et capacités technologiques.

Au-delà de la diversité des systèmes d'épuration des effluents phytosanitaires, les dispositifs proposés actuellement présentent des caractéristiques hétérogènes sur le niveau de développement, les modalités pratiques de mise en œuvre (temps nécessaire, facilité d'emploi...) et les caractéristiques technico-économiques.

Il apparaît dans ces conditions qu'il n'existera pas une solution unique de gestion des reliquats de pulvérisation mais plusieurs alternatives adaptées aux diversités de contexte local, de besoin et d'objectif des différentes exploitations.

Les premiers enseignements du banc comparatif mis en œuvre par l'ITV France résident dans l'appréciation des différences de mise en œuvre ainsi que l'observation de qualité différenciée des rejets. Néanmoins, les procédés qui s'apparentent à un même type de traitement présentent des résultats proches.

Ces premiers résultats sont à intégrer dans une approche nationale mais montrent la difficulté d'une mise en œuvre pratique, techniquement viable et économiquement envisageable. Une concertation de l'ensemble de la filière agricole semble donc à promouvoir sur ce sujet. Par ailleurs, des systèmes simples sont certainement à reconsidérer avec intérêt comme par exemple la déshydratation naturelle en bac (non considéré pour le moment comme un système pertinent).

La démarche « banc d'essai » n'a pas la prétention d'aboutir à une validation des procédés. Il s'agit ici de remarques techniques et pratiques sur les process. L'aspect économique a été approché mais est à compléter avec des études en exploitation compte tenu du manque de lisibilité des informations économiques intégrant le coût d'investissement mais aussi de fonctionnement (dont la gestion des déchets et la consommation énergétique). Cette caractéristique est d'ailleurs à souligner et pose le problème de la prise en charge de ces coûts.

Au-delà des impératifs réglementaires, une validation expérimentale sur site associée à un suivi technico-économique s'impose donc pour proposer à la profession une palette de solutions adaptées à chaque situation.

L'évolution de la réglementation doit permettre de fixer un cadre vis à vis de la technique du rinçage à la parcelle. Concernant le traitement des effluents, plusieurs interrogations subsistent : coût de ces procédés (à supporter par qui, selon quelles modalités ?), rejet des effluents épurés (modalités, normes...), efficacité des dispositifs vis-à-vis des molécules (celles existantes et les futures) ; suivi de la performance d'épuration en continu.

Compte tenu de ces incertitudes et du contexte juridique mouvant, la démarche de traiter des effluents doit actuellement s'inscrire dans un cadre expérimental. Même si cette situation pourrait rapidement évoluer (réglementation à venir), la démarche amont de réduction à la source des volumes et des concentrations ne doit pas être omise et constitue toujours la priorité à mettre en œuvre.

## **Remerciements**

*Groupe national Ecopulvi, collègue d'experts sollicité pour le banc comparatif, Carine Meoule (DRAF Aquitaine), C. Alliot & H. Rousseau.*

# Application des produits phytosanitaires en Suisse : optimalisation des doses, contrôle des pulvérisateurs et récupération des résidus de traitements en viticulture

---

**O. VIRET, Agroscope RAC-Changins, CH-1260 Nyon**  
**W. SIEGFRIED, Agroscope FAW-Wädenswil, CH-8020 Wädenswil**

## Introduction

Le succès de la lutte contre les parasites et les maladies dépend du moment d'intervention, du choix et de la dose des matières actives, des connaissances de la biologie des organismes nuisibles et, en grande partie, de la qualité de l'application. Les produits phytosanitaires doivent être répartis le plus régulièrement possible à la surface des organes de la plante, tout en évitant les pertes par ruissellement et par dérive.

