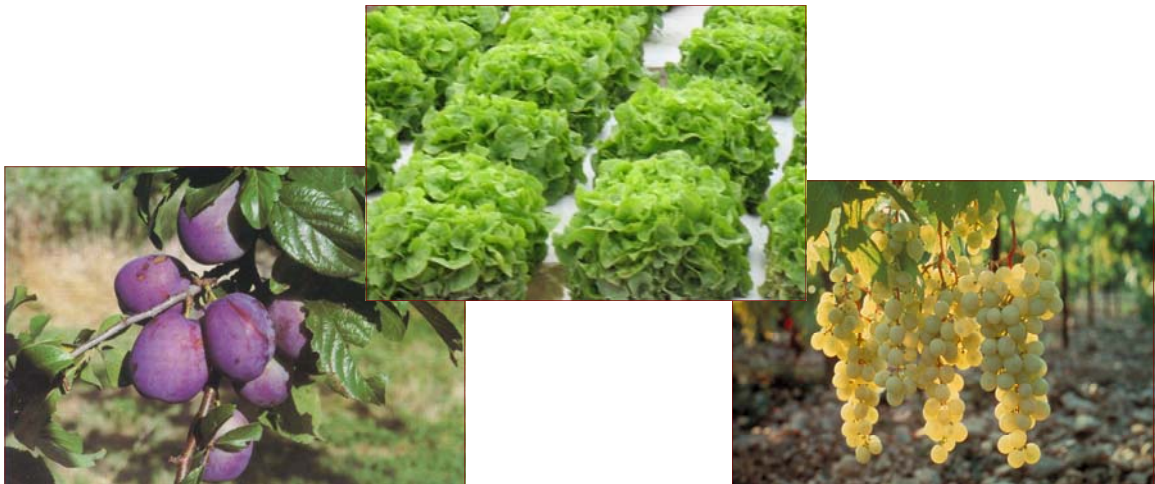


Journées Techniques Nationales Fruits & Légumes et Viticulture Biologiques



Moissac
13 et 14 décembre 2006

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| SOMMAIRE | 1 |
| <u>ARBORICULTURE</u> | |
| VERGER DE KIWI CONDUIT EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : RESOUDRE LE PROBLEME DE LA FERTILISATION – L. ROMET (GRAB)..... | 5 |
| LA PRUNE D’ENTE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : CONDUITE, PROTECTION PHYTOSANITAIRE ET TRANSFORMATION – M. VIDAL (CA 47) | 11 |
| ECLAIRCISSAGE MECANIQUE DU PRUNIER - E. KOKE (CEFEL) | 16 |
| ECLAIRCISSAGE MECANIQUE DU POMMIER - JF. SAINT HILARY (CEFEL)..... | 20 |
| COMPORTEMENT DES VARIETES DE POMMIER EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE DANS LE BASSIN GRAND SUD OUEST- D. POUZOULET (CIREA)..... | 21 |
| ECOVERGER DURABLE : LE CHOIX DE SYSTEMES MOINS FRAGILES ET DE VARIETES RUSTIQUES - H. DAPENA (SERIDA)..... | 24 |
| <u>MARAICHAGE</u> | |
| ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA FRAISE EN CULTURE BIOLOGIQUE - JJ. POMMIER (HORTIS)..... | 33 |
| BILAN DES ESSAIS DE LUTTE CONTRE LES NEMATODES A GALLES AU GRAB H. VEDIE ET J. LAMBION (GRAB) | 45 |
| MILDIOU DE LA LAITUE SOUS ABRI : COMMENT FAIRE FACE ? - J. LAMBION (GRAB)..... | 53 |
| PRINCIPAUX RAVAGEURS ET MALADIES DE L’AIL : METHODES DE LUTTE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE - L. ESPAGNACQ (CA 31) ET F. HENRY (CEFEL)..... | 59 |
| <u>VITICULTURE</u> | |
| SURVEILLANCE DE LA CICADELLE DE LA FLAVESCENCE DOREE EN PERIMETRE DE LUTTE OBLIGATOIRE – M. VAN HELDEN (ENITA BORDEAUX)..... | 73 |
| LA CRISTALLISATION SENSIBLE APPLIQUÉE À LA CONDUITE DE LA VIGNE - C.MARCEL (VINIMAGE)..... | 80 |
| ECONOMIES D’ENERGIE ET D’EAU A LA CAVE - G. RINTJEMA (ASSOCIES DURABLES)..... | 83 |
| <u>CONFERENCES COMMUNES</u> | |
| IMPACT DES PREPARATIONS BIODYNAMIQUES SUR LA VIGNE – D. LEVITE (FIBL) | 89 |
| COMMENT LES PLANTES SEDUISENT LEURS GARDES DU CORPS : COMPRENDRE LEURS OUTILS DE COMMUNICATION POUR MIEUX LES UTILISER - AM. CORTESERO (UNIV. DE RENNES) | 91 |
| UTILISATION DU BOIS RAMEAL FRAGMENTE (BRF) - J. DUPETY (PRODUCTEUR)..... | 92 |
| LE POLE ENERGIE EN ACTION - N. TRILLAUD (CA 47)..... | 95 |
| PRODUIRE UNE HUILE VEGETALE DE QUALITE CARBURANT - F. PERRIN (IHVP) | 97 |
| LA METHANISATION : QUELS ROLES POUR L’AGRICULTURE ? - X. LEBRUN (EDEN)..... | 98 |

16 AUTRES DESORDRES PHYSIOLOGIQUES

Le surgoussage est lié également à une exposition au froid des bulbes mères avant plantation (sensibilité variétale).

Le bleuissement des bulbes d'ail apparaît du côté exposé au soleil sur des bulbes récoltés insuffisamment secs.

16.1 Le Waxy breakdown

Il s'agit d'un problème à caractère non pathologique relevant plutôt du désordre physiologique. Il se rencontre de plus en plus fréquemment depuis quelques années.

16.1.1 *Symptômes et dégâts*



Aucun symptôme n'est observé au champ et à la récolte, les premiers dégâts se remarquent en cours de séchage et se caractérisent par une odeur nauséabonde.

Le bulbe n'est pas atteint dans sa totalité, seuls un ou deux caïeux présentent des symptômes, les autres restent sains.

Le caïeu prend une teinte brun caramel, devient mou et dégage une forte odeur. Il prend un aspect translucide, collant et cireux.

Symptôme sur bulbe

16.1.2 *Eléments de biologie – Conditions et facteurs favorisants*

- Son développement est souvent associé à de fortes températures au cours des dernières étapes de la croissance avant la récolte.
- Les premiers symptômes apparaissent environ trois semaines après la récolte puis évoluent pendant environ deux mois.

Des travaux expérimentaux actuellement en cours devraient permettre une meilleure connaissance de ce désordre physiologique.

BIBLIOGRAPHIE

- Carrefour technique ail, Beaumont de Lomagne 1999, CEFEL
- Les virus de l'ail par Hervé Lot et Brigitte Delécolle, INRA, Pathologie végétale, domaine St Maurice 84143 Montfavet cedex.
- Les alliums alimentaires par C.M. Messiaen, INRA Editions, 1993.
- Les maladies des plantes maraîchères C.M. Messiaen, 1991, INRA
- Le poireau, guide pratique, 1993, CTIFL
- Biologie et Ecologie d'*Aceria tulipae* sur AIL, O.Courtin, G. Fauvel, Thèse de doctorat, 1999.
- L'ail sec de Midi Pyrénées en AB, 2004, CDA 31
- Compte rendu d'essai : lutte contre la pourriture blanche - CEFEL expérimentation 2003/2004
- Le point sur la maladie café au lait de l'ail - article Action Agricole du 11 mai 2006

VITICULTURE

SURVEILLANCE DE LA CICADELLE DE LA FLAVESCENCE DOREE EN PERIMETRE DE LUTTE OBLIGATOIRE.

Maarten van Helden

UMR INRA/ENITA Santé Végétale - ENITA Bordeaux

1 Cours Général de Gaulle - 33175 Gradignan

Mail : m-vanhelden@enitab.fr

1 REGLEMENTATION SUR LA LUTTE CONTRE LA MALADIE.

La flavescence dorée est une maladie à phytoplasme qui est une maladie de quarantaine sur le territoire européen. Dès qu'un pied malade suspect est trouvé, le vigneron doit le signaler au SRPV. Si un test de détection s'avère positif, l'arrachage des plantes avec symptômes est obligatoire. Si une partie importante (> 20% des pieds) de la parcelle montre des symptômes, toute la parcelle doit être arrachée.

La cicadelle de la flavescence dorée *Scaphoideus titanus* (CFD) est 'ciblée' par des traitements obligatoires dans les périmètres de lutte obligatoire (PLO), généralement constitué de la commune touchée par le phytoplasme plus les communes limitrophes.

Cette lutte obligatoire consiste en 3 traitements insecticides par an. Un premier traitement (T1) doit se faire environ 1 mois après le début des éclosions des larves (généralement fin mai ou début juin), un deuxième (T2) quinze jours plus tard pour tuer les larves éclos tardivement, et finalement un traitement encore 6 semaines plus tard vise à tuer les éventuels adultes survivants. Les insecticides homologués contre cette cicadelle sont sans exception des produits neurotoxiques qui ne sont malheureusement pas très spécifiques. Il n'y a que peu de ces produits qui semblent compatibles avec une protection intégrée (Chiron *et al.* 2005).

En agriculture biologique le seul produit homologué pour ces traitements est la roténone (Couteux et Lejeune 2006). Ce produit est relativement difficile à l'emploi à cause de sa photosensibilité et en général 6 à 8 traitements sont imposés. L'efficacité du produit est très médiocre. La réglementation demande que les traitements soient faits, si le vigneron biologique peut démontrer qu'il a traité il a respecté le règlement.

2 LA SURVEILLANCE DES OBLIGATIONS D'ARRACHAGE ET DE TRAITEMENTS.

Les SRPV sont chargés de la surveillance du respect de ces règles, ce qui peut se faire par des contrôles de factures de produits phytosanitaires ou par des contrôles inopinés sur des parcelles. Pour cela des techniciens font des observations de larves, en général après la première date de lutte obligatoire. Un échantillon de plusieurs centaines de feuilles est observé et si la quantité de larves dépasse le seuil (3% de feuilles avec des larves) le propriétaire reçoit un avertissement écrit, suite auquel il doit effectuer un traitement.

En fin de saison le SRPV effectue aussi des contrôles sur des parcelles pour marquer les plantes avec symptômes qui doivent être arrachées.

3 RESPECT DES OBLIGATIONS PAR LES VIGNERONS

L'arrachage de pieds avec symptômes ne semble généralement pas poser de problèmes majeurs, à part le fait que les symptômes peuvent apparaître plusieurs années après la contamination d'une plante. La lutte chimique est relativement mal acceptée et parfois mal exécutée par les vignerons. Pour ceux qui sont dans une démarche de protection raisonnée, ces traitements obligatoires sont difficilement acceptables, surtout quand ils ne pensent pas avoir des insectes sur leurs parcelles, ou quand ils sont éloignés des foyers de la maladie. Même les SRPV essaient de trouver des alternatives à cette stratégie intensive, par exemple en cherchant de combiner la lutte contre la CFD avec celle contre les tordeuses (Decoin *et al.* 2006, Herlemont *et al.* 2005a,b).

Dans la pratique beaucoup de vignerons ne semblent pas faire les trois traitements mais s'arrêter à un ou deux. Comme il n'y avait jusqu'à récemment aucun moyen efficace pour mesurer les populations restantes il n'y avait pas non plus de moyens de contrôle.

4 EFFICACITE DE LA SURVEILLANCE

Les moyens de contrôle (factures ou comptages de larves) ne sont en effet pas suffisants pour une surveillance efficace. Très souvent les populations de larves retombent sous le seuil des 3% même sans traitements, simplement car les populations ne sont pas très élevées. L'augmentation du nombre de feuilles fait 'diluer' les populations à des faibles densités par feuille. Faire des comptages de larves plus précis, en observant plus de feuilles, réduit fortement la quantité des parcelles qu'on puisse vérifier. Dans la pratique les services de contrôle se focalisent sur des parcelles des 'non professionnels' et des parcelles en culture biologique. Une très grande partie des constatations de populations se font sur ces types de parcelles. L'expérience des services de contrôle montre que les propriétaires qui reçoivent un avertissement répondent rapidement en faisant le traitement exigé.

5 LES AMELIORATIONS DU SYSTEME DE SURVEILLANCE

Vue la biologie de l'insecte, qui n'a qu'une seule génération par an et qui ne semble pas d'une très grande 'mobilité' une lutte à trois traitements semble un peu 'lourde'. Durant la première année de lutte obligatoire on peut encore s'imaginer que trois traitements seront utiles, mais si l'insecte a été éradiqué par une année de lutte intensive on peut supposer qu'il ne reviendra pas très rapidement.

Pour ces raisons notre Unité Mixte de Recherche INRA/ENITA 'Santé Végétale' travaille sur l'amélioration de cette lutte obligatoire depuis plusieurs années. Notre objectif n'est pas de la faire appliquer 'à la lettre' mais (1) d'optimiser la détection de la cicadelle de la flavescence dorée et donc les moyens de surveillance et (2) d'arriver à une réduction des traitements en zone de lutte obligatoire avec des stratégies de lutte efficaces. Durant les différentes campagnes nous avons utilisé aussi bien des observations de larves que des piégeages d'adultes sur des pièges tri-Δnglué, développé par notre laboratoire (Beck 2003).

