



**HAL**  
open science

## Intérêt et faisabilité de la biodésinfection avec des brassicacees en maraichage sous abri

Laure Pares

### ► To cite this version:

Laure Pares. Intérêt et faisabilité de la biodésinfection avec des brassicacees en maraichage sous abri. Journées Techniques Nationales: Fruits & Légumes Biologiques, Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB). Paris, FRA.; Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB). Avignon, FRA.; Inter Bio Bretagne - Association Interprofessionnelle de la Filière Agrobiologique Bretonne (IBB). Rennes, FRA., Dec 2011, Rennes, France. 86 p. hal-02749171

**HAL Id: hal-02749171**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02749171>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Journées Techniques Nationales



# Fruits & Légumes Biologiques



**7 & 8 décembre 2011 à Rennes**



# SOMMAIRE

## SEANCES PLENIERES : MERCREDI 7 DECEMBRE

REGLEMENTATION RELATIVE A L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE GUIDE DES PRODUITS UTILISABLES EN AB .....	5
SEMENCES POTAGERES BIO : RESULTATS DES ENQUETES PRODUCTEURS .....	9
COMPLEMENT D'ENQUETE : DIAGNOSTIC DES DEMANDES DE DEROGATIONS EN SEMENCES POTAGERES .....	12
PLANTS FRUITIERS BIOLOGIQUES : COMMENT STIMULER L'OFFRE ET LA DEMANDE ? .....	15

## ATELIER MARAICHAGE : JEUDI 8 DECEMBRE

DES ENGRAIS VERTS EN MARAICHAGE : QUELQUES SUGGESTIONS.....	19
INSERTION D'ENGRAIS VERTS EN FERTILISATION DES CULTURES LEGUMIERES DE PLEIN CHAMP EN CONDITIONS BRETONNES.....	21
LES ENGRAIS VERTS SOUS ABRIS : CHOIX DES ESPECES ET ITINERAIRE CULTURAL .....	25
POTENTIEL DES ALLIEEES POUR LA DESINFECTIION DES SOLS.....	33
INTERET ET FAISABILITE DE LA BIOFUMIGATION AVEC DES BRASSICACEES EN CULTURES LEGUMIERES DE PLEIN CHAMP .....	37
INTERET ET FAISABILITE DE LA BIODESINFECTIION AVEC DES BRASSICACEES EN MARAICHAGE SOUS ABRI .....	42
ENGRAIS VERTS / BIOFUMIGATION : TRAVAUX EN COURS, INTERETS, LIMITES ET PERSPECTIVES..	47

## ATELIER ARBORICULTURE : JEUDI 8 DECEMBRE

MOISSISSURES, MYCOTOXINES ET LEURS BIOSYNTHESES: L'EXEMPLE DE LA PATULINE .....	52
LA PATULINE DANS LES POMMES ET LES PRODUITS A BASE DE POMMES.....	56
POTENTIELS DE PREDATION ET PARASITISME SUR ŒUFS DE CARPOCAPSE DU POMMIER DANS LA REGION D'AVIGNON.....	60
LA PRODUCTION CIDRICOLE ET SES SINGULARITES.....	61
RECHERCHE DE SOLUTIONS EN VERGER DE POMME A CIDRE AB EN NORMANDIE : D'UNE DEMARCHE THEMATIQUE A UNE APPROCHE SYSTEME .....	63
VARIETE DES CYCLES BIOLOGIQUES CHEZ LES PUCERONS DES ARBRES FRUITIERS .....	67
LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION EN VERGER : UN RAISONNEMENT A L'ECHELLE DU PAYSAGE.....	71
CULTURES ASSOCIEES ET CONTROLE DES POPULATIONS DE PUCERONS, MECANISMES ET PERSPECTIVES.....	76

## FORUMS THEMATIQUES : JEUDI 8 DECEMBRE

TRANSFORMATION DES LEGUMES BIO .....	83
CALENDRIER DES PERIODES INDICATIVES DE PREMIERE MISE EN MARCHÉ DES VARIETES DE POMMES ET POIRES BIOLOGIQUES.....	85



# **SEANCES PLENIERES**

**MERCREDI 7 DECEMBRE**

**9h30**



# REGLEMENTATION RELATIVE A L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE GUIDE DES PRODUITS UTILISABLES EN AB

**Xavier LANGLET**

*Expert Référent National DGAL/SDQPV  
Agriculture Biologique et Méthodes Alternatives*

*DRAAF/SRAL Bretagne  
15 avenue de Cucillé 35047 RENNES Cedex 9*

## INTRODUCTION

L'utilisation, la mise sur le marché et la distribution des produits phytopharmaceutiques sont conditionnées au respect des réglementations communautaires et nationales. A ce titre, une spécialité commerciale (= produit) ne peut être utilisée que si sa ou ses substance(s) active(s) est(sont) autorisée(s) au niveau européen (inclusion au Règlement d'Exécution (UE) n°540/2011 du 25 mai 2011, remplaçant l'Annexe I de la Directive 91/414/CE) et que cette dernière possède une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) au niveau national (article L.253-1 du code rural et de la pêche maritime). L'AMM est accordée à une spécialité pour un usage précis, des doses d'utilisation indiquées, un mode d'application et d'éventuelles conditions particulières d'emploi.