En Suisse, le vignoble d'environ 14.000 ha est cultivé dans des conditions très diverses et souvent difficiles. Au niveau structurel, les parcelles sont en général morcelées et de faibles dimensions, à l'exemple de la plus grande zone viticole du pays qui s'étend sur près de 5500 ha en Valais, cultivée par plus de 20.000 producteurs. Les pentes peuvent être extrêmes et confèrent au vignoble suisse son aspect bucolique mais limitent considérablement les possibilités de mécanisation. Les densités de plantation liées aux systèmes de conduite varient de près de 6000 à plus de 11.000 plants par hectare, faisant intervenir des types d'appareils de traitement les plus divers. Bien que l'application d'importants volumes de bouillie à la lance (gun) soit encore pratiquée dans les zones escarpées, de nombreux types d'appareils assistés d'air ont été développés. Ils permettent de réduire la quantité d'eau et d'optimiser la répartition de la bouillie dans le feuillage. Les pulvérisateurs les plus fréquemment utilisés sont des turbodiffuseurs portés ou tractés, des pulvérisateurs pneumatiques, des rampes et l'atomiseur à dos. Une bonne répartition de la bouillie sur les différentes parties de la plante tout en respectant l'environnement, n'est possible que lorsque ces appareils sont calibrés de façon optimale. L'utilisation régulière de produits phytosanitaires expose la viticulture à un grand nombre de défis, allant de la réussite de la lutte à la protection de l'environnement, en passant par la gestion des restes de bouillie et des résidus de matières actives dans le produit fini, sans oublier la protection de l'utilisateur lors de la manutention et de l'application. Dans cette optique, les deux Stations fédérales de recherches agronomiques, Agroscope RAC-Changins et FAW-Wädenswil, responsables de l'homologation des produits phytosanitaires pour les cultures spéciales travaillent intensément depuis de nombreuses années à l'optimalisation des dosages, au contrôle des pulvérisateurs, ainsi qu'à la prévision des infections des principales maladies fongiques, dans le respect des principes de la production intégrée.

## Dosage adapté au développement phénologique de la vigne

L'eau joue le rôle de support pour les produits phytosanitaires. Jusqu'à la fin des années 1980, les produits phytosanitaires étaient homologués sur la base d'une concentration (%) pour des volumes de 2000-2500 l/ha adaptés aux applications à la lance à haute pression. La pulvérisation à pression et à jet projeté à l'aide de turbodiffuseurs a permis de réduire considérablement ces volumes d'eau, entraînant des adaptations de doses souvent incontrôlées par les producteurs, allant du sous- au surdosage. À partir de 1995, des volumes d'eau optimaux ont été définis en fonction du développement phénologique de la vigne et du type de pulvérisateur (**Tabl. 1**).

**Tableau 1.** Quantités d'eau recommandées en fonction du type de pulvérisateur et du stade phénologique, en vigueur en Suisse depuis 1995. Exemple de doses par hectare pour un produit homologué à 0.1%.

Types de pulvérisateur Période	Quantités d'eau recommandées (l/ha)						
	Trait. Hiver 00-09	Rougeot 11-14 (51)	1 <sup>er</sup> pré- floral 53	2 <sup>ème</sup> pré- floral 55	Floral 61-69	Post- floral 71-73	Zone grappes 81-85
<b>Stades BBCH</b>							
<b>Pulvérisateur à jet projeté:</b> lance à haute pression Produit homologué à 0.1% (kg/ha)	-	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>1500</b>	<b>1800</b>	<b>2000</b>	<b>1000</b>
	-	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	1.0
<b>Pulvérisateur à jet projeté:</b> rampes et boille à dos Produit homologué à 0.1% (kg/ha)	<b>800</b>	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>1600</b>	<b>1200</b>
	<b>BASE DE CALCUL</b>						
	0.8	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	1.2
<b>Pulvérisateur à pression et à jet projeté:</b> turbodiffuseur, atomiseur à dos Produit homologué à 0.1% (kg/ha)	-	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>300</b>
	-	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	1.2

La quantité de produit s'adapte ainsi au volume pulvérisé selon les valeurs indiquées (kg ou l/ha) dans les listes des fongicides, insecticides et acaricides homologués en viticulture, sur la base de calcul allant de 600 à 1600 l/ha en concentration simple ou de 150 à 400 l/ha concentré quatre fois. Une augmentation de ces doses n'est justifiée que dans le cas d'application à haut volume (gun) et une réduction de ces doses ne peut se pratiquer qu'aux risques et périls du producteur. Dans le système actuel, l'utilisation de pulvérisateurs pneumatiques à des volumes d'eau inférieurs à 400 l/ha en pleine végétation doit respecter la dose homologuée par hectare afin de garantir une bonne efficacité de la lutte.