Ces études ont été fait dans des zones de Périmètre Lutte Obligatoire, des zones où la lutte n'est pas obligatoire ('NON PLO'), et des zones sorties du PLO où l'obligation de lutte avait été levée ('Ex PLO') (cf. tableau 1). Pour l'Aquitaine ces suivis ont été faits en collaboration avec le SRPV, en partie avec une autorisation expérimentale du comité flavescence dorée départemental.

| Zone/Appellation | Années | Situation | N° de traitements obligatoires | Nombre de communes | Nombre de pièges |
|----------------------------|--------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|
| Pessac –Léognan (33) | 2004 | PLO 3T | 3 | 1 | 42 |
| | | PLO 2T | 2 | 5 | 30 |
| | | Non-PLO | 0 | 2 | 14 |
| | 2005 | PLO (Léognan 'foyer') | 3 | 1 | 18 |
| | | PLO 2(1) (Léognan 'hors foyer') | 2(1) | 1 | 20 |
| | | Ex-PLO (Limitrophes) | 0 | 5 | 26 |
| | | Non PLO | 0 | 2 | 12 |
| | 2006 | PLO 3T (Léognan 'foyer') | 3 | 1 | 12 |
| | | PLO 2(1) (Léognan 'hors foyer') | 2(1) | 1 | 11 |
| | | Ex-PLO (Limitrophes) | 0 | 5 | 18 |
| Non PLO | | 0 | 3 | 14 | |
| Sauternes (33) | 2006 | PLO 2T | 2(1) | 6 | 34 |
| Saumur – Champigny (49) | 2005 | Non-PLO | | 9 | 44 |
| | 2006 | Non-PLO | | 9 | 39 |
| Aquitaine | 2006 | PLO | 2(1) | 30 | |
| France | 2006 | PLO | 2(1) | +/- 60 | |

Tableau 1 : Liste des zones suivies durant les trois années d'expérimentation

La figure 1 montre un exemple de courbe de dynamique. Les courbes sont relativement similaires avec des différences de niveau des captures entre appellations, régimes de traitement, pièges/parcelles et années. Le niveau 'seuil' des larves n'est rarement dépassé. Sur la courbe l'effet 'dilution' des larves est très clairement visible, fin juin on n'observe plus aucune larve. Le deuxième pic des adultes (début septembre), souvent observé, est peut-être dû à des activités de migration (Decante et van Helden 2006)

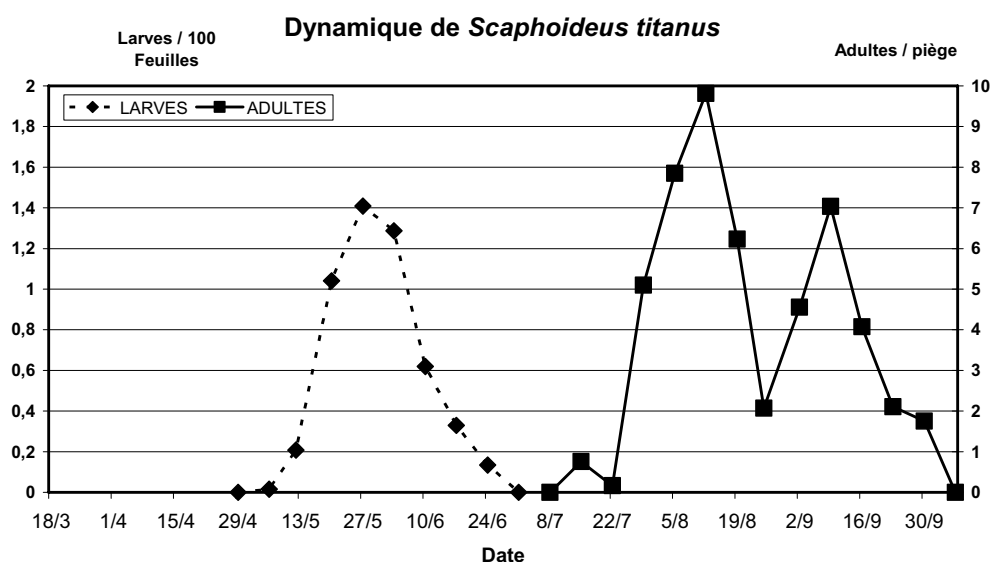


Figure 1. Dynamique des larves et des adultes de Scaphoideus titanus sur 5 parcelles sans application d'insecticides en 1999

Nos observations de larves (comptages) et d'adultes (piégeages) ont montré les résultats suivants :

5.1 Méthodes d'observation :

5.1.1 *Le comptage de larves, le plus efficace en début de saison (fin mai), il montre un 'taux de détection' assez bas.*

- i. En observant 200 feuilles et pampres les niveaux détectés sont très souvent de 1 ou 2 larves pour 200 organes. L'échantillonnage n'est pas suffisant pour détecter des populations basses qui semblent assez fréquentes (Rolland 2004, Maurice 2005).
- ii. Plus tard en saison la 'dilution' des populations dans le feuillage ne permet plus de détecter la cicadelle de façon fiable (Decante et van Helden 2006).

5.1.2 *Le piégeage des adultes sur piège tri-Δnglué donne des fréquences de détection beaucoup plus importantes. Un exemple assez parlant : sur l'appellation de Saumur Champigny (Hors PLO) des comptages avaient montré 2 parcelles (sur 45) avec 1 ou 2 larves sur 200 organes en 2005, le piégeage a ensuite montré au cours du saison des captures sur plus que 50% de nos pièges (Maurice 2005).*

Le piégeage des adultes est donc le moyen de surveillance le plus sensible, avec un seuil de détection beaucoup plus bas que le comptage des larves.

5.2 Présence de la cicadelle hors PLO (ou avant le déclenchement de la lutte obligatoire) :

Dans les zones non soumises à la lutte obligatoire, les traitements insecticide 'habituels' (contre les cicadelles vertes ou les vers de la grappe) permettent de maintenir une population de la CFD très basse (en dessous du seuil de détection pour les larves mais au-dessus pour le piégeage).

Deux exceptions claires sont signalées:

- iii. En absence total de traitements insecticides (exemple : culture biologique ou confusion sexuelle contre les tordeuses).
- iv. En traitement aux RCI ('flufénoxuron') uniquement (produit peu efficace contre la CFD).

La CFD semble 'omniprésente' mais à généralement des niveaux assez faibles, sauf en absence totale de traitements neurotoxiques contre d'autres ravageurs.

1 Maîtrise de la cicadelle en PLO :

- b. La lutte obligatoire réduit les populations de larves à des niveaux non détectables par comptages dès le premier traitement.
- c. 3 traitements réduisent les populations des adultes en dessous du seuil de détection par piégeage (captures inférieur à 0,3 adulte par piège sur la totalité d'une campagne).
- d. 2 traitements (T1 et T3) montrent une même efficacité que 3 traitements, et ce dès la première année
- e. Après 1 année (N) de traitement obligatoire les niveaux de larves sont non détectables l'année suivante, et les piégeages d'adultes confirment leur quasi-absence, même quand il n'y a plus de traitement spécifique obligatoire.
- f. La lutte obligatoire en culture biologique (seul produit homologué : Roténone) semble non efficace.

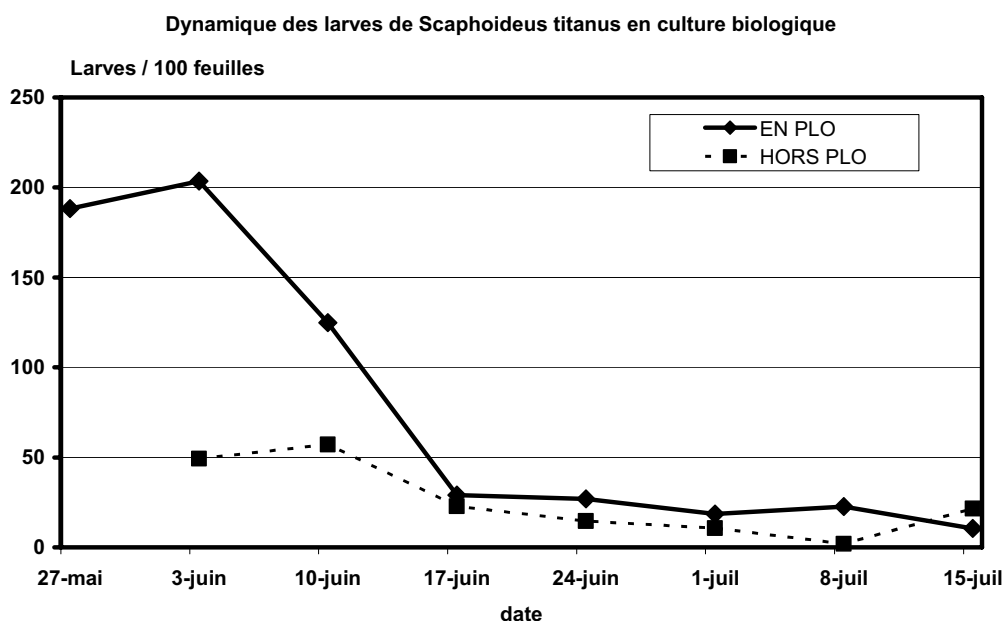


Figure 2 - Dynamique des larves de *Scaphoideus titanus* sur des parcelles en culture biologique avec (EN PLO) et sans (HORS PLO) application de la roténone.

L'utilité d'un 3^{ème} traitement n'est donc pas démontrée. Une réduction des traitements semble possible, le piégeage peut servir de moyen de surveillance. La roténone semble malheureusement inefficace. Cette observation a été confirmée par un suivi de deux fois 10 parcelles biologiques en PLO et hors PLO qui semblait même montrer que les populations de larves dans des parcelles traitées étaient finalement plus élevées qu'en absence de traitements (Fig. 2).

2. Risque de recolonisation de la cicadelle sur des communes sortant du PLO :

- a. A la sortie du PLO les viticulteurs reprennent des calendriers de traitement 'classiques' en prenant rarement en compte le risque d'installation de nouvelles populations de la cicadelle.
- b. La 'recolonisation' des communes sortant du PLO est assez lente.
 - i. Dans le cas de 'foyers' résiduels (parcelles à fortes populations) la progression de la population entre années semble se limiter à des parcelles voisines (donc quelques centaines de mètres maximum).
 - ii. Cela n'exclut pas des 'sauts' de quelques individus sur des plus grandes distances qui peuvent être à l'origine de nouvelles populations.

6 POSSIBILITE DE DETECTION DE LA FLAVESCENCE DOREE DANS LES INSECTES PIEGES

Des tests sur insectes récoltés vivants (par aspiration) pour voir s'ils sont 'porteur' de la maladie sont opérationnels. En 2005 et 2006 nous avons testé la détection du phytoplasme dans les insectes piégés. Plus que 600 individus ont été testés. Quelques insectes 'positifs' ont été détectés. Les résultats se montrent pourtant peu reproductibles, **cette détection n'est pas encore opérationnelle**. Le problème est très probablement la dégradation de l'ADN dans l'insecte entre piégeage et ramassage. D'autres méthodes de collecte (piège avec liquide conservateur, prélèvements plus fréquents) permettront peut-être d'avoir une moindre dégradation de l'ADN.

7 ADAPTATION DE LA LUTTE OBLIGATOIRE

Nos résultats ont été obtenus en collaboration étroite avec le SRPV Aquitaine. L'avantage de cette collaboration est évident, elle permet de contribuer à une évolution de la lutte obligatoire contre le vecteur de la maladie :

1. La remise en question de la lutte à 3 traitements, en particulier sur des communes 'limitrophes' non contaminées. Ces communes sont maintenant passées à 2 traitements obligatoires (un traitement sur larves, 1 sur adultes) au lieu de 3.

Ceci représente en Gironde 90 communes, et 28632 hectares de vigne en 2006, donc une économie d'environ 1,25 Million d'€ pour la profession (coût d'un traitement estimé à 50 €/ha), en plus des avantages environnementaux.

2. La mise en place d'un système de monitoring des adultes (pièges tri-Δnglués) dans les communes 'limitrophes' des PLO, avec la possibilité de supprimer le T3 si les captures d'adultes restent sous un seuil précis. Cette surveillance est reconnue et accréditée par le SRPV Aquitaine et effectuée par des GDON ou organisations comparables. Un réseau doit couvrir la totalité d'une commune (l'unité administrative) avec une densité d'un piège par 30 ha et un relevé hebdomadaire durant les deux mois de juillet et août.

En 2006 ce système a été mis en place pour la première fois sur 30 communes (8000 ha) en Aquitaine dont 6 communes (2000 ha) ont finalement vu s'imposer le traitement sur adultes (T3) suite à une capture trop importante d'adultes. Il semble que les cas de dépassement du seuil sont majoritairement dus à des parcelles non ou mal traitées (parcelles de particuliers, parcelles en Bio, non respect des consignes). L'économie global de traitements par ce nouveau système est de 6000 ha de traitements (estimé à 300.000 €). Les frais du réseau de surveillance, pièges et relevés sont inférieurs à 10.000 €.

Cette nouvelle méthode de surveillance a eu comme résultat annexe appréciable une meilleure prise de conscience de la problématique par les viticulteurs, qui ne respectent pas toujours les traitements obligatoires en PLO. Par le piégeage on peut montrer la présence éventuelle de l'insecte sur leurs exploitations. Cela fut un argument efficace pour les convaincre de traiter. Le résultat sera finalement une meilleure adoption des règles de traitement et une réduction plus efficace de la maladie et de son vecteur.