Dans le cadre de l'Agriculture Biologique, les produits utilisés doivent, en outre, répondre aux exigences de la réglementation dite « Agriculture Biologique » (RCE n°834/2007 et RCE n°889/2008). Ces derniers ne doivent contenir que des substances actives listées à l'Annexe II du RCE n°889/2008 du 5 septembre 2008.

On constate aujourd'hui une dissymétrie entre le dispositif de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et le RCE n°889/2008. Ainsi, plusieurs substances actives listées au règlement de l'Agriculture Biologique ne sont pas autorisées au niveau communautaire (Règlement d'Exécution (UE) n°540/2011), et *de facto*, ne peuvent pas incorporer des spécialités commerciales autorisées sur le territoire national. L'exemple actuel du Quassia (*Quassia amara*) illustre cette situation.

Le développement mais également la pérennisation de l'Agriculture Biologique passent par le déploiement de moyens de protection des cultures compatibles avec les exigences de la réglementation « Agriculture Biologique » tout en répondant aux conditions réglementaires communautaires et nationales de mise sur le marché des intrants.

Ce développement passe également par la nécessité de mettre à la disposition des utilisateurs des outils adaptés d'aide à la décision comme un guide des intrants utilisables dans le cadre de l'Agriculture Biologique.

## **1 GUIDE DES INTRANTS UTILISABLES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

Dans sa version actuelle, le guide recense l'ensemble des produits phytopharmaceutiques utilisables dans le cadre de l'Agriculture Biologique. Une seconde phase de développement pourrait s'intéresser aux Matières Fertilisantes et Supports de Cultures (MFSC) utilisables dans le cadre de l'Agriculture Biologique, afin de permettre aux acteurs d'avoir à disposition un guide « Intrants » complet.

Contrairement à l'annexe II du RCE n°889/2008 listant les molécules utilisables en Agriculture Biologique par rubriques d'origine et/ou d'historiques d'utilisation, le guide classe les spécialités utilisables par types d'actions et cibles (Insecticides/Acaricides, Molluscicides, Fongicides, Répulsifs, Systèmes de pièges et de confusion, autres). Chaque type reprend les molécules ayant le statut de substances actives, et donc incluses au Règlement d'Exécution (UE) n°540/2011 puis détaille les spécialités commerciales correspondantes (disposant d'une AMM). Une colonne « Observations » complète le document si certaines contraintes d'utilisation existent dans le cadre de l'agriculture biologique.

Ce guide prend donc la forme d'un catalogue (mis en ligne sur le site de l'INAO sous format .PDF et téléchargeable) et liste l'ensemble des spécialités commerciales utilisables. Ces dernières sont mises en relation par lien hypertexte avec la base de données « e-phy » (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>) du Ministère en charge de l'agriculture, permettant de reprendre par un simple lien la fiche actualisée du produit correspondant (usages, doses, conditions particulières d'emploi, ...). Outre une grande facilité d'utilisation, cela permet de garantir une mise à jour du guide en temps réel sur les produits inscrits au guide.

Une actualisation régulière avec les nouvelles spécialités commerciales arrivant sur le marché et les spécialités en retrait du marché sera cependant nécessaire pour garantir l'adéquation et l'exhaustivité du document avec les évolutions réglementaires et techniques.

Le guide est accessible sur le site de l'INAO (Institut national de l'origine et de la qualité) à l'adresse suivante :

[http://www.inao.gouv.fr/repository/editeur/pdf/GUIDES\\_et\\_NT/111012\\_GUIDE\\_INTRANTS.pdf](http://www.inao.gouv.fr/repository/editeur/pdf/GUIDES_et_NT/111012_GUIDE_INTRANTS.pdf)

## **2 EVOLUTIONS REGLEMENTAIRES**

### **2.1. Evolutions d'ordre général**

L'évolution générale de la réglementation, tant au niveau communautaire que national, s'oriente favorablement vis-à-vis du développement de solutions de protection des végétaux alternatives aux solutions de synthèse et en particulier de la promotion de l'Agriculture Biologique.