## Dosage adapté à la surface foliaire

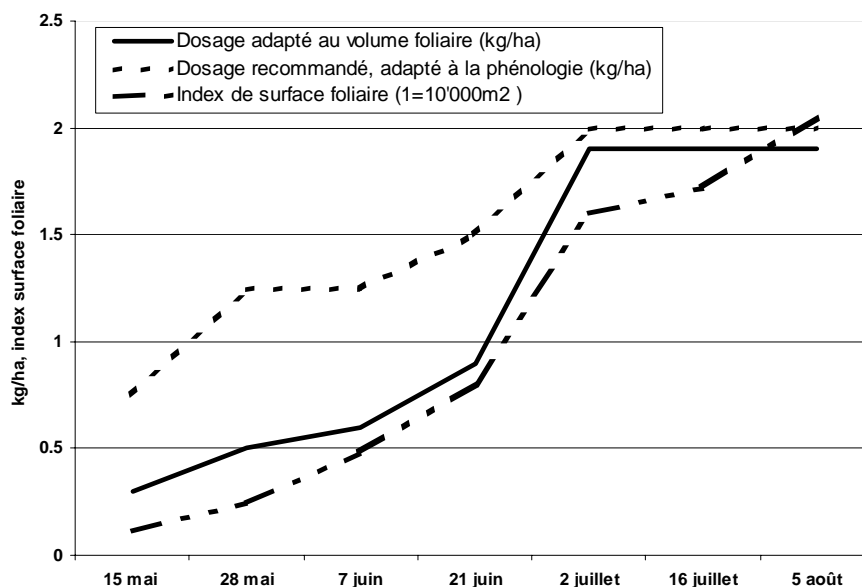
Le concept de l'adaptation du volume de bouillie et de la quantité de matière active à la surface foliaire a débuté en arboriculture fruitière. L'évolution de l'homologation des produits phytosanitaires liée aux grandes cultures est passée de l'indication d'une concentration, dont la variable est la quantité d'eau à une indication en quantité de produit par hectare, sans jamais tenir compte du volume de feuillage à traiter. Dans un souci de précision et de respect de l'environnement il s'est avéré que pour les cultures se développant dans les trois dimensions, comme les arbres fruitiers ou la vigne, la dose par hectare n'était pas une approche satisfaisante. Dès le début des années 1990, de nombreux travaux ont permis la mise au point d'une méthode simple de mesure du volume foliaire des arbres fruitiers qui est très bien corrélée à la surface foliaire, permettant une adaptation des volumes d'eau et des produits phytosanitaires tout en garantissant une bonne efficacité de la lutte contre les maladies et les ravageurs. Depuis 1996 le Tree Row Volume (TRV) est la base de l'homologation des fongicides pour les arbres fruitiers à pépins et à noyaux (Viret et al., 1999 ; Ruegg et Viret, 1999 ; Ruegg et al., 1999). Les dosages recommandés sur les listes de produits ou indiqués sur les emballages en %, se basent sur un volume de bouillie de 1600 l/ha (par exemple: 0.1% = 1.6 kg/ha) pour un TRV de 10'000 m<sup>3</sup>/ha (base pour un turbodiffuseur : 400 l/ha, 4x concentré). Cette dose est définie comme étant le 100% et sert de base de calcul à l'adaptation selon le TRV mesuré.

En viticulture, la même approche a été suivie en collaboration avec la firme Syngenta et les instituts allemands de Freiburg, Geisenheim et Weinsberg. Dans un premier temps les travaux ont consisté à caractériser les surfaces foliaires de différents cépages, systèmes de conduite et densités de plantation en Suisse, en Allemagne, en Espagne, en Italie et au Portugal. L'objectif de ce travail était de définir une méthode simple et réalisable pour estimer la surface foliaire. Les résultats obtenus montrent une très bonne corrélation ( $r^2=0.9$ ) entre la longueur des rameaux et la surface foliaire jusqu'au premier rognage. Dès ce moment la vigne compense de façon variable par la production d'entre-cœurs qui rendent l'estimation de la surface foliaire par la longueur des rameaux plus aléatoire. En revanche, une bonne corrélation ( $r^2=0.8$ ) a pu être obtenue entre le volume foliaire (m<sup>3</sup>/ha) et la surface foliaire, indépendamment du cépage, de l'année et du système de conduite, valable pour toute la saison. Dans les expériences pratiques conduites avec les viticulteurs, la mesure du volume foliaire s'est avérée simple à communiquer et facilement réalisable. Elle consiste à mesurer la largeur maximale et la hauteur de la haie foliaire, de multiplier ces deux valeurs par

10.000 m<sup>2</sup> et de diviser le résultat par la distance interligne. Cette dernière variable est très importante pour les vignobles suisses, qui contrairement à l'arboriculture, peuvent être plantés à des densités très différentes.