Ce système a été testé sur environs 500 autres pièges ailleurs en France en 2006 (résultats pas encore disponibles) et sera maintenant proposé à la Commission Flavescence dorée pour considérer la possibilité d'une mise en place de ce système à l'échelle nationale.

Dans le futur il serait intéressant de tester des protocoles encore plus 'minimalistes'. On peut aussi considérer la possibilité de réduire la lutte obligatoire à 2 traitements en communes contaminées dès la deuxième année, à condition qu'il y ait une bonne surveillance par piégeage. Le problème principal sera l'organisation des réseaux de piégeage, il faut que les viticulteurs de chaque commune s'organisent pour effectuer ce travail en accord avec le SRPV. Dans la pratique cela se montre parfois difficile même si le gain économique potentiel est évident.

En zone 'hors PLO' on peut envisager d'utiliser 1 seul traitement 'polyvalent' à la place d'un traitement 'habituel' ciblé sur un des autres ravageurs (vers de la grappe ou cicadelle verte). L'objectif serait de développer une méthode qui –sans augmentation du nombre de traitements- permettra de maintenir les populations de cicadelles de la flavescence dorée à un niveau très bas. Cela permettra peut-être de diminuer l'extension de la maladie avant la découverte des nouveaux foyers, et éventuellement de rompre efficacement sa progression.

8 APPORT DE CES RESULTATS POUR LA CULTURE BIOLOGIQUE ?

Nos travaux n'ont pas forcément des résultats qui intéressent directement les exploitations en culture biologique. Il faut tout de même apprécier la réduction globale des traitements. Par contre les résultats semblent montrer que la maîtrise de la cicadelle est très insuffisante en culture biologique. Il est clair que la présence de populations importantes en

exploitations biologiques risque de mettre en péril l'exploitation mais aussi celle des voisins. Si cela cause une extension des foyers ou la non-maîtrise de la maladie les conséquences viticoles et économiques seront grandes.

Il faudrait donc que d'autres solutions soient trouvées rapidement, ou bien par l'homologation d'autres produits plus efficaces (pyrèthre verte ?) ou par l'acceptation d'un traitement avec des produits de synthèse sans que l'exploitation perde son agrément biologique. Ce cas s'est déjà présenté dans le sud-est de la France (une seule année de perte du label bio et application d'une pyrèthrine de synthèse). Il semble aussi important que les exploitants en culture biologique, même hors PLO, sachent si la cicadelle est présente ou non (par la mise en place de piègeages) sur leurs parcelles et qu'ils essayent de mettre en œuvre des pratiques pour réduire les populations, par exemple par l'épamprage précoce. La profession devrait s'impliquer activement dans la recherche de méthodes de gestion acceptables. Un viticulteur biologique devrait être doublement vigilant pour repérer des plantes 'suspectes', pour faire vérifier rapidement s'il s'agit de flavescence dorée puis les arracher aux plus vite.

9 LES PROSPECTIONS DES PLANTES RESTENT INDISPENSABLES

Notons tout de même que cette surveillance par piégeage et les réductions possibles des traitements ne concernent que les communes en PLO. Les piégeages d'insectes ne suffisent évidemment pas pour sortir du périmètre de lutte obligatoire. Pour cela il est important que les viticulteurs organisent des prospections sur tout le territoire d'une commune en PLO pour 'éradiquer' au plus vite les pieds malades. Deux ans de prospection 'totale' sans observation de pieds avec symptômes suffisent généralement pour sortir du PLO.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beck (K.), 2003. Développement d'un dispositif pour la capture simultanée de deux insectes ravageurs de la vigne : *Empoasca vitis* et *Lobesia botrana*. Rapport de stage Maîtrise Biologie des populations et des écosystèmes Univ. BX 1, effectué à l'UMR INRA/ENITA SANTÉ VÉGÉTALE Bordeaux.
- Chiron (M-F.), Herlemont (B.), Trespaille-Barrau (J.M.), 2005. Lutte obligatoire contre la flavescence dorée de la vigne: dernières évolutions. *Phytoma* (No.576) : 18-21 2004
- Couteux (A.), Lejeune (V.), 2006. Index phytosanitaire ACTA 2006 42ième édition. ACTA Paris 824p.
- Decante (D), Helden (M. van), 2006a. Population ecology of *Empoasca vitis* (Göthe) and *Scaphoideus titanus* (Ball) in Bordeaux vineyards: Influence of migration and landscape. *Crop Protection* (25) 7: 696-704
- Decoin (M.), Herlemont (B.), Chiron (M.F), Trespaille-Barrau (JM), Speich (P.), Girardet (C.), Constant (N), 2005. Flavescence dorée : la quadrature de la cicadelle: quatre avis de recherche pour diminuer le nombre de traitements insecticides sur la vigne en préservant leur efficacité. *Phytoma* (No.586): 29-31.
- Herlemont (B.), Speich (P.), Girardet (C.), 2005a. Évaluation de l'intérêt d'une lutte conjointe contre la cicadelle de la flavescence dorée et la 2ème génération de l'Eudémis de la vigne. *Annales AFPP* Décembre 2005 Montpellier.
- Herlemont (B.), Speich (P.), Girardet (C.), 2005b. Evaluation de l'intérêt du 3ème traitement obligatoire contre les adultes de *Scaphoideus titanus* et de la possibilité d'une lutte conjointe avec la 3ème génération d'Eudémis. *Annales AFPP* Décembre 2005 Montpellier.
- Maurice (O.), 2005. Dynamique des insectes ravageurs de la vigne en relation avec la structure du paysage. Rapport de stage Univ. Angers Réalisé en collaboration avec l'UMR INRA/ENITA SANTÉ VÉGÉTALE Bordeaux 35p.
- Rolland (M.), 2004 : Maîtrise de la cicadelle de la flavescence dorée *Scaphoideus titanus* au sein de l'appellation Pessac-Léognan. Mémoire de fin d'études DAA Protection des Plantes ENSA Montpellier, Réalisé à l'UMR INRA/ENITA SANTÉ VÉGÉTALE Bordeaux.

LA CRISTALLISATION SENSIBLE APPLIQUÉE À LA CONDUITE DE LA VIGNE

Christian MARCEL (consultant)

N°387 chemin des Anduès - 83210 SOLLIÈS-PONT

Tél : 04.94.28.74.54 - Mail : contact@vinimage.com

La méthode de cristallisation sensible est utilisée en viticulture en tant qu'outil d'aide à la décision. Pour le viticulteur qui s'est fixé des objectifs précis, elle permet d'établir un diagnostic d'orientation, qui ne trouve pas d'équivalent dans les méthodes d'analyses conventionnelles.

Les exemples qui suivent montrent que la méthode de cristallisation sensible offre la possibilité d'anticiper sur la qualité de la production. Ces images sont comme l'ombre projetée (sic), des relations entre la vigne, le terroir et les conditions du milieu, en fonction du millésime et des interventions culturales de l'agriculteur.

L'exposé est accompagné d'une projection d'images de cristallisation sensible, leur publication ou reproduction, par quelques moyens que ce soit, n'est pas autorisée.

1 ÉCHANTILLONS DE TERRE :

- Les images obtenues avec les échantillons de terre, indiquent l'intensité de la vie microbiologique du sol, sa richesse en matières organiques ou s'il tend à s'appauvrir, à se minéraliser. Il apparaît aussi des signes morpho cristallins, qui indiquent une carence, un déséquilibre ou un blocage. Ces informations incitent alors l'agriculteur, à effectuer une analyse de sol si cela semble nécessaire (certains types de blocages ou de carences sont en cours d'indentification, en étant corrélés à des formes spécifiques au sein du tissu cristallin).

2 ÉCHANTILLONS DE FEUILLES :

- Les tests réalisés avec des échantillons de feuilles prélevées sur l'ensemble d'une parcelle, montrent si l'influence du terroir est favorable aux différents cépages en fonction du millésime. Le viticulteur sélectionne alors les cépages à assembler à l'encuvage et ceux qu'il convient de vinifier pur. D'une manière générale, la méthode permet d'évaluer l'adaptation du cépage et du porte-greffe au terroir.
- Les images de feuilles révèlent aussi la sensibilité de la vigne à une pathologie. Différents signes morpho cristallins se caractérisent par des incrustations secondaires, qui apparaissent dans le réseau principal, chaque signe est spécifique d'une maladie : mildiou, oïdium, maladies du bois... Lorsqu'une parcelle de vigne a été fortement touchée par une maladie, les signes en relation avec cette maladie sont encore visibles dans les images du vin, produit avec les raisins issus de cette parcelle (De Loach Vineyards, Sonoma, Californie, 2005).
- L'aspect du réseau cristallin induit par les extraits de feuilles peut indiquer si le produit tiré de la vigne sera de tendance acide, ou alcaline et s'il risque d'être sujet à des montées importantes d'acidité volatile.

- La forme des vacuoles centrales est déterminante pour l'évaluation du potentiel œnologique. L'amplitude et la forme de ses vacuoles sont liées à la capacité d'un cépage, reconnu comme non aromatique, à élaborer des arômes primaires en fonction du millésime. On peut dès la fermeture de la grappe, sur les images de cristallisation des échantillons de feuilles, être en mesure d'identifier la présence de ces arômes primaires et leurs caractéristiques (floral, fruité, etc.).

3 ASSEMBLAGE DES CÉPAGES AU DÉCUVAGE :

À titre d'exemple nous allons considérer quatre assemblages (Bonny Doon Vineyards, Santa Cruz, Californie, 2006) réalisés chacun avec 11 cuves issus de cépages et d'appellations différentes. On a fait varier pour chaque assemblage la proportion de chaque cuve de quelques pour cent seulement (moins de 5% dans la plupart des cas). Les images obtenues ont montré des différences importantes. Deux assemblages ont été retenus par le comité de dégustation. Les critères relevés dans les images de cristallisation, ont permis au comité de dégustation d'établir un choix à l'unanimité alors que sur la base de la dégustation, il était partagé entre deux assemblages. Bonny Doon Vineyards dispose d'un laboratoire et utilise la méthode de cristallisation sensible pour le suivi de toute sa production vitivinicole. Les images de cristallisation vont être utilisées, pour les prochains millésimes, sur les étiquettes des bouteilles dont la forme a été adaptée pour mettre ces images en évidence...

La liste des possibilités de la méthode de cristallisation sensible n'est pas exhaustive. On peut aussi réaliser des tests avec les pétioles des feuilles, les baies de raisins, la pulpe ou la pellicule. Il semblerait que les tests foliaires puissent aider à déterminer la date optimale de la vendange (recherche en cours). La cristallisation des vins avant et après filtration, avec différents types de procédés, permet de choisir celui qui aura le moins d'impact sur la qualité finale du produit (essais 2006) réalisés pour Nicolas Joly et les Établissements Brault).

4 PROBLÉMATIQUE NON RÉSOLUE :

Le viticulteur peut aussi exploiter la méthode, en vue d'aborder une problématique non résolue. C'est par exemple le cas du Domaine de Rousset Peyraguey dans le Sauternais, dont les parcelles, enclavées dans la zone de Château d'Yquem, étaient fortement touchées par le phénomène de « pourriture acide ». Les images obtenues tout au long de trois années de recherche (2004, 2005, 2006) ont amené le viticulteur à penser le problème « différemment ». Ce n'est pas en s'attaquant à la drosophile, vecteur reconnu de la maladie, qu'il est parvenu à en éviter aujourd'hui les dégâts.

L'investigation conduite avec la méthode de cristallisation sensible, a permis d'émettre une série d'hypothèses concernant le processus de la maladie (projection d'images et explication).

La drosophile n'apparaît plus alors comme le vecteur de la maladie, mais en quelque sorte comme le symptôme d'un déséquilibre. C'est en pratiquant des interventions sur la culture, en fonction de ces hypothèses, qu'il a été possible de réduire le phénomène de pourriture acide, au point qu'il ne présente plus aucun risque pour la qualité de la récolte (2006).

Les traitements effectués ont permis de modifier avec précision, sur une parcelle donnée, les conditions qui étaient favorables à la prolifération des bactéries et des levures pathogènes. Les résultats sont visibles chez Alain Déjean à Preignac et comparables avec les parcelles voisines encore fortement infestées...

CONCLUSION

La méthode de cristallisation sensible ne peut en aucun cas se substituer aux méthodes analytiques conventionnelles. Elle représente un outil supplémentaire qui va conduire le viticulteur à remettre en question ces habitudes et aussi son mode de pensée. Cependant la viticulture française est une viticulture de tradition, ancrée dans ses habitudes, sûre d'elle, c'est sans doute la raison pour laquelle cette méthode trouve un accueil plus favorable auprès des Wineries du Nouveau Monde, qui ne bénéficient pas de cette tradition. Ces dernières restent à l'affût des méthodes les plus innovantes, même si elles paraissent pour certains, encore improbables. La science moderne reconnaît bien le phénomène de cristallisation sensible comme une réalité scientifique mais n'est pas encore en mesure, de comprendre et d'expliquer ce phénomène dans sa totalité. Néanmoins les résultats procurés par la méthode de cristallisation sensible à ceux qui veulent bien et savent l'utiliser sont probants et en finalité ce qui compte, c'est le résultat, c'est-à-dire l'amélioration de la qualité.

NB : Le coût d'une étude par cristallisation sensible est de 30,00€ par échantillon liquide (vins, jus...) et 35,00€ par échantillon solide (terre, feuilles...).