Ainsi, le Règlement (CE) n°1107/2009 du 21 octobre 2009, est entré en application le 14 juin 2011 (article 14) et abroge la Directive 91/414/CE. Ce Règlement, d'application directe, introduit les notions de substance active (article 22) et de produit phytopharmaceutique (article 47) à faibles risques, et explicite la notion de substance de base (article 23).

De même, la Directive 2009/128/CE du 21 octobre 2009, « *instaurant un cadre d'action permettant une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable* », fait la promotion des méthodes non chimiques de protection des cultures et notamment de l'Agriculture Biologique (article 14). Cette dernière établit des principes généraux en matière de lutte intégrée contre les ennemis des cultures (Annexe III) en faisant la promotion des moyens de prévention des organismes nuisibles et par la mise en place de méthodes biologiques, physiques et d'autres méthodes non chimiques pour le contrôle des ennemis des cultures.

Au niveau national, le plan d'action « Agriculture Biologique : Horizon 2012 », présenté en septembre 2007 par le Ministre en charge de l'Agriculture M. Michel Barnier, vise à répondre à l'engagement d'un triplement des surfaces consacrées à l'agriculture biologique d'ici 2012 (passage de 2 % à 6 % de la surface agricole française). Parmi les 5 axes déclinés, une meilleure prise en compte des spécificités de l'agriculture biologique et de ses pratiques culturelles respectueuses de l'environnement doit être opérée tant au niveau national que communautaire.

De même, le plan « Ecophyto 2018 » a pour objectif une diminution de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (de synthèse) et de mettre à disposition des utilisateurs des intrants favorables à cette diminution (engagement n° 126), tout en facilitant la mise sur le marché des produits alternatifs, notamment de biocontrôle (Axe 2 - Fiche Action 17B).



Ces axes ont été complétés par la mise en place et la réalisation d'une mission parlementaire par le député M. Antoine Herth de fin 2010 à début 2011.

## 2.2. Le dispositif PNPP (Préparations Naturelles Peu Préoccupantes)

Le Décret du 23 juin 2009 (publié au JORF du 25 juin 2009), suivi de son arrêté d'application du 8 décembre 2009 (publié au JORF du 13 décembre 2009), définissent les Préparations Naturelles Peu Préoccupantes et détaillent la procédure simplifiée dont elles bénéficient pour leur mise sur le marché. Les éléments naturels considérés doivent néanmoins être inclus, ou faire l'objet de procédures d'inclusion, au Règlement d'Exécution (UE) n°540/2011 pour être utilisés dans le cadre du dispositif PNPP. Ces inscriptions garantissent l'évaluation (notamment d'un point de vue toxicité et écotoxicité) des molécules considérées.

L'arrêté du 18 avril 2011 autorisant la mise sur le marché du purin d'ortie en tant que préparation naturelle peu préoccupante à usage phytopharmaceutique (sous la dénomination PNPP n°2011-01) est paru au JORF du 28 avril 2011. Ce dernier fournit en annexe la recette de fabrication, les ingrédients, les utilisations préconisées, les conditions d'emploi et de conservation du purin d'ortie.

En complément, la Note de Service DGAL/SDQPV/N2011-8095 du 18 avril 2011 (publique et adressée en outre aux professionnels du secteur phytopharmaceutique) précise une liste de référence des éléments naturels à partir desquels sont susceptibles d'être élaborées les préparations naturelles peu préoccupantes à usage phytopharmaceutique. Cette note contient la liste indicative et évolutive des éléments naturels à partir desquels sont susceptibles d'être déposées des demandes d'autorisation de mise sur le marché de préparations naturelles peu préoccupantes à usage phytopharmaceutique selon la procédure simplifiée prévue par le décret n°2009-792 du 23 juin 2009 et l'arrêté du 8 décembre 2009 relatifs à la procédure simplifiée d'autorisation de mise sur le marché de préparations naturelles peu préoccupantes à usage phytopharmaceutique. Cette liste est donnée à titre indicatif et n'est pas exhaustive. Elle a vocation à évoluer en tant que de besoin, en particulier en tenant compte de l'évolution des connaissances. Cette liste est articulée en deux volets :

- Partie A ; comprenant les parties de plantes comestibles utilisées en alimentation humaine susceptibles d'être assimilées à des substances de base au titre de l'article 23 du Règlement (CE) 1107/2009.
- Partie B ; comprenant les parties de plantes comestibles non utilisées en alimentation humaine.

## 2.3. De nouvelles Substances Actives à disposition

La réalisation du guide des intrants utilisables en Agriculture Biologique (partie produits phytopharmaceutiques) a permis d'établir un état des lieux actualisé et exhaustif des substances actives incluses au Règlement d'Exécution (UE) n°540/2011 (c'est-à-dire autorisées) et pour lesquelles des spécialités commerciales sont disponibles sur le marché (AMM) à la date 22 juin 2011.