La croissance de la vigne suit une courbe en S partant du point zéro pour atteindre des volumes foliaires de 5000-6000 m<sup>3</sup>/ha, avec une phase de croissance très importante autour de la floraison. En 2002 par exemple, les vignes des différents cépages mesurés en Suisse et en Allemagne ont augmenté leur surface foliaire par hectare de 3.000 à 16.000 m<sup>2</sup> en 40 jours entre le 25 juin et le début août, soit une croissance journalière moyenne de 325 m<sup>2</sup> par ha. L'objectif de la dose adaptée à la surface foliaire (Crop Adaped Spraying, CAS) est d'obtenir un dépôt régulier et constant de matière active sur les feuilles, indépendamment du stade de développement, pour un pulvérisateur donné. Une table de dosage a été établie en se basant sur des mesures de dépôts et de répartition de bouillie sur le feuillage réalisées dans les différents instituts de recherches à l'aide d'un marqueur fluorescent (Viret et al., 2003). De nombreux essais comparatifs d'efficacité biologique contre le mildiou et l'oïdium ont été réalisés à différents endroits et ont montré des résultats comparables entre les dosages adaptés au volume foliaire et ceux adaptés à la phénologie. En fixant la dose homologuée à un volume de 5000 m<sup>3</sup>/ha (100%, valeur maximale atteinte généralement en pleine végétation dans les cultures mi-hautes à 2 m d'interligne), le taux moyen de réduction est de l'ordre de 30 à 35% sur l'ensemble du plan de traitement par rapport aux doses homologuées en fonction de la phénologie en Suisse. L'adaptation est importante en début de saison pour ensuite se niveler lorsque la haie foliaire est pleinement développée (**Fig. 1**). Le modèle de dosage proposé suit la courbe de croissance de la vigne, contrairement à l'adaptation linéaire en fonction du stade phénologique (**Fig. 1**).

L'adaptation des dosages selon le modèle proposé n'est réalisable qu'avec des pulvérisateurs parfaitement réglés et adaptés à la culture. Les appareils engagés dans ces essais ont régulièrement été calibrés avec la méthode Caliset. Les paramètres déterminants, comme la vitesse d'avancement, le choix des buses, le contrôle du débit, la pression adaptée au type de buse pour un diamètre volumétrique optimale des gouttes, l'angle des buses et des déflecteurs, l'utilisation de papiers hydrosensibles dans la culture pour le contrôle de la répartition sont autant d'éléments qui doivent être considérés dans l'optimisation de la technique d'application. Seuls des appareils réglables peuvent être engagés pour une application précise adaptée au volume foliaire, sans quoi le seuil d'inefficacité peut très rapidement être atteint.



**Figure 1.** Évolution de l'index de surface foliaire de la vigne (Chasselas) du 15 mai au 5 août 2002 (index 1 = 10'000 m<sup>2</sup> /ha) et comparaison entre le dosage adapté au volume foliaire et le dosage adapté à la phénologie actuellement en vigueur en Suisse.

## Contrôle des pulvérisateurs

Dans le cadre de la production intégrée en viticulture, les producteurs doivent soumettre les pulvérisateurs à un contrôle au moins une fois tous les quatre ans, en plus du réglage annuel recommandé. L'objectif de cette démarche est de rendre les producteurs attentifs à l'importance de l'entretien de leur matériel pour une application aussi parfaite que possible tout en respectant l'environnement et l'utilisateur. Durant ce contrôle tous les éléments-clefs du pulvérisateur sont vérifiés et les manquements signalés au propriétaire. Cette démarche représente également une plate-forme de discussion intéressante qui a permis, par exemple en arboriculture d'introduire la notion du TRV (Tree Row Volume) et de définir les possibilités de réglage simple lorsque l'on passe d'une jeune culture à une parcelle en production.

Le contrôle des pulvérisateurs est organisé par les Offices phytosanitaires cantonaux et les groupements régionaux de production intégrée et peut être délégué à des ateliers mécaniques agréés. La prise de force, la pompe, le brasseur, le réservoir, les vannes, le manomètre, les conduites, les filtres, les buses (débit, tolérance gauche-droite), le système anti-gouttes, la soufflerie, l'adaptation du volume de bouillie à la culture et la répartition verticale de la bouillie, ainsi que les éléments liés à la sécurité routière doivent correspondre aux exigences minimales. À la suite du contrôle, un rapport détaillé atteste la conformité du pulvérisateur. À l'heure actuelle, seuls les turbodiffuseurs tractés et portés et les rampes sont contrôlés. Pour les pulvérisateurs pneumatiques des exigences minimales doivent être définies.