ECONOMIES D'ENERGIE ET D'EAU A LA CAVE

Gérard RINTJEMA

Bureau d'étude HQE Associés Durables
Chemin de Peypin 83670 CHATEAUVERT

Tél.: 04 94 59 16 29 - Fax : 04 94 77 71 86 – Mail : g.rintjema@wanadoo.fr

Comment fonctionne la cave ?

Quels sont vos besoins en énergie ? en eau ?

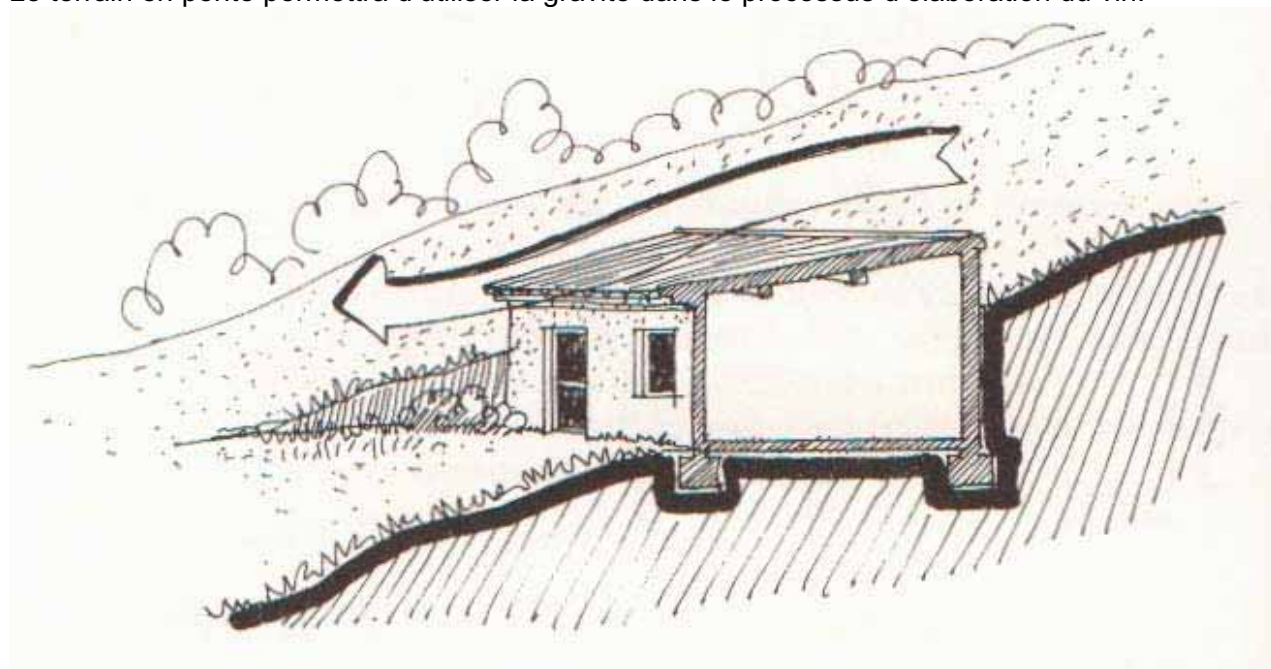
Quelles solutions mettre en œuvre pour moins consommer ?

Quelles sont les énergies renouvelables utilisables ?

1 L'IMPLANTATION, LE CHOIX DU TERRAIN, LA CONCEPTION DE LA CAVE

L'idéal est d'implanter la cave sur un terrain en pente exposé si possible au Nord ou limiter au maximum les apports solaires.

Le terrain en pente permettra d'utiliser la gravité dans le processus d'élaboration du vin.



A une profondeur de 2 mètres le sol a une température constante située entre 12 et 14°C suivant la nature du terrain.

Plus le bâtiment sera enterré plus il bénéficiera de l'inertie naturelle du sol.

A défaut il faut travailler sur l'enveloppe, choisir des matériaux à forte inertie qui retarderont les apports calorifiques. Il faut privilégier des matériaux « lourds » comme la pierre, la brique ou encore les parois maçonnées.

La végétalisation des murs et des toitures est également une solution permettant de limiter les apports calorifiques de l'extérieur :

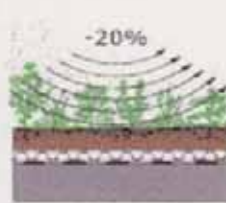
Avantages écologiques, urbanistiques et écoconstructifs des toitures végétalisées.



Espaces écologiques



Rétention d'eau

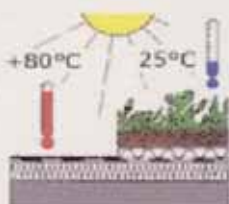


Réduction des poussières

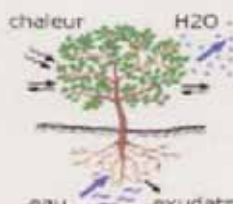


Confort acoustique

Elles créent de nouveaux habitats pour la flore et la faune et retiennent les eaux de pluies à la parcelle. De plus, les **toitures végétalisées** améliorent le climat urbain, fixent les poussières atmosphériques, offre une performance intéressante pour l'acoustique et la thermique du bâtiment.



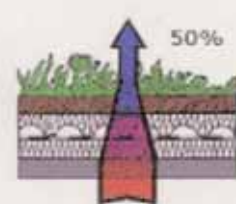
Protection de l'étanchéité



Confort hygrométrique

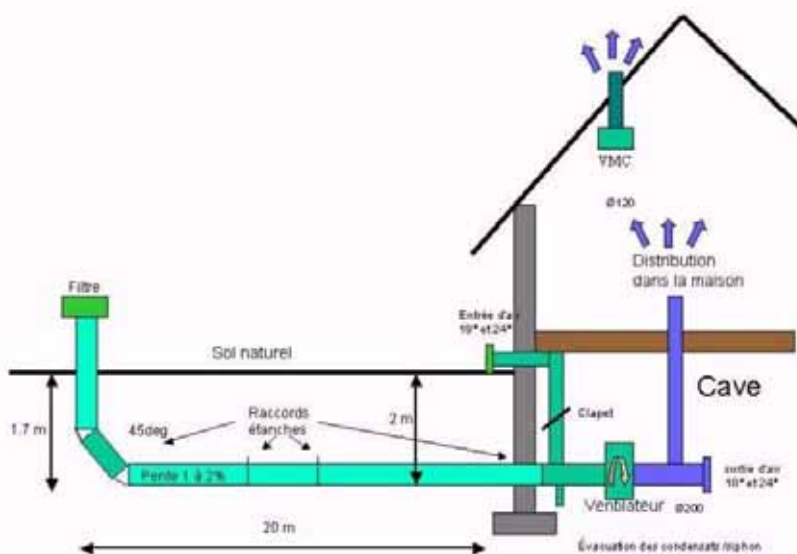


Intégration du bâtiment



Confort thermique

L'extraction des calories peut se faire à l'aide d'un puits Provençal ou Canadien :



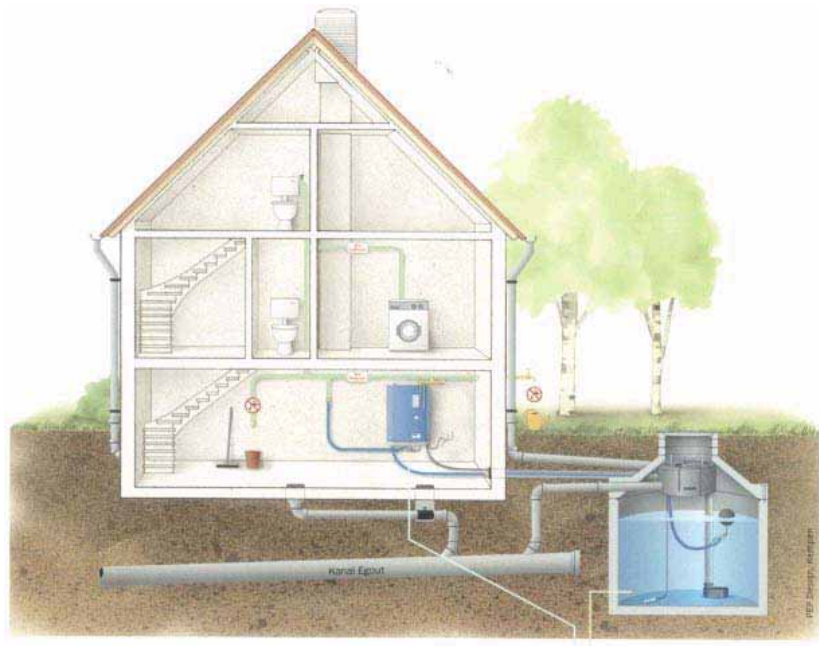
2 RECUPERATION DES EAUX

2.1 Les eaux de pluie et les eaux « grises »

Il est possible de récupérer les eaux de pluies et/ou les eaux « grises ». Ces eaux une fois récupérées, si elles sont stockées sous terre seront à une température de l'ordre de 12°C.

Il est alors possible de les utiliser pour rafraîchir les locaux et de les utiliser en toute ou partie pour le processus d'élaboration du vin. Mis à part l'énergie nécessaire à alimenter les pompes de circulation, ce froid est gratuit.

Principe général :



3 PROCESSUS D'ELABORATION DU VIN

3.1 La réception des raisins

Si possible réceptionner du raisin le plus froid possible (la nuit ou le matin).
Le maintenir à une température située entre 10 et 14°C suivant les cas.
Il faut pour cela limiter au maximum les apports caloriques provenant de l'extérieur. Les bâtiments ne devront pas être ouverts durant la journée ou être munis d'un sas.
Le rafraîchissement des locaux pourra être effectué à l'aide d'un plancher rafraîchissant alimenté par un échangeur à plaques lui-même alimenté par les cuves d'eau de pluie ou d'eau grise.

3.2 La clarification

Il faut faire tomber le mou à une température située entre 10 et 14 °C.
Plus le raisin arrive à une température élevée plus la descente en température doit être rapide.
Pour y parvenir il est en général fait usage d'échangeurs tubulaires.
Cet échangeur peut être alimenté par un échangeur situé en amont du groupe froid qui sera lui aussi alimenté par l'eau située dans un réservoir d'eau de pluie ou d'eau grise qui effectuera un pré rafraîchissement diminuant d'autant les besoins en énergie.
Il peut également être fait usage de froid solaire (exemple cave de Banyuls) mais cette technique reste onéreuse.

3.3 La fermentation alcoolique

Durant en général 15 jours il faut maintenir la fermentation à une température de 17°C.
La température intérieure est déterminante pour limiter les besoins énergétiques concernant la production de froid.
De même, pour y parvenir l'utilisation de cuves à forte inertie du type cuves en béton est souhaitable, dans ce cas les besoins en rafraîchissement seront limités.
Dans le cas de cuves en inox réfrigérées, si elles sont à double peau il peut être fait usage d'eau de pluie ou d'eau grise.

Enfin, s'il est fait usage de la technique d'arrosage des cuves l'eau utilisée devra être de qualité alimentaire.

4 LE NETTOYAGE DES LOCAUX

La production d'eau chaude devrait être dans tous les cas faite à l'aide de chauffe-eau solaire dont la capacité sera calculée en fonction des besoins en eau chaude. Ce mode de chauffage bénéficie d'un temps de retour sur investissement de l'ordre de 2 à 6 ans.

5 LA PRODUCTION D'ELECTRICITE SOLAIRE

Les toitures exposées au Sud peuvent être utilisées pour produire de l'électricité photovoltaïque. En cas de toiture « intégrée » le tarif de rachat de l'électricité est de 55 centimes d'€.

6 LA VALORISATION DES DECHETS

Les déchets peuvent permettre de produire du méthane utilisable pour produire de l'énergie.

Bureau d'étude HQE Associés Durables

Maîtrise d'œuvre, Bureau d'études et de conseils dans le domaine de la HQE, de l'éco-construction, et des énergies renouvelables. Conception et réalisation de constructions bioclimatiques.

Domaines de spécialisation :

Maîtrise d'œuvre dans le domaine de la Haute Qualité Environnementale®

Suivi de chantier et pilotage d'opérations de construction environnementale

Conception et réalisation de bâtiments à faible consommation énergétique

Eco-construction

Toitures végétalisées, piscines naturelles

Matériaux naturels et matériaux santé

Rafraîchissement naturel, puit provençal

Economie de l'environnement et de la construction environnementale

Formation à la Qualité Environnementale

Diagnostics énergétiques globaux

Etudes thermiques (RT 2005)

Etudes acoustiques

Etudes olfactives

Etudes de chaufferies fonctionnant au bois énergie

Etudes relatives au solaire thermique et photovoltaïque

CONFERENCES COMMUNES

IMPACT DES PREPARATIONS BIODYNAMIQUES SUR LA VIGNE

Dominique Léвите FiBL, Franco Weibel FiBL
Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Institut de Recherche pour l'agriculture biologique
Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) Switzerland

Mail : dominique.levite@fibl.org

La vigne semble être une plante particulièrement sensible aux applications des préparations biodynamiques : de nombreuses observations faites sur des domaines viticoles connus et parfois même prestigieux en France, en Italie, en Allemagne, en Australie et en Suisse en attestent. Par conséquent, la vigne se prête bien comme plante modèle pour mettre en évidence grâce à des méthodes scientifiques les effets physiologiques, pédologiques et qualitatifs des préparations biodynamiques. Un projet de recherche a été lancé récemment afin d'approfondir et d'affiner les connaissances dans ce domaine. Avant d'en parler, voici tout d'abord quelques considérations générales sur la viticulture agrobiologique et biodynamique.