## 2.4. Développement de moyens de biocontrôle : la réalisation d'une mission parlementaire

La mission parlementaire menée auprès du Ministre en charge de l'agriculture et confiée à M. Antoine Herth (Décret du 28 septembre 2010 JORF 29 septembre 2010) a rendu en avril 2011 un rapport (public) au Premier Ministre portant sur 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. L'agriculture biologique et le développement de solutions phytopharmaceutiques « bio-compatibles » sont priorisés parmi les recommandations énoncées portant sur le bio-contrôle.

Sur la base des recommandations de ce rapport, une feuille de route a été diffusée. Cette dernière comprend 12 mesures retenues par le Ministre Bruno Le Maire et seront mises en œuvre dans les deux prochaines années.

#### 2.5. Développement de moyens de biocontrôle : le cas de l'utilisation des macro-organismes non-indigènes au territoire national (Lutte Biologique et PBI)

Le développement des moyens de biocontrôle (produits et substances d'origine naturelle, médiateurs chimiques, micro-organismes et macro-organismes) doit être accompagné d'un encadrement, garant d'une sécurisation de ces méthodes tant au niveau de l'utilisateur, du consommateur que de l'environnement.

La distribution et l'utilisation des produits d'origine naturelle, des médiateurs chimiques et des micro-organismes sont encadrées par la réglementation communautaire et nationale relative aux produits phytopharmaceutiques. Par contre, l'état des lieux portant sur l'introduction et l'utilisation des macro-organismes dans le cadre de la protection des végétaux (lutte biologique, protection biologique et intégrée) montre l'absence d'encadrement et de réglementation adaptés. Dans un contexte de promotion de ces méthodes, de demande sociétale et d'attente des utilisateurs, il est primordial d'accompagner ces moyens par la mise en place d'un dispositif assurant une sécurisation notamment environnementale de ces dernières.

La Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement pour l'environnement (publiée au JORF du 13 juillet 2010) ajoute un Chapitre VIII au titre V du livre II du code rural et de la pêche maritime sous l'intitulé « *Macro-organismes non indigènes utiles aux végétaux, notamment dans le cadre de la lutte biologique* » (articles L.258-1 et L.258-2). Le champ d'application de ce dispositif concerne les macro-organismes utiles aux végétaux, comprenant à la fois les auxiliaires et les organismes pollinisateurs. Il vise à mettre sous autorisation préalable l'entrée sur le territoire et l'introduction dans l'environnement des macro-organismes non indigènes. Cette autorisation prendra la forme d'un arrêté interministériel conjoint des Ministères en charge de l'Agriculture et de l'Environnement.

Un décret, actuellement en Conseil d'Etat, précise les modalités d'application de ce nouveau dispositif. Ce texte pose, au préalable, un certain nombre de définitions (macro-organisme, non indigène, territoire, utiles aux végétaux, environnement). L'entrée sur le territoire et l'introduction dans l'environnement des macro-organismes non indigènes seront soumises à autorisation préalable conditionnée à une analyse de risque phytosanitaire et environnemental, incluant l'impact de l'organisme en question sur la biodiversité. Dans le cadre de demande d'autorisation d'importation sur le territoire de macro-organismes non indigènes pour des travaux à des fins scientifiques et sans lâcher dans l'environnement, il est prévu une procédure accélérée, non soumise systématiquement à une évaluation du risque phytosanitaire et environnemental. Cette autorisation sera cependant conditionnée au respect des mesures de confinement adaptées, définies préalablement pour la circulation, la détention et l'étude du ou de(s) macro-organisme(s) importé(s).

# SEMENCES POTAGERES BIO : RESULTATS DES ENQUETES PRODUCTEURS

**Frédéric Rey et Nicolas Sinoir (ITAB)**  
Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB),  
149 rue de Bercy – 75595 Paris cedex 12  
[frederic.rey@itab.asso.fr](mailto:frederic.rey@itab.asso.fr)

## RESUME

De vastes enquêtes ont été réalisées récemment par l'ITAB, afin de déterminer, d'une part, quels types de semences et de variétés sont cultivés par les producteurs de légumes biologiques, et d'autre part, quel est leur taux de satisfactions vis à vis ces semences.