### *Réglage annuel du pulvérisateur*

Le réglage annuel selon la méthode «Caliset» est recommandé. Il s'agit de contrôler la vitesse d'avancement du tracteur et le débit des buses. Ces deux paramètres permettent ensuite de calculer le volume pulvérisé par hectare (débit des buses x nombre de buses ouvertes x 600) / (vitesse d'avancement x distance interligne). Le débit des buses peut être mesuré en appliquant un morceau de chambre à air sur chacune des buses pour récupérer l'eau pulvérisée à la pression voulue dans des récipients gradués. Les éventuelles inégalités de volume obtenues permettent de déceler un problème lié à l'état des buses (orifice partiellement bouché ou usé). Ce réglage représente une étape importante mais pas suffisante pour garantir une répartition optimale de la bouillie. Dans un deuxième temps, le pulvérisateur est placé dans une parcelle de vigne pour y adapter l'angle des buses et des déflecteurs à la haie foliaire. De l'eau est ensuite pulvérisée au réglage défini, en plaçant préalablement des morceaux de papier hydrosensible à différentes hauteurs. Le résultat est immédiatement visible et permet de déceler d'éventuelles inexactitudes de réglage et d'y remédier.

## Aires de lavage collectives

Les suivis analytiques réguliers des cours d'eau et de la nappe phréatique réalisés en Suisse dans le cadre d'une vaste étude nationale comprenant 390 stations de mesures, relèvent que plus de la moitié des stations analysées présentent des traces de pesticides liés à l'agriculture. Les produits les plus fréquemment retrouvés sont des herbicides et 10% des stations contiennent au moins une substance dont la concentration est supérieure aux normes tolérées. L'origine des pollutions liées aux produits phytosanitaires a fait l'objet d'une enquête réalisée par le CORPEN (Comité d'orientation pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates) et l'agence de l'eau de Seine-Normandie sur près de 10 ans, révélant que plus de 70% des contaminations proviennent de manipulations avant (60.7%) et après le traitement (16.6%) et que seulement 6% des contaminations accidentelles diffuses surviennent durant les traitements. Quatre types d'effluents sont à l'origine de ces pollutions : les retours de bouillie non utilisée, les fonds de cuve, l'eau de rinçage des circuits de pulvérisation et des cuves, ainsi que l'eau de nettoyage des parties extérieures. Ces pollutions accidentelles ponctuelles ou chroniques sont intolérables et doivent à long terme être totalement évitées. Dans cette optique le bureau d'ingénieurs Zamatec en Valais (Suisse) a développé un concept très intéressant incluant des aires de collecte des résidus de pulvérisation et de nettoyage du matériel (EPU-wash) et une unité mobile de traitement des résidus de produits phytosanitaires (EPU-mobil). Le canton du Valais est la seule région de Suisse équipée de ces installations. Au total 13 places de lavage, représentant 37% de l'ensemble des surfaces agricoles sont en place et une vingtaine doivent encore être réalisées. Trois unités de traitement mobile permettent d'épurer les eaux récupérées (env. 1853 m<sup>3</sup>/an) de toute la région avec un rendement de plus de 90% pour la plupart des matières actives. Traitant 3-4 m<sup>3</sup>/h, l'Epu-mobil est l'une des installations les plus performantes d'Europe actuellement sur le marché. L'eau traverse d'abord un filtre qui

élimine les plus grosses particules, puis un micro-filtre retient les composés chimiques coagulés pour finalement être traitée sur des charbons actifs. À la fin du traitement l'eau est considérée comme acceptable pour être rejetée dans le milieu naturel ou dans des canalisations. Récemment, la Communauté des communes des Corbières a décidé de renouveler les places de remplissage et de lavage de neuf communes et a opté pour la solution de la firme Zamatec. Cet encourageant développement couvrant plus de 4.500 ha de vigne démontre les performances du système proposé et devrait inciter les communautés publiques et privées à se mobiliser pour l'avenir d'une agriculture respectueuse de l'environnement dans l'intérêt des producteurs et des consommateurs.

---

## Références

- Viret, O., Rüegg, H.-J., Siegfried, W., Holliger, E. & Raisigl, U. 1999. Pulvérisation en arboriculture. Adaptation de la dose de produits phytosanitaires et de la quantité d'eau au volume des arbres fruitiers à pépins et à noyaux. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 31 (31): 1-12.
- Rüegg, H.-J., Viret, O. & Raisigl, U. 1999. Adaptation of spray dosage in stone-fruit orchards on the basis of tree row volume. *OEPP/EPPO, Bulletin*, 29, 103-110.
- Rüegg, H.-J. & Viret, O. 1999. Determination of the tree row volume in stone-fruit orchards as a tool for adapting the spray dosage. *OEPP/EPPO, Bulletin*, 29, 95-101.
- Viret, O., Siegfried, W., Holliger, E. & Raisigl, U. 2003. Comparison of spray deposits and efficacy against powdery mildew of aerial and ground-based spraying equipment in viticulture. *Crop Protection* 22 (8): 1023-1032.