L'agrobiologie possède une excellente capacité à maintenir le sol en bonne santé, et il est admis également que la vigne qui s'y trouve enracinée bénéficie de cette « Bonne santé » pour croître et se développer harmonieusement. La vigne fournit des grappes dont la morphologie et la maturité sont fortement influencées par le climat de la saison. La qualité et la quantité des réserves glucidiques sont aussi largement liées aux facteurs climatiques, mais aussi au choix du vigneron dans les pratiques culturales : qualité de l'enherbement, alternance des coupes, adaptation des outils et système de travail du sol, afin de respecter les agrégats et les strates du sol. Dans ce même ordre d'idée la plante est également très influencée par le mode de protection choisi pour faire face aux maladies fongiques. En plus de ces caractéristiques, la viticulture biodynamique vise - notamment au travers des préparations - à recourir aux forces cosmiques afin de vitaliser le sol et les plantes. Et ainsi, d'améliorer la qualité du produit final.

Si globalement le développement de la culture biodynamique pour les céréales, le maraîchage ou l'arboriculture est lent, on constate sur le plan mondial une importante augmentation des reconversions des vignobles vers la bio-dynamie. Les conseillers bio-dynamistes pour la vigne sont certes peu nombreux (par exemple, feu François Bouchet, Pierre Masson, Nicolas Joly et Alex Podolinski), et c'est surtout au niveau de la recherche qu'il y a encore de nombreuses lacunes à combler.

En Suisse, une initiative réjouissante allant dans ce sens a vu le jour. Lors d'une réunion de viticulteurs Demeter en mars 2003, l'Association pour la bio-dynamie en Suisse – représentée par Ueli Hurter et Jürg Hädrich – a institué avec le FiBL (Institut de Recherche pour l'Agriculture Biologique) un groupe d'étude chargé d'entreprendre des mesures et des analyses scientifiques sur différentes combinaisons des préparations 500 (bouse de corne) et 501 (silice de corne). Dans ce cadre, trois producteurs biodynamiques du littoral neuchâtelois (Christian Rossel, à Hauterive, Frédérique et Jean-Michel Henriou à Auvernier, ainsi que Vincent Bindith à Concise) et deux chercheurs du FiBL (Dominique Léвите et Franco Weibel) ont développé en commun un projet d'expérimentation dit « on-farm ». Récemment, le domaine viticole du FiBL a été joint à ces sites. Pour chaque site, on a installé des blocs d'expérimentation homogènes :

- 1) contrôle sans préparation ;
- 2) avec la préparation 501 seule ;
- 3) avec les préparations 500 et 501 ensemble.

En moyenne, les blocs ont une superficie de 500 à 1000 m². Ce dispositif est certes simple, mais avec quatre sites (répétitions) bien définis, la différenciation scientifique des résultats est suffisante, tout en étant pertinente pour la pratique. Après les deux premières années, on a observé divers aspects de la plante : la morphologie, la vigueur, la verticalité des apex, la performance des plantes, les incidences sur les maladies fongiques, l'état physique et biologique des sols, et finalement aussi la qualité standard et holistique des raisins et des vins (au travers de micro vinifications). A l'issue de ces tests, des tendances se sont rapidement exprimées : pour les facteurs de croissance observés, il y a une tendance positive pour la préparation 501. Concernant la verticalité des rameaux, il y a une tendance positive pour la préparation 500. Quant à l'état structural du sol (méthode des tamis), il semble être positivement influencé par la variante 500 + 501.

Il est à noter que les vigneronns participent non seulement pleinement à la conception et à la mise en œuvre des essais, mais qu'ils sont aussi et surtout les principaux initiateurs de cette recherche. Ainsi Christian Rossel de Hauterive (NE) est intéressé depuis sa reconversion à faire des tests comparatifs entre les divers traitements. A-t-il déjà pu observer les effets des préparations ? « Oui, c'est clair. Par exemple, l'effet stimulant de la préparation 500 sur le développement des racines en profondeur est tel qu'il confère au vin, qui est par nature un produit lié à son lieu de production, un goût du terroir encore plus prononcé ». C'est donc très volontiers que Christian Rossel participe à ce projet qui lui permet d'approfondir, de nuancer et de corroborer les connaissances découlant de ses observations. Il apprécie en outre le contact suivi des chercheurs et l'échange d'expériences avec ses collègues.

Au vu de ces premiers résultats, le groupe de travail a jugé judicieux d'approfondir l'étude de l'impact des préparations. Un catalogue d'objectifs et un budget ont donc été formulés en vue de développer un tel projet sur quatre ans. D'après Franco Weibel, directeur du groupe des plantes pérennes au FiBL, ce projet permettra d'optimiser encore le mode de production biodynamique en mettant en évidence de subtiles nuances et en indiquant quelle est l'influence des divers paramètres observés, et ce jusqu'à la qualité du produit final. En apportant des précisions sur les effets des préparations biodynamiques, cette démarche viendrait donc compléter de manière idéale les résultats des essais à long terme DOC (Dynamique, Organique, Conventionnel) du FiBL. La reconnaissance scientifique de la biodynamie et de ses apports à la viticulture éveillera certainement l'intérêt de nombreux producteurs, commerçants et consommateurs.

COMMENT LES PLANTES SEDUISENT LEURS GARDES DU CORPS : COMPRENDRE LEURS OUTILS DE COMMUNICATION POUR MIEUX LES UTILISER

Anne Marie Cortesero

UPRES E.A. 3193, Ecobiologie des Insectes Parasitoïdes - Université de Rennes 1

Avenue du Général Leclerc - 35042 Rennes Cedex

Tél: 02 23 23 61 59 - Fax: 02 23 23 50 66 – Mail : anne-marie.cortesero@univ-rennes1.fr

<http://www.parasitoïdes.univ-rennes1.fr>

Les plantes et les insectes phytophages sont depuis très longtemps engagés dans une sorte de course évolutive dans laquelle les insectes ont été sélectionnés pour consommer efficacement les plantes alors que les plantes ont, au contraire, été sélectionnées pour éviter d'être consommées. Ainsi, les plantes ont développé un certain nombre de défenses directes pour lutter contre ces ennemis, comme des épines, des cires cuticulaires et des composés chimiques toxiques ou diminuant l'appétence des tissus. En plus de ces mécanismes de défenses directs, les plantes peuvent bénéficier de défenses indirectes **favorisant la présence** des parasitoïdes et des prédateurs de leurs ennemis phytophages pour leur servir de « gardes du corps ». Les études actuelles montrent que les plantes sont loin d'être passives dans l'interaction entre les insectes phytophages et les arthropodes entomophages. En particulier, elles peuvent leur fournir des informations qui leur signalent la présence de leurs hôtes ou proies, leur fournir des abris comme par exemple les domaties ou des sources de nourriture alternatives sous la forme de nectar. Cette présentation, illustrée notamment à partir de travaux menés à l'université de Rennes 1 sur les insectes parasitoïdes, montrera que certaines caractéristiques des plantes peuvent être des éléments clés du contrôle naturel des ravageurs et proposera quelques pistes afin d'améliorer l'action régulatrice des ennemis naturels.

BIOLOGIE

■ **EN DEUX MOTS** ■ Face aux incessantes attaques des insectes herbivores, les plantes sont loin d'être désarmées. En plus de défenses directes (comme des épines ou des composés toxiques), elles disposent aussi de défenses indirectes : attaquées, elles libèrent des

substances volatiles qui attirent des ennemis de leurs agresseurs. Nombre de ces substances sont aujourd'hui identifiées, de même que certains des composés impliqués dans leur production. De ce point de vue, l'objectif d'en faire des outils de lutte biologique utilisables en

plein champ, et pas seulement en serre, se rapproche. Reste à estimer leurs effets à moyen et à long terme : face aux « intérêts » parfois divergents des plantes et de leurs gardes du corps, face aux capacités d'adaptation des herbivores, le défi est considérable !

Des insectes gardiens de plantes

C'est un combat permanent : les 300 000 espèces de plantes de notre planète ne cessent de subir l'assaut des 400 000 espèces d'insectes herbivores. Mais pour se défendre, les agressées ne manquent pas d'atouts. Leur arme la plus subtile ? Attirer les prédateurs de leurs assaillants. L'homme peut-il mettre à profit ce phénomène dans la lutte contre les ravageurs ?

Anne-Marie Cortesero,
maître de conférences,
dirige l'équipe « Écobiologie
des insectes parasitoïdes »
de l'université de Rennes-I.
Anne-Marie.Cortesero
@univ-rennes1.fr

Éric Thibout,
directeur de recherche
au CNRS, effectue
ses travaux de recherche
au sein de l'équipe
« Relations multitrophiques »
à l'Institut de recherche
sur la biologie de l'insecte
(IRBI), à Tours.
eric.thibout@univ-tours.fr

Voici bientôt quinze ans, la revue *Science* se faisait l'écho d'un étrange ballet : attaqués par les chenilles du papillon nocturne *Spodoptera exigua*, des plants de maïs libèrent d'importantes quantités de substances

volatiles qui attirent les guêpes parasites *Cotesia marginiventris* [1]. Or, ces guêpes ont pour particularité de pondre leurs œufs... dans les chenilles de *Spodoptera* ! Celles-ci servent alors de garde-manger aux larves des guêpes, et finissent par y laisser la vie.

La nouveauté de cette étude, très remarquée à l'époque, n'était pas que les plantes réagissent activement à une agression. On les en savait capables depuis longtemps. En 1972, en effet, une équipe américaine avait montré que la consommation des feuilles de tomate ou de pomme de terre par le doryphore induisait dans la plante l'accumulation d'une molécule qui retarde la croissance du ravageur [2]. L'exemple type d'une défense directe, par laquelle la plante repousse son agresseur, l'intoxique, ou encore inhibe sa prise de nourriture. En 1990, en revanche, il s'agissait d'une défense indirecte : les plantes attirent les ennemis du ravageur, des arthropodes dits « entomophages », qui les débarrassent du vorace herbivore.

Ces résultats de Ted Turlings et de James Tumlinson, alors à l'USDA* de Gainesville, en Floride, et Joe Lewis, de l'USDA de Tifton, en Géorgie, rejoignaient ceux publiés deux ans plus tôt par une équipe néerlandaise, dans une revue beaucoup plus confidentielle. Marcel Dicke, de l'université de Wageningen, et Maurice Sabelis, de l'université d'Amsterdam, avaient montré qu'après infestation par l'acarien herbivore *Tetranychus urticae*, les plants de haricots et de concombres émettent de grandes quantités de substances volatiles qui attirent l'acarien prédateur *Phytoseiulus persimilis*, lequel extermine alors la population de *Tetranychus* [3]. Alors que l'étude américaine s'intéressait à des entomophages parasitoïdes (ceux qui pondent dans d'autres insectes), l'étude néerlandaise, elle, se penchait sur des entomophages prédateurs (ceux qui se nourrissent d'autres insectes).

Les deux équipes s'engagèrent alors dans une course-poursuite, en même temps que leurs travaux stimulaient bon nombre d'autres recherches dans la communauté scientifique s'intéressant aux relations entre les plantes et les insectes. L'objectif pratique de ces travaux était clairement affiché : contribuer au développement des méthodes de lutte biologique contre les insectes ravageurs.



LA SORTIE À L'AIR LIBRE DES LARVES de la guêpe parasite *Cotesia glomerata* signe l'arrêt de mort de la chenille de la piéride du chou. Mais à quel point *Cotesia* protège-t-elle la plante? La question reste posée car, avant l'issue fatale, la présence des larves a plutôt tendance à augmenter la consommation du chou par la chenille!

© ANNE ET JACQUES SIX

Certes, on n'avait pas attendu ces résultats pour utiliser les entomophages dans des programmes de protection des cultures. Mais la configuration choisie était assez particulière, puisqu'il s'agissait essentiellement de cultures sous serre (c'est d'ailleurs toujours le cas aujourd'hui). Dans ce cas de figure, les entomophages sont lâchés par l'homme, et ne peuvent se diriger que vers les végétaux à protéger. Peu importe en l'occurrence que l'on ne maîtrise pas toutes les subtilités qui régissent les interactions entre la plante et les insectes. Mais ce qui n'est pas indispensable quand on travaille sous serre, le devient quand on travaille en plein champ: il faut absolument éviter que les entomophages s'égaient au-delà des zones cibles, sous peine, d'une part, que leur efficacité diminue et, d'autre part, qu'ils perturbent par trop l'équilibre du biotope. D'où l'idée d'identifier les composés volatils que libèrent les plantes en réponse à une agression, pour tenter de s'en servir afin d'attirer et de retenir les entomophages à l'endroit choisi.

Un parfum pour chacun

Rien de tel qu'une pelouse fraîchement tondue pour sentir pleinement l'«odeur verte» des végétaux: tout un ensemble de molécules volatiles présentes en permanence dans la plante (elles sont dites «constitutives») sont libérées sous la lame de

la tondeuse. Les mêmes causes produisant souvent les mêmes effets, ces molécules sont également libérées sous les crocs d'un herbivore. Sont-elles pour autant responsables de l'arrivée ciblée des entomophages? Non, de fait, comme le soulignaient les deux articles fondateurs, et comme l'ont définitivement confirmé des études récentes sur le tabac, le cotonnier, la tomate, l'avoine, le chou ou le pommier [4], les composés volatils qui attirent les entomophages ne sont pas présents en permanence dans la plante: ils sont synthétisés suite à l'attaque par l'herbivore. Le temps nécessaire à leur synthèse fait par ailleurs que ces composés induits sont émis des heures, voire des jours après les composés constitutifs.