Il s'agissait d'abord d'une enquête qualitative par téléphone, réalisée en 2010 auprès d'un panel représentatif (60 enquêtes) et dans le cadre du projet européen Solibam financé par la Communauté Européenne (FP7). Celle-ci a été complétée en 2011, par une enquête Internet quantitative, diligentée dans le cadre d'un programme national CASDAR piloté par l'Agence Bio et financé par le ministère de l'Agriculture. Cette enquête Internet a été lancée en juin 2011 pour une durée d'un mois<sup>1</sup>. Tous les producteurs biologiques notifiés ont été invités à y participer par courrier électronique. Les principaux résultats sont présentés ici.

Ces travaux permettent de dégager une bonne image de la réalité dans la mesure où près de **20% des producteurs de légumes biologiques français y ont contribué** (720 contributions Internet parmi 3780 producteurs de légumes frais bio, Chiffres Clés Agence Bio 2009).

Les résultats montrent d'abord que la plupart de ces producteurs approvisionnent **les circuits courts de distribution** (79% des répondants, voir la fig. 1). Il s'agit surtout de maraichers diversifiés qui cultivent, par ferme, environ 2ha de légumes (fig. 2) et près de 70 variétés différentes (fig. 3). Les 12% de producteurs fournissant principalement les **circuits longs de distribution** sont des légumiers plus spécialisés, avec par ferme, près de 11 ha de légumes (fig. 2) et en moyenne 26 variétés différentes (fig. 3). Il apparaît ainsi que le débouché commercial conditionne le système de production et qu'il a un impact significatif, tant sur les surfaces de légumes cultivées, que sur le nombre d'espèces et de variétés. D'une manière générale, plus de la moitié des producteurs fait appel à un **pépiniériste** au moins pour une partie ses transplants de légumes (53% des répondants, fig. 4). Cela met en évidence le rôle clé que joue le pépiniériste tant dans le choix des variétés que dans le choix d'utiliser une semence biologique... ou pas ! Ces acteurs seront donc à considérer avec attention pour toute action visant à stimuler l'offre ou l'utilisation de semences biologiques.

Devant l'évolution constante du nombre de dérogation pour des semences conventionnelles non traitées (après récolte), il était important de pouvoir déterminer le **taux d'utilisation de semences biologiques** ainsi que l'évolution de ce taux durant les trois dernières années. A la lueur des résultats, il apparaît d'abord que neuf producteurs sur dix sont convaincus de l'intérêt d'utiliser des semences biologiques pour la cohérence de la filière biologique (fig. 5). Cette volonté se transforme d'ailleurs en actes, car, au cours des trois dernières années : l'utilisation de semence bio a augmenté pour 43% d'entre eux ; et pour 44% des répondants n'ont même utilisé que des semences biologiques, ce qui est considérable compte-tenu du nombre de variétés qu'ils utilisent (fig. 6). Ainsi, pour seulement 13% des producteurs, l'utilisation de semences biologique n'a pas augmenté depuis 2009.

---

<sup>1</sup> D'autres enquêtes du même type ont également été réalisés en parallèle, sur les semences de grandes cultures (enquête Gnis), sur les semences de population (enquête Fnab) et sur les différentes sortes de plants (enquêtes Grab).

D'une manière générale, les producteurs de légumes biologiques déclarent être des utilisateurs intensifs de semences bio. En effet, 82% des répondants disent utiliser des semences biologiques pour plus des trois-quarts de leurs semences (fig. 7). Néanmoins, il faut aussi souligner que 10% des producteurs ont utilisé des semences bio pour moins de la moitié de leurs graines. Ainsi, même si la situation est plutôt positive, des marges de progrès sont encore possibles.

Maintenant, si comme nous venons de le voir, la plupart de ces producteurs utilisent, par conviction, bon nombre des semences bio, **sont-ils satisfaits de la gamme de semences biologiques qui leur est proposée?**

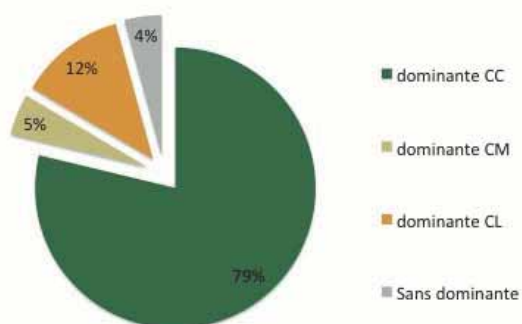
A ce niveau de l'enquête, les résultats sont plus mitigés et varient grandement d'une espèce à l'autre. Le taux de satisfaction est plutôt bon pour les betteraves et les laitues (80% de satisfaction, fig. 8). En revanche, avec « seulement » 60% de satisfaction, il est beaucoup plus mitigé pour des espèces telles que le brocoli ou le melon. Ce sont d'ailleurs les deux espèces pour lesquelles le taux d'utilisation de semences biologiques a le plus diminué au cours des trois dernières années. La situation n'est guère meilleure pour le chou fleur, l'oignon ou le radis.