Ces fameux composés, quels sont-ils? Leur nature diffère selon la plante émettrice. Par exemple, le cotonnier et le maïs émettent plutôt des terpénoïdes, alors que le chou ou le poireau émettent plutôt des composés soufrés. On pourrait donc penser qu'à toute plante correspond un «bouquet» volatil donné. C'est le cas, mais le système est bien plus subtil encore! En effet, pour une même plante, le type de réponse diffère selon l'herbivore ravageur, voire le stade de développement de ce dernier.

L'éventualité d'une telle spécificité avait été évoquée dès le début des années quatre-vingt-dix. Elle n'a été démontrée ⇒

* **USDA (US Department of Agriculture)**: ministère de l'Agriculture des États-Unis, dont toute une branche, l'Agricultural Research Service, est dédiée à la recherche.

[1] T.C. Turlings *et al.*, *Science*, 250, 1251, 1990.

[2] T.R. Green et C.A. Ryan, *Science*, 175, 776, 1972.

[3] M. Dicke et M.W. Sabelis, *Neth. J. Zool.*, 38, 148, 1988.

⇒ que dans la seconde moitié de la décennie. Ainsi, les attaques de plants de tabac par deux espèces de chenille proches, *Heliothis virescens* et *Helicoverpa zea*, provoquent l'émission d'un « bouquet » volatil composé des mêmes substances, mais à des concentrations différentes. Une différence que perçoit la guêpe parasitoïde *Chardiachiles nigriceps*, qui ne pond que dans *Heliothis virescens* [5] ! Autre exemple : l'agression de plants de tabac par de jeunes chenilles de *Pseudaletia separata* entraîne une émission de composés différents de ceux libérés par des chenilles plus âgées. La guêpe *Cotesia kariyai* ne s'y trompe pas, elle qui ne s'attaque qu'aux jeunes chenilles [6] – sans que l'on sache encore comment elle parvient si bien à faire la distinction entre les différents « bouquets » odorants. Autant dire que l'identification par l'homme des « bouquets volatils » correspondant à chaque association

plante-herbivore est une entreprise au long cours.

Plus en amont, une autre étape du processus est également scrutée à la loupe : l'induction de la synthèse des composés volatils. L'étude de T. Turlings, J. Tumlinson et J. Lewis sur le maïs avait montré qu'il suffit d'appliquer la salive de la chenille de *S. exigua* sur des blessures mécaniques (ou de plonger les racines de la plante dans une solution contenant cette salive) pour provoquer l'émission de terpènes. Autrement dit, les composés volatils sont synthétisés et émis lorsque des molécules présentes dans la salive des ravageurs entrent en contact avec les tissus endommagés de la plante. Ces molécules (dont on ignore toujours quel intérêt elles présentent pour les ravageurs) reçurent le nom d'« éliciteurs ». La détermination de leur nature chimique s'est révélée ardue : à ce jour, on en connaît seulement deux, isolés dans deux complexes plante-insecte différents. Le premier est une enzyme, la glucosidase, présente dans la salive de la piéride du chou [7]. Le second est un dérivé d'acide gras, la volicitine, découverte en 1997 dans la salive de la chenille de *Spodoptera exigua*, et présente chez plus d'une dizaine d'autres espèces de lépidoptères [8].

Intérêts divergents

Mais ce n'est pas tout. Il existe, en plus des éliciteurs externes, des éliciteurs dits « internes », qui sont synthétisés par la plante au niveau de la blessure, passent dans les vaisseaux conducteurs de sève, et sont conduits jusqu'aux feuilles intactes. Résultat : les feuilles abîmées, qui sont pourtant les seules



CE COTON DE CULTURE, ravagé par la chenille du papillon *Helicoverpa zea*, a perdu une partie de la capacité des variétés sauvages à libérer des substances volatiles attractives pour les ennemis du ravageur. C'est le cas de nombreuses autres espèces domestiques.

[4] P.W. Paré et J.H. Tumlinson, *Nature*, 385, 30, 1997.

[5] C.M. De Moraes et al., *Nature*, 393, 570, 1998.

[6] J. Takabayashi et al., *J. Chem. Ecol.*, 21, 273, 1995.

[7] L. Mattiacci et al., *PNAS*, 92, 2036, 1995.

[8] H.T. Alborn et al., *Science*, 276, 945, 1997 ; R. Halitschke et al., *Plant Physiol.*, 125, 711, 2001.

[9] T.C. Turlings et J.H. Tumlinson, *PNAS*, 89, 8399, 1992

[10] A.M. Cortesero et al., *J. Chem. Ecol.*, 23, 1589, 1997.

[11] P. Reymond et E.E. Farmer, *Curr. Opin. Plant Biol.*, 1, 404, 1998.

[12] J.S. Thaler, *Nature*, 399, 686, 1999.

[13] E. Van Der Meijden et P.G.L. Klinkhamer, *Oikos*, 89, 202, 2000.

en contact avec la salive, ne sont pas les seules à synthétiser et à libérer des composés volatils. Les feuilles intactes le font aussi [9], et le bouquet qu'elles dégagent, bien que chimiquement un peu différent de celui des feuilles dévorées, est tout aussi efficace pour attirer les entomophages [10].

D'un point de vue pratique, il est évidemment tout aussi intéressant de connaître ces éliciteurs internes que les éliciteurs salivaires. Parmi ceux identifiés, deux sont l'objet d'une attention soutenue : l'acide salicylique (le précurseur de l'aspirine) et, surtout, l'acide jasmonique. Cette molécule semble dotée de bien des pouvoirs : elle est en effet située à la croisée de plusieurs modes de défense, puisqu'elle est également impliquée dans l'induction des mécanismes directs (par exemple, une synthèse accrue de nicotine – toxique pour les insectes – dans les plants de tabac) [11].

Du coup, elle a déjà été expérimentalement utilisée comme outil de protection. Deux études ont démontré que son application sur des plantes stimulait fortement le parasitisme des herbivores ou réduisait sensiblement leurs dégâts. Par exemple, une pulvérisation sur un champ de tomates entraîne un doublement du parasitisme des chenilles de *Spodoptera exigua* par la guêpe parasite *Hyposoter exiguae* [12]. L'acide jasmonique pourrait-il donc être un produit « miracle » susceptible de révolutionner la lutte contre les ravageurs ? Quelques considérations appellent à la prudence.

Car pour utiliser au mieux ces molécules, encore faut-il connaître leurs effets à moyen ou à plus long terme. Gagne-t-on toujours à envoyer des entomophages vers une plante

agressée par un herbivore? Spontanément, on aurait tendance à répondre oui. Mais, en 2000, Ed van der Meijden et Peter Klinkhamer, de l'université de Leyde, aux Pays-Bas, ont souligné qu'il pouvait y avoir un conflit d'intérêt entre les plantes et les entomophages [13]. En particulier, l'intérêt des plantes (réduire la phytophagie) n'est pas nécessairement celui des entomophages, qui auraient plutôt intérêt à trouver beaucoup d'hôtes, ou de proies, bien nourris.

Cette remise en question semblait d'autant plus justifiée que certains insectes parasitoïdes ne tuent pas leur hôte immédiatement, mais les laissent consommer la plante pendant une grande partie de leur développement [14]. Pire encore: le parasitoïde *Cotesia glomerata* a tendance à stimuler, et non réduire, la consommation du chou par les chenilles de la piéride du chou [15]! Par conséquent, même si, dans bon nombre de cas, les entomophages préservent effectivement les plantes de la destruction, toute généralisation est à éviter.

Par ailleurs, à chaque attaque de ravageur, c'est une énorme machinerie de synthèse moléculaire qui se déclenche dans la plante. Or, ces défenses ont un coût métabolique – certes moindre que le coût de défenses constitutives, mais pas négligeable pour autant: les molécules qui y sont employées pourraient l'être à d'autres fins. Ce coût pourrait-il, par exemple, peser sur un paramètre aussi important que la capacité à produire des graines, et donc la vigueur reproductive? La question est actuellement très discutée. Mais il existe au moins un exemple clairement documenté qui montre l'effet bénéfique de l'arrivée des entomophages sur la vigueur reproductive des plantes: chez l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*), la production de graines des plantes attaquées par la piéride du chou et défendues par l'hyménoptère *Cotesia rubecula* est plus importante que celle des plantes attaquées et non défendues, et rejoint celle des plantes n'ayant subi aucune attaque [16].

Stratégies d'évitement

Dernier problème, et pas des moindres: si l'interaction est favorable aux plantes et aux entomophages, les pressions de sélection qui en découlent doivent avoir favorisé chez les herbivores un certain nombre de stratégies d'évitement. Par exemple, un changement de la quantité ou de la qualité des sécrétions, changement qui diminuerait l'induction des signaux volatils chez les plantes, un peu à l'image de celui récemment mis en évidence dans le cadre de défenses induites directes. En 2002, des chercheurs des universités de l'Arkansas et de Pennsylvanie ont en effet découvert que la chenille du lépidoptère *Helicoverpa zea* sécrète, par la filière*, une enzyme qui diminue la synthèse de nicotine induite par ses sécrétions salivaires chez la plante consommée, en l'occurrence du céleri [17].

Si ce type de mécanisme n'a pas encore été relevé dans le cas de défenses induites indirectes, Consuelo de Moraes et Mark Mescher, de l'université de Pennsylvanie, ont en revanche montré, en juin dernier, une adaptation très particulière de la larve du papillon *Heliothis subflexa* [18]. Cette larve se nourrit

normalement des feuilles de sa plante-hôte, *Physalis angulata*. Or, elle est devenue capable de se nourrir du fruit, bien que ce dernier soit dépourvu d'acide linoléique, pourtant nécessaire au développement de la plupart des insectes. Première conséquence de cette adaptation: *Heliothis subflexa* est affranchie de la concurrence des chenilles d'autres espèces. Deuxième conséquence: elle est moins exposée aux insectes entomophages. En effet, l'acide linoléique lui est nécessaire pour synthétiser la volicitine. Quand elle se nourrit des fruits, elle ne fabrique pas cet éliciteur, et les substances volatiles dont elle induit la libération attirent beaucoup moins le parasitoïde *Cardiochiles nigriceps* que celles produites quand elle mange les feuilles. Enfin, quand bien même *Cardiochiles* viendrait tout de même pondre, ses larves ne pourraient se développer: elles aussi ont besoin d'acide linoléique.

Au vu de toutes ces interactions, on devine que l'utilisation des composés volatils ou des éliciteurs en lutte biologique est loin d'être évidente. D'autant plus que considérer seulement trois partenaires est peut-être trop réducteur... En effet, d'autres intervenants participent à l'équation, comme les plantes compétitrices qui peuvent bénéficier de l'émission par leurs voisines de signaux de défense sans rien

* La filière est l'organe grâce auquel les chenilles et les araignées produisent leur fil de soie.



LES FEUILLES DÉVORÉES PAR LES CHENILLES (comme ce soja par *Helicoverpa zea*) ne sont pas les seules à émettre des substances attractives pour les entomophages: les feuilles intactes de la plante agressée le font également, ce qui augmente l'efficacité de l'appel.

dépenser pour en produire, ou les hyperparasitoïdes qui utilisent à leur profit les signaux émis par les plantes et les débarrassent... de leurs gardes du corps!

L'un des gros problèmes qui se posent concerne le mode d'utilisation des composés volatils ou des éliciteurs. Le plus pratique serait évidemment de les appliquer de façon préventive, de façon à ce que les entomophages arrivent avant les ravageurs. Mais une telle tromperie ne marcherait probablement pas très longtemps, et les entomophages risqueraient de ne plus faire le lien entre la perception du signal volatil et la présence de proies. Par ailleurs, il faudrait utiliser un bouquet de substances. Car considérons, par exemple, l'acide jasmonique. Cette substance, sur laquelle on fonde beaucoup d'espoirs, est rarement l'unique facteur impliqué dans l'induction des ⇒

[14] D.L.J. Quicke, *Parasitic Wasps*, éd. Chapman & Hall, 1997.

[15] R.A. Coleman *et al.*, *J. Appl. Entomol.*, 123, 171, 1999.

[16] J.J. Van Loon *et al.*, *Ent. Expl. Appl.*, 97, 219, 2000.

[17] R.O. Musser *et al.*, *Nature*, 416, 599, 2002.

[18] C.M. De Moraes et M.C. Mescher, *PNAS*, 101, 8993, 2004.

TERRAIN Quelle protection dans la nature ?

LES PLANTES BÉNÉFICIENT-ELLES RÉELLEMENT DE L'ACTION DES ENTOMOPHAGES DANS LA NATURE ?

Les premières données allant dans ce sens n'ont été publiées qu'en 2001 (tous les résultats précédents avaient été obtenus soit au laboratoire, soit avec des plantes cultivées et donc peu soumises à la sélection naturelle) [1]. André Kessler et Ian Baldwin, de l'institut Max Planck d'écologie chimique, à Léna, en Allemagne, ont étudié une population naturelle de tabac sauvage, *Nicotiana attenuata*, dans son bio-

tope attiré, le désert de l'Utah. Ce tabac y subit l'attaque de différents herbivores : les chenilles du papillon *Manduca quinquemaculata*, la punaise *Dicyphus minimus* et le coléoptère *Epitrix hirtipennis*. En réponse, il libère un «bouquet» volatil dont les chercheurs allemands ont caractérisé les composants, avant d'étudier leur effet. Conclusion : les substances libérées réduisent les attaques ultérieures de plus de 90 %, à la fois en attirant des prédateurs des herbivores et en dissuadant les papillons de revenir pondre. Bien sûr, ce type d'expérience devra être repris sur d'autres systèmes tritrophiques, mais le résultat de l'Utah n'en est pas moins essentiel : la protection indirecte des plantes existe bel et bien dans la nature.

Munie de cette information, la même équipe étudie maintenant, toujours en

terrain naturel, l'impact de la suppression de certains gènes impliqués dans les défenses directes et indirectes de *Nicotiana attenuata*. Cette approche d'écogénétique vient de fournir un premier résultat marquant [2]. Des plants dépourvus de l'une des enzymes synthétisant le jasmonate ont libéré moins de composés volatils et ont beaucoup plus souffert de leurs herbivores habituels que les plantes non modifiées. Pire : elles ont même été la cible de nouveaux herbivores ! Autrement dit, c'est toute la dynamique écologique des populations d'herbivores qui s'est retrouvée perturbée par cet unique changement. Les auteurs n'ont pas encore poussé leurs observations jusqu'à étudier les populations d'entomophages, mais il est fort probable que leur dynamique soit elle aussi modifiée.

[1] A. Kessler et I.T. Baldwin, *Science*, 291, 2141, 2001.

[2] A. Kessler et al., *Science*, 305, 665, 2004.



DANS LE DÉSERT DE L'UTAH, le tabac sauvage *Nicotiana attenuata* (ci-dessus) est l'hôte que choisit le papillon *Manduca quinquemaculata* (en haut) pour déposer ses œufs. Lorsque les chenilles de *Manduca* commencent à le dévorer (au centre), le tabac libère un bouquet volatil qui agit de deux façons : il attire un prédateur des chenilles, *Geocoris pallens* (en bas), et dissuade le papillon de revenir pondre.

⇒ défenses des plantes attaquées. Utilisé seul, il ne permettrait pas aux entomophages d'identifier l'espèce ou le stade de l'herbivore attaquant la plante.

Il paraît donc préférable de privilégier une approche permettant la stimulation rapide, après une attaque d'herbivore, de la synthèse des composés volatils chez la plante. Cependant, on se heurte ici à un autre

Heureusement, d'autres plantes cultivées telles que le chou, le haricot, le riz ou le maïs présentent encore une variabilité importante de leur attractivité vis-à-vis des entomophages. Il est donc concevable, sans devoir systématiquement faire appel aux variétés sauvages, d'intégrer ce critère d'attractivité dans de nouveaux programmes de sélection. C'est ce que tente de faire l'équipe de Marcel Dicke. Avec des industriels impliqués dans la création variétale, elle tente de mettre au point des variétés de *Gerbera* (une plante ornementale) à la fois plus résistantes aux attaques des acariens phytophages et plus attractives pour leurs prédateurs. La connaissance des voies de biosynthèse impliquées dans la production des composés volatils permet également d'envisager de sélectionner ou de modifier génétiquement certaines plantes afin d'accroître l'action des entomophages. Mais tout cela n'aura de valeur que dans un environnement où les entomophages trouveront les ressources nécessaires à leur survie et à leur reproduction. Il faudra donc impérativement, parallèlement aux recherches pluridisciplinaires mêlant chimie, génétique, physiologie des plantes et écologie, aménager les cultures de façon à favoriser la biodiversité de l'entomofaune. Ce n'est pas le moindre des défis ! ■ A.-M.C. et E.T.

problème : chez les plantes cultivées, le lien avec la sélection naturelle est généralement perdu. En effet, la sélection des semences par l'homme a été effectuée sur des critères bien différents. En l'occurrence, ce sont les défenses directes (épines, pilosité, faible appétence, voire toxicité) qui ont généralement été prises en compte. C'est sur cette base qu'un certain nombre de variétés résistantes aux ravageurs ont été mises au point. La prise en compte des armes induites indirectes liées à l'attraction d'entomophages est en revanche beaucoup plus rare, voire carrément inexistante. De ce fait, les plantes cultivées ont souvent perdu une grande partie de leur capacité à se défendre via l'émission de composés volatils attractifs pour les entomophages – par exemple, les variétés de cotonnier de culture émettent près de dix fois moins de composés volatils attractifs que les variétés sauvages [19].

[19] J.H. Loughrin et al., *J. Chem. Ecol.*, 21, 1217, 1995.

POUR EN SAVOIR PLUS

■ A.M. Cortesero et al., *Biological Control*, 17, 35, 2000.

■ M. Dicke, « Evolution of Induced Indirect Defense of Plants », dans *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*, pp. 62-88, R. Tollrian et C.D. Harvell (éd.), Princeton University Press, 1999.

■ Novartis Foundation Symposium, *Insect and Induced Plant Defense*, John Wiley & Sons, 1999.

UTILISATION DU BOIS RAMEAL FRAGMENTE (BRF)

Jacky DUPETY

Producteur

Mail: dupety.family@wanadoo.fr

Avant d'exposer la méthode et surtout ce qui fait son originalité, posons nous deux questions :

- 1- Est-il impossible d'utiliser la fertilité induite par la forêt sans épuiser rapidement un sol ?
- 2- Sommes nous obligés d'avoir recours à des fertilisants polluants ou fortement dépendants de l'élevage pour maintenir un sol cultivable?

La première question interroge l'agriculture ancestrale de nombreux pays du monde : c'est la technique sur brûlis. Quelques années après, la fertilité a disparu et implique l'abandon de la parcelle cultivée, et le défrichage d'une nouvelle parcelle forestière à défricher.

La deuxième question nous interpelle plus sérieusement ; notre perception de la fertilité du sol passe par les animaux via leurs déjections ou par les usines via les engrais chimiques qu'elles produisent. Que ce soit par les animaux (cette technique est ancienne) ou par la chimie, la fertilisation ne se passe pas sans poser des problèmes écologiques et sanitaires : les eaux gavées d'azote deviennent eutrophisées?, l'interdépendance de l'agriculture et de l'élevage implique la mise en place de grosses unités d'élevage industriel et la mise en culture de vastes surfaces pour nourrir ce bétail, surfaces souvent acquises aux dépens des forêts tropicales pour cultiver du soja désormais transgénique. En outre, la minéralisation accélérée par les engrais azotés provoque la perte de l'humus, et parfois la salinisation ou l'acidification du sol...

7 QU'EST DONC CETTE TECHNIQUE DITE DES « BOIS RAMEAUX FRAGMENTES » ?

Les bois raméaux : ce terme a l'avantage de désigner une partie de l'arbre que l'on désignait sous le mot « branches », mais la description précise indique que le diamètre doit être inférieur à 7cm de diamètre. Cette mesure est indicative, car, notamment sur les Causses, la croissance des arbres est beaucoup plus lente et je choisis, notamment pour le chêne, des rameaux inférieurs à 5 cm de diamètre. Il s'agit donc de bois « juvénile ».

Et pourquoi donc utiliser ces rameaux et non les branches ou même le tronc ?

Pour deux raisons précises :

- 1- La lignine est différente
- 2- La teneur en nutriments est supérieure.

D'autre part le rapport C/N du bois raméal se situe entre 50 et 175, alors que dans le bois de tronc ou de branches + grosses ce rapport est supérieur à 350. Ce qui fait que le bois raméal est plus facilement transformable par la microflore. Ces rameaux sont plus riches en écorces et en polyphénols, qui favorisent la mobilisation des champignons.

Et pourtant cette découverte d'un phénomène naturel (on assiste à la même action sous toutes les latitudes) est rejetée par les scientifiques et les décideurs. Est-ce parce que la forêt a toujours été considérée comme « l'ennemie » de l'agriculture (?), à un point tel que l'on pratique la gestion de la forêt sur le modèle agricole.

Pourtant cette technique nécessite peu de travail sur le long terme, sauf la première année où il faut plus de main d'œuvre.

8 LES NOMBREUX AVANTAGES

- Des rendements supérieurs: jusqu'à 45% d'augmentation pour le grain et 17,5 % pour la paille sur le seigle (Chervonyj 1998) ou encore 72% sur la luzerne (Noël 2006). Cela dit, de tels résultats sont rarement observés dès la première année au cours de laquelle

une « faim d'azote » inhibe généralement le développement des cultures (p.e. Noël 2005). De nombreux rapports affichent des augmentations de rendement très spectaculaires, tels que 1000% pour la tomate, 300% sur les fraises, 400% sur le maïs (p.e. Lemieux et Germain 2001)... Toutefois ces augmentations sont le reflet de la résolution d'un problème de fond, comme l'élimination d'un parasite, et non un effet direct sur la croissance de la culture (Noël, comm. Pers.).

- Une meilleure qualité des récoltes : Des propriétés organoleptiques (entre autres des taux de protéines plus élevés) et un taux de matière sèche supérieur (Chervonyj, 1998). Noël (2006) rapporte des résultats semblables sur certaines parcelles.
- La diminution de l'impact de certains ravageurs, voire la disparition totale de ces derniers: par exemple, Seck (1994) releva la disparition totale de nématodes parasites des racines des plants de tomates.
- Une meilleure résistance à la sécheresse : Dupéty, maraîcher sur les Causses du Quercy (Lot, France) n'a pas arrosé sa parcelle depuis mars 2004 et Seck (1994) rapporte qu'au Sénégal, les parcelles traitées au BRF nécessitent deux fois moins d'arrosage que les témoins.
- Une meilleure résistance au gel (Guay et al. 1982, Hébert 2006) ainsi qu'une durée de végétation prolongée accompagnée d'une durée de vie de mise en culture plus longue.
- Une forte réduction des plantes adventices et de leur agressivité a été relevée en particulier par Noël (2005) dans une culture de luzerne ou encore Seck (1994) dans les expériences sur la tomate amère au Sénégal.
- Une amélioration de la structure du sol, qui devient plus stable est plus aérée : cela été observé par Dupéty, chez qui la structure du sol est devenue plus meuble et mieux agrégée en quelques mois suite à l'application de BRF. De même Daniel Chollet a décompacté le sol du verger conservatoire d'Orsay grâce à l'usage du BRF et Benoît Noël (1996) a mis en évidence une plus grande stabilité structurale dans un sol traité au BRF.
- A l'origine de cette restructuration, l'augmentation de la teneur en humus (p.e. Noël 2005, Guay et al.1982). D'où la séquestration durable d'une grande quantité de carbone dans le sol.
- Une forte stimulation de la vie, en particulier des champignons, des micro-arthropodes et des vers de terre (p.e. Noël 2005, 2006 ; Larrochelle 1994, Pagé 1994).
- Une amélioration de certaines propriétés chimiques du sol, comme le pH qui tend à être neutralisé (Lemieux et Germain 2001), le phosphore qui devient plus assimilable, la concentration en calcium échangeable augmente...
- Une stimulation de la régénération de la végétation forestière (Lemieux 1997).
- Réduction des risques d'incendie forestiers après abattage (Lemieux et Tétrault 1995)
- Le système racinaire des végétaux est bien plus développé (Hébert 2006; Chervonyj 1998).
- Sur le passage du bétail, le sol est stabilisé et les pattes des animaux ne s'enfoncent pas dans la boue (Noël 2005, 2006).
- Le lessivage des nutriments, et en particulier des nitrates, est considérablement diminué (Noël 2005, 2006)

9 ALORS, QUE SE PASSE-T-IL ?

Il faut reconnaître que les mécanismes induits sont complexes et ne bénéficient pas de budgets de recherches suffisants. Il semble évident que deux composantes sont essentielles :

- L'humification
- La stimulation du réseau trophique du sol

9.1 L'humification

Contrairement à un apport de fumier ou de compost qui stimule surtout la libération des nutriments par minéralisation, le BRF induit plus efficacement le processus d'humification. Il a été calculé que les BRF pouvait élever le taux d'humus du sol en 10 ans contre 67 ans pour le fumier et 28 ans pour le compost de déchets verts. On ne peut donc pas considérer les BRF comme un engrais ou un amendement ; en effet son action ne passe pas par un apport direct de nutriments dans le sol, et le processus d'humification qu'il induit s'apparente plus à la pédogénèse.

9.2 La stimulation du réseau trophique du sol

L'être vivant qui joue un rôle fondamental et que nous ne connaissons qu'assez peu, qui n'est ni animal ni végétal, c'est le Champignon. Il est vrai qu'ils sont très nombreux ; plus de 400 000 espèces pour l'Europe.

Ceux qui nous intéressent sont des lignivores de la famille des basidiomycètes. Leur action se déroule en deux phases :

La première, est de métabolisme primaire : le mycélium se développe en consommant les constituants non structuraux du bois, jusqu'à ce que l'azote vienne à manquer. C'est à ce moment que la « faim d'azote » se manifeste.

A ce moment se met en place la deuxième phase, un métabolisme secondaire va permettre aux champignons de dépolymériser la lignine afin d'exposer la cellulose et les hémicelluloses qu'elle protège. Cette lignine transformée est à l'origine de l'humus ainsi formé. Les champignons ne peuvent se développer qu'en conditions aérobies, les sols hydromorphes ne permettent pas l'utilisation de la technique des BRF.