En conclusion sur ces enquêtes auprès des producteurs de légumes bio français, il ressort que la **disponibilité et l'utilisation de semences bio se sont réellement améliorées** au cours des trois dernières années. Une très grande majorité de ces producteurs utilise volontiers des semences biologiques. Pourtant, leurs besoins ne sont que partiellement satisfaits, avec des taux de satisfactions plutôt moyens pour de nombreuses espèces. Il existe ainsi un réel besoin en variétés adaptées : des programmes d'amélioration variétale sont nécessaires, en particulier pour le brocoli, le melon, le chou fleur, l'oignon et le radis. Des progrès sont également possibles pour les 10% de producteurs qui restent peu convaincus de l'intérêt des semences biologiques.

Parallèlement à ces enquêtes, un travail complémentaire d'analyse de l'offre et des dérogations a été réalisé par le GRAB. Au cours des prochaines semaines, ces travaux seront synthétisés et croisés avec ceux réalisés par les partenaires dans les autres filières. Ils permettront de mettre en place un plan d'action concerté, visant à stimuler encore davantage l'utilisation et l'offre en semences biologiques.

**Figure 1 – Principaux circuits de commercialisation parmi les répondants**

La plupart des producteurs de légumes bio approvisionnent les circuits courts de distribution

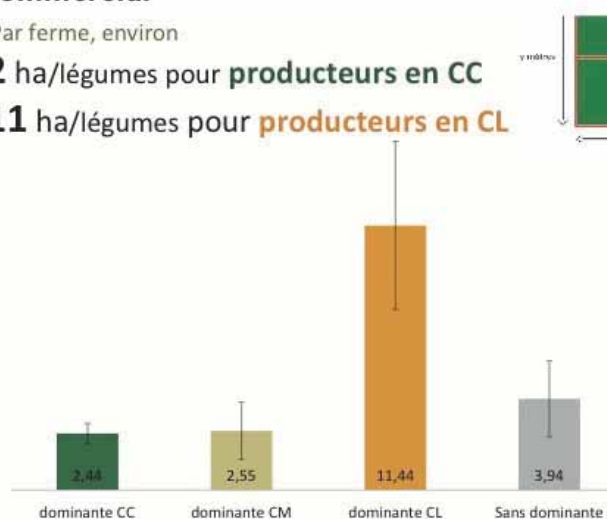


**Figure 2 – Surface en légumes bio par ferme, selon le type de débouché commercial**

Par ferme, environ

**2** ha/légumes pour **producteurs en CC**

**11** ha/légumes pour **producteurs en CL**

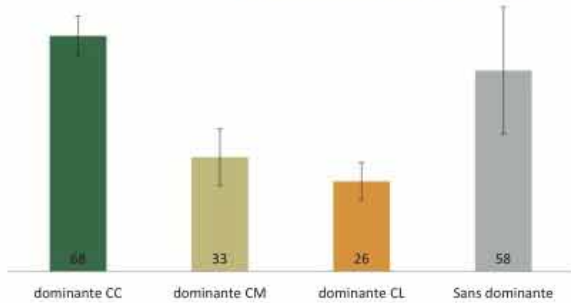


**Figure 3 – Nombre de variété de légumes bio par ferme, selon le type de débouché commercial**

environ

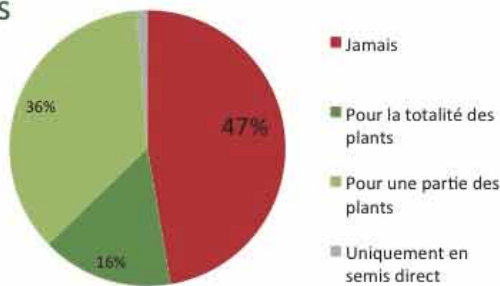
**70** variétés/ferme pour Producteurs en CC

**26** variétés/ferme pour **Producteurs en CL**



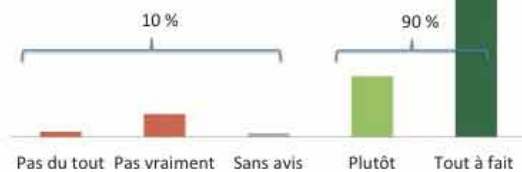
**Figure 4 – Part de producteurs faisant appel à un pépiniériste**

Plus de la moitié des producteurs bio fait appel à un **pépiniériste** pour ses plants de légumes



**Figure 5 – Importance de l'utilisation de semences biologique pour la cohérence de la filière bio**

**90 %** des producteurs veulent utiliser des semences biologiques

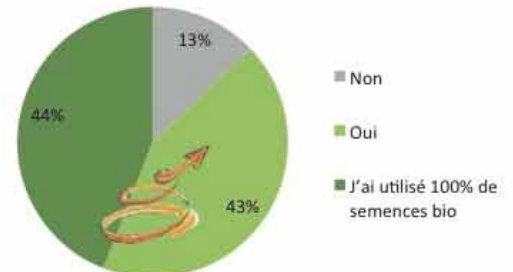


Trouvez-vous importante l'utilisation de semences multipliées en bio pour la cohérence de la production en AB?