On aura compris que se met en place ainsi une très large chaîne trophique ; collembolles et acariens, entre autres, sont des microarthropodes « fongivores » et vont donc brouter les champignons à la condition que ceux-ci soient suffisamment riches en protéines. Ce broutage va stimuler l'activité lignivore des champignons et activer la prolifération du mycélium qui se trouvera ainsi rajeuni. Les excréments de ces microarthropodes vont permettre le développement de populations bactériennes minéralisatrices de l'azote contenu. Il y aura ainsi libération progressive de l'azote précédemment immobilisé. Seront ainsi favorisées les chaînes trophiques bactéries-protozoaires-vers de terre.

10 STIMULATION GLOBALE DE L'ECOSYSTEME SOL

C'est ainsi que l'application de BRF sur des sols agricoles, provoque une stimulation globale de l'écosystème sol.

Les quatre points de la technique des BRF par épandage direct

En hiver : sève dormante et vie biologique du sol ralentie

- 1- la coupe des branches et rameaux, avec leur stockage possible,
- 2- le broyage, et très rapidement après (36 heures maximum),
- 3- l'épandage

Au Printemps : redémarrage de la vie biologique du sol

- mélange avec le sol (qui correspond à la deuxième phase de l'activité lignivore des champignons)

LE POLE ENERGIE EN ACTION

Nicolas TRILLAUD

Pôle Energie - Chambre d'Agriculture de Lot-et-Garonne

Tel : 05 53 77 83 89 - Fax : 05 53 68 04 70

Mail : nicolas.trillaud@lot-et-garonne.chambagri.fr - www.lot-et-garonne.chambagri.fr

Depuis 2005, le développement de nouvelles énergies par et pour l'exploitation agricole est une priorité de la Chambre d'Agriculture de Lot-et-Garonne. Les premières actions de son Pôle Energie se sont orientées vers l'amélioration des connaissances et l'information des agriculteurs sur l'huile végétale carburant et les chaudières à biomasse.

1 DES PARTENAIRES TECHNIQUES ET FINANCIERS

Le Pôle Energie a organisé la concertation des partenaires techniques afin de structurer son action. Son Comité de Pilotage est constitué des partenaires suivants : Chambre Régionale d'Agriculture d'Aquitaine, IFHVP, Hortis CREMAN, ADEME et son point Info Energie CAUE, CETIOM et son centre de recherche CREOL, ITERG, CIRAD*.

Cette concertation a notamment permis le développement des huiles végétales pures dans le département, grâce au soutien financier du Conseil Général de Lot-et-Garonne et du Conseil Régional d'Aquitaine.

Dans un second temps, les Chambres d'Agriculture de Dordogne, des Landes et des Pyrénées Atlantiques ont souhaité s'associer à cette dynamique, donnant un poids régional à l'action de la Chambre d'Agriculture de Lot-et-Garonne. Un programme d'action, établi pour la période 2007-2009, a alors été soumis au Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP), dans le cadre d'un appel à projet de la Mission Développement Agricole et Rurale (ex ANDA). Le MAP l'a jugé pertinent et novateur puisqu'il l'a retenu parmi plus de 170 dossiers initiaux.

2 TROIS AXES DE TRAVAIL

Ce projet prévoit le suivi de fermes de références produisant et utilisant à des fins énergétiques de la biomasse (huile végétale pure, bois, cultures spécifiques...) ou d'autres procédés d'économie d'énergie, en élevage par exemple (méthanisation, solaire). L'objectif est d'acquérir des données sur l'efficacité des systèmes mis en place, la qualité du matériel utilisé et des produits engendrés, les marges de progrès... Par exemple nous avons peu, voire pas de recul sur certaines presses à huile aujourd'hui utilisées par des agriculteurs.

Ce programme contient également un volet expérimental. La station horticole d'Hortis, basée à Ste Livrade, doit tester sur ses serres et celles du Lycée Agricole Etienne Restat, des techniques innovantes de chauffage. La gazéification de la biomasse ou encore la cogénération à partir d'huile végétale pure sont des pistes en cours de validation. La Chambre d'Agriculture de Lot-et-Garonne encadre également des essais de cultures à vocation énergétique avec le Lycée Agricole Armand Fallières de Nérac.

Le développement de filières de production de biomasse est le troisième axe fort de ce programme. Il prévoit la concertation avec les partenaires locaux (collectivités, entrepreneurs...) pour l'émergence de ces filières. Des réflexions ont déjà été engagées avec le Conseil Général, la Communauté de Communes du Fumélois-Lémance, ou encore avec les Pays d'Albret et de la Vallée du Lot. Le rôle du Pôle Energie est d'apporter une vision stratégique et prospective à ces partenaires, afin de fédérer et d'accompagner leurs initiatives.

3 DIFFUSER LES CONNAISSANCES

Enfin, la communication des résultats auprès des agriculteurs par le biais de formations, de forum ou encore du site Internet de la Chambre d'Agriculture, constitue une action à part entière du projet. Elle doit permettre l'appropriation de ces nouvelles

technologies et de ces nouvelles filières. Plus globalement, le grand public doit connaître les actions engagées par le secteur agricole pour améliorer son bilan énergétique et son impact sur l'effet de serre.

**** IFHVP : Institut Français des Huiles Végétales Pures, ADEME : Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie, CAUE : Centre d'Architecture d'Urbanisme et d'Environnement, CETIOM : Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux, CREOL : Centre de Recherche sur les Oléagineux, ITERG : Institut des Corps Gras, CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique et de Développement.***

PRODUIRE UNE HUILE VEGETALE DE QUALITE CARBURANT

Frédéric PERRIN

Ingénieur Environnement – Chargé de Projets

Tel : 06.03.15.74.71 - Fax : 08.21.16.86.16

perrin.institut@alinto.com ou etudes_et_projets@ifhvp.org

1 « POURQUOI INSISTER SUR LA QUALITE ? »

Depuis l'émergence de la filière courte de valorisation d'oléagineux à but carburant, s'est posée la question de la qualité de l'huile produite, afin de garantir à l'utilisateur la compatibilité avec sa motorisation. Cette démarche a été initiée afin de répondre aux attentes des constructeurs et motoristes, sur le développement des biocarburants, d'une façon générale.

Où l'on parle de qualité, il est nécessaire de comprendre développement et amélioration, et non contraintes qu'elles soient technique, économique ou autre. L'objectif d'une « démarche qualité » est donc d'accompagner les producteurs, afin de garantir l'adéquation du produit avec son utilisation. Car, s'il est simple de produire de l'huile, il est beaucoup plus complexe de produire une huile de qualité carburant et de maintenir cette qualité.

2 « QU'EST-CE QU'UNE HUILE VEGETALE DE QUALITE CARBURANT ? »

Pour qualifier une huile végétale carburant, les Allemands ont défini une norme (DIN 51605), seule référence actuellement en Europe, basée sur les paramètres physico-chimiques de l'huile. Cependant, suivant le matériel, les méthodes de travail, ou tout simplement l'environnement immédiat de l'unité de trituration, de très nombreux facteurs peuvent influencer sur la qualité de l'huile. Par exemple, le passage répété de véhicules à proximité de l'huile stockée peut engendrer sa contamination par des poussières ou d'autres particules. Cette pollution peut, si elle n'est pas identifiée et limitée, entraîner des problèmes en motorisation (imbrûlés, mauvaise combustion donc mauvais fonctionnement, encrassement...). Une huile végétale de qualité carburant ne peut être produite qu'en adaptant le système de production à tous ces éléments de contexte.

3 « COMMENT INFLUER SUR LA QUALITE ? »

Les phases clés sur lesquelles la réflexion doit être menée sont : la trituration, la filtration et le stockage. Pour chaque étape, il existe des techniques simples afin de limiter les risques de dégradation de la qualité. Par exemple :

stocker le grain dans un endroit sec et propre, à l'abri des nuisibles,

utiliser la presse dans un lieu dédié à l'activité, à l'écart de la poussière et de l'humidité,

suivant le système de filtration, travailler dans un lieu propre et sec, à l'abri de la poussière et mettre en place une filtration de sécurité à la distribution,

stocker l'huile filtrée dans des contenants propres dédiés, à l'abri de la lumière et de la poussière.

Afin d'encadrer de telles « démarches qualité », l'IFHVP a réalisé un travail essentiel, sous la forme d'un agrément de production, **Végétole®**. Par caractérisation de la filière de production, depuis le stockage de la graine, jusqu'à l'analyse de l'huile et du tourteau, cet agrément assure l'encadrement et le suivi de la production, tout en garantissant une huile végétale de qualité carburant, directement issue de la filière courte de valorisation.

Ainsi, l'IFHVP, renforcé par ses partenaires, est en mesure de permettre le développement technique et économique de la filière HVP, par la reconnaissance d'un système de production respectueux des bilans énergétiques, environnementaux et économiques.

LA METHANISATION : QUELS ROLES POUR L'AGRICULTURE ?

Xavier LEBRUN

EDEN

Tél: 05 34 56 93 07- Mail : eden@eden-enr.org

1 TRAITEMENT DES EFFLUENTS D'ELEVAGE

Hygiénisation : Dans le cas des systèmes de méthanisation continue, l'évacuation régulière des effluents des bâtiments permet de bien meilleures conditions d'élevage. De plus, la méthanisation permet une réduction importante des teneurs en germes pathogènes dans les lisiers et fumiers traités.

Désodorisation : Sur un effluent non traité, la décomposition non maîtrisée de la matière organique est génératrice d'odeurs. Dans le cas de la méthanisation, cette décomposition se fait en milieu étanche dans le digesteur. L'ensemble des gaz générés par les effluents sont captés et valorisés, il n'y a donc pas de production d'odeurs au niveau du site de stockage des effluents. Une fois traités, les lisiers et fumiers sont sous une forme stabilisée de la même façon qu'un compost mûr. Ainsi, l'épandage d'un effluent méthanisé ne génère pas d'odeurs.

Conservation de la valeur fertilisante : le digesteur et le stockage sont étanches. Le biogaz contient principalement du méthane et du dioxyde de carbone, on considère que la méthanisation permet de conserver la valeur fertilisante d'un effluent à la différence du compostage ou du stockage en fosse ouverte. La forme de l'azote est par contre modifiée lors de la méthanisation, il se trouve dans le digestat sous une forme fortement minéralisée (75% sous forme ammonium environ) et peut donc être facilement valorisé par les cultures sur lesquelles le digestat est épandu. Il n'y a pas de souci d'effet retard, tout comme avec un effluent non traité, contrairement au compost ou aux cultures brûlées.

2 SOURCE D'ENERGIE RENOUVELABLE :

Le composé énergétique du biogaz est le méthane (CH₄) comme pour le gaz naturel du réseau. Le méthane est ainsi le seul hydrocarbure utilisé couramment qui peut être obtenu directement sous forme renouvelable.

Ce biogaz peut avoir toutes sortes de valorisation.

Electricité : c'est le mode de valorisation le plus développé en Allemagne. En France, les groupes de cogénération installés jusqu'à présent ont des puissances entre 12 et 75 kW. Le prix de vente de l'électricité a été revalorisé cet été et il est maintenant attractif de 11 à 14 c€/kWh.

Chaleur : La chaleur générée par le groupe électrogène est récupérée et sert pour maintenir le digesteur à température (30 à 40°C). Il est avantageux de trouver une bonne utilisation de la chaleur notamment pour obtenir la prime à l'efficacité énergétique : chauffage d'habitations, de serres séchage du foin...

Biogaz carburant : Il est possible d'épurer le biogaz pour coller aux normes du gaz naturel, et lui trouver ainsi d'autres modes de valorisation. Il s'agit notamment de l'utilisation comme biogaz carburant une fois comprimé. La Suède et la Suisse sont très moteurs sur ce mode de valorisation. *E-on* leader allemand de la distribution électrique souhaite voir se développer l'injection de biogaz épuré dans le réseau afin de pouvoir réaliser la cogénération au plus près des besoins en électricité et chaleur.

Froid : il est aussi possible de générer du froid soit à partir du biogaz soit à partir de la chaleur du groupe, on parle alors de tri-génération. Nous n'avons pas encore identifié ce type d'équipement en secteur agricole mais d'un point de vue technique c'est tout à fait envisageable.

3 RECYCLAGE DE LA MATIERE ORGANIQUE :

En complément des effluents d'élevage, il est possible de digérer et valoriser de nombreux types de cosubstrats.

Il peut s'agir de cultures énergétiques dédiées sur des terres en jachère notamment. Les cultures

courantes sont le maïs, les prairies et le sorgho fourager ; elles sont ensilées et permettent d'obtenir l'équivalent énergétique de 3000 à 4000 L de combustible par hectare.

Il peut également s'agir de matière organique non actuellement valorisée dans les filières de transformation des productions agricoles et dont le traitement entraîne un coût important pour ces filières. Ces cosubstrats peuvent être très variés : refus de silos céréaliers, tontes de pelouses de collectivités, invendus de maraichage ou de supermarchés, pulpes de fruits et légumes d'usines de transformation, huiles végétales usagées et graisses d'atelier de découpe.

Ces produits ou sous-produits peuvent ainsi être traités et valorisés en méthanisation. Contrairement au compostage ou aux stations d'épuration, la méthanisation permet de récupérer l'énergie contenue dans cette matière organique. Elle est en même temps stabilisée en éléments structurants de type humus et il y a un retour au sol de matière organique de qualité.

4 NOUVEAUX REVENUS POUR L'EXPLOITATION :

En conclusion, la mise en œuvre d'une unité de méthanisation sur une exploitation agricole permet de générer des revenus substantiels qui sont de différentes formes :

- ⇒ Economie d'engrais
- ⇒ Vente d'énergie / économie de chauffage
- ⇒ Redevance de traitement de matière organique extérieure