**Figure 6 – Evolution du taux d'utilisation de semences bio au cours des trois dernières années**

Ces 3 dernières années

... leur utilisation de semences bio a **augmentée**  
... **44 %** n'ont utilisé **que** des semences bio

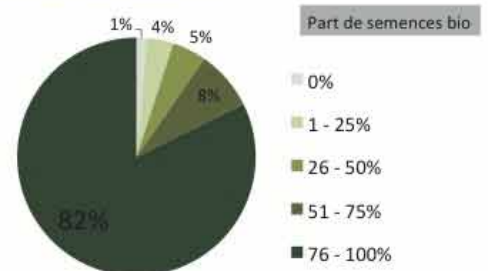


Votre utilisation de semences multipliées en bio a-t-elle augmenté ces 3 dernières années?

**Figure 7 – Part d'utilisation de semences bio**

**82%** des producteurs bio sont des utilisateurs intensifs de semences bio

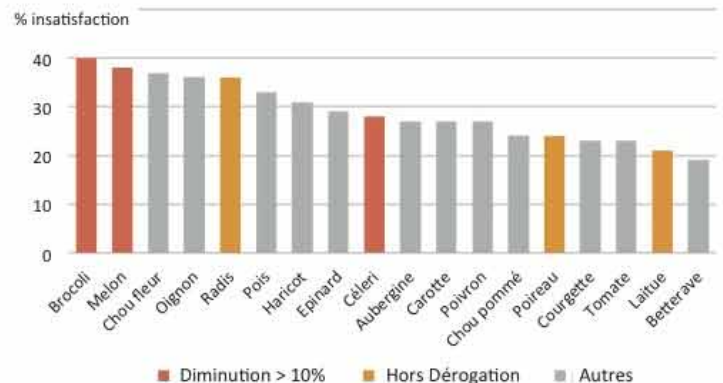
(plus de 3/4 de leur semences)



**Figure 8 – Taux de mécontentement vis à vis de la gamme disponible en bio**



**Taux de mécontentement vis à vis de la gamme variétale disponible en bio pour quelques espèces phares de légumes (2010)**



# COMPLEMENT D'ENQUETE : DIAGNOSTIC DES DEMANDES DE DEROGATIONS EN SEMENCES POTAGERES

**Catherine MAZOLLIER**

Groupement de Recherche en Agriculture Biologique  
[catherine.mazollier@grab.fr](mailto:catherine.mazollier@grab.fr)

## **1 SOCIETES DE SEMENCES POTAGERES COMMERCIALISANT DES SEMENCES BIOLOGIQUES ET/OU CONVENTIONNELLES EN GAMME PROFESSIONNELLE**

Suite à un état des lieux de l'offre en semences biologiques par les sociétés et après sondage auprès d'elles, on peut classer les sociétés de semences potagères en 4 groupes selon leur position par rapport à la commercialisation de semences biologiques :

### **→ Sociétés commercialisant exclusivement des semences biologiques :**

Ces sociétés proposent uniquement ou essentiellement des variétés populations (pas ou peu de variétés hybrides), souvent en petit conditionnement, avec une gamme stable ou en développement selon les sociétés : Agrosemens, Biaugerme, Bio graines d'antan, Essembio, Ferme Ste Marthe, Germinance, Graines Delpaïs.

### **→ Sociétés commercialisant surtout des semences conventionnelles, et ayant développé une gamme de semences biologiques pour une partie de leur gamme (obteneurs ou distributeurs) :**

ces sociétés proposent essentiellement des variétés hybrides F1, plus rarement des variétés populations, souvent en grand conditionnement. La place des semences biologiques dans la gamme est déjà importante pour les sociétés suivantes (nombreuses espèces et variétés proposées) : Atypyc, Bejo, Ducrettet, Enza/vitalis, Fabre, Gautier, Rijk Zwaan et Voltz. En revanche, la gamme est encore limitée (mais avec des perspectives de progression annoncées) pour Clause, Girerd, Vilmorin.

### **→ Sociétés commercialisant uniquement des semences conventionnelles, avec des perspectives de semences biologiques à moyen terme : Nunhems et Sakata.**

### **→ Sociétés commercialisant uniquement des semences conventionnelles, sans perspectives de semences biologiques : De Ruitter et Seminis (Monsanto), Syngenta Seed.**

Société	coordonnées
<b>1 - Sociétés commercialisant exclusivement des semences biologiques :</b>	
<b>Agrosemens</b>	<a href="http://www.agrosemens.com">www.agrosemens.com</a>
<b>Biaugerme</b>	<a href="http://www.biaugerme.com">www.biaugerme.com</a>
<b>Bio Graines d'antan</b>	<a href="http://biograinesdantan.com">biograinesdantan.com</a>
<b>Essembio</b>	<a href="http://www.essembio.com">www.essembio.com</a>
<b>Ferme Ste Marthe</b>	<a href="http://www.fermedesaintemarthe.com">www.fermedesaintemarthe.com</a>
<b>Germinance</b>	<a href="http://www.germinance.com">www.germinance.com</a>
<b>Graines Delpaïs</b>	<a href="http://www.grainesdelpais.com">www.grainesdelpais.com</a>

<b>2 -Sociétés commercialisant des semences conventionnelles, et proposant des semences biologiques pour une partie de leur gamme :</b>	
<b>Gamme large : nombreuses espèces et variétés</b>	
<b>Atypyc</b>	<b>www.atypyc.fr</b>
<b>Bejo</b>	<b>www.bejo.fr</b>
<b>Ducrettet</b>	<b>ducrettet@ducrettet.com</b>
<b>Enza et Vitalis</b>	<b>www.enzazaden.fr</b>
<b>Fabre</b>	<b>www.fabre-graines.com</b>
<b>Gautier</b>	<b>www.gautiersemences.com</b>
<b>Rijk Zwaan</b>	<b>www.rijkszwaan.fr</b>
<b>Voltz</b>	<b>www.grainesevoltz.com</b>
<b>Gamme assez restreinte : quelques espèces et variétés</b>	
<b>Clause</b>	<b>www.clause-vegseeds.com</b>
<b>Girerd</b>	<b>www.graines-girerd.com</b>
<b>Vilmorin</b>	<b>www.vilmorin.com/francais.asp</b> <b>x</b>
<b>3-Sociétés commercialisant uniquement des semences conventionnelles, avec des perspectives de semences biologiques à moyen terme :</b>	
<b>Nunhems</b>	<b>www.nunhems.com</b>
<b>Sakata</b>	<b>www.sakata-eu.com</b>
<b>4 - Sociétés commercialisant uniquement des semences conventionnelles, sans perspectives de semences biologiques :</b>	
<b>De Ruiter et Seminis (groupe Monsanto)</b>	<b>www.monsanto.fr</b>
<b>Syngenta Seed</b>	<b>www.sg-vegetables.com</b>

Lors de la consultation des sociétés de semences qui proposent peu ou pas de semences biologiques (groupes 2 à 4), les freins au développement de cette gamme sont notamment :

- marché insuffisant ;
- système de dérogation qui permet encore de recourir facilement à des semences biologiques ;
- difficulté de trouver des agriculteurs multiplicateurs certifiés en AB et compétents ;
- problèmes techniques rencontrés en cultures (production de semences en bisannuelles notamment) : maîtrise des plantes adventices, problèmes sanitaires ...
- qualité des semences inférieure : germination parfois inférieure, qualité sanitaire (peu de moyen de désinfection des semences) ;

## **2 DIAGNOSTIC DES PRINCIPALES ESPECES CONCERNEES PAR LES DEMANDES DE DEROGATION**

Sur les 57 références que comporte la liste des potagères, 23 espèces ont été retenues, qui correspondent aux espèces pour lesquelles plus de 500 demandes de dérogation ont été réalisées de 2007 à 2010, et pour lesquelles les demandes sont stables ou en progression.

Pour ces espèces, les éléments suivants sont évalués :

- présentation des variétés et types variétaux cultivées dans l'espèce ;

- principales motivations concernant la demande de dérogations pour ces variétés (adaptation créneau, tolérance maladies, ravageurs, montaison ...)
- bilan des dérogations de 2007 à 2010 : nombre total de dérogations et évolution de 2007 à 2010, nombre de variétés dérogées et quantités de graines « dérogées », liste des variétés les plus « dérogées », nature des obtenteurs et perspective à court ou moyen terme pour la disponibilité en semences biologiques ;
- situation en 2010 ;
- évolution en 2011 ;
- perspectives à long terme ;

### **23 espèces choisies : nombre dérogations > 500 de 2007 à 2010**

	ESPECES	Nombre de demandes de dérogation					Nombre de variétés différentes demandées					Nombre de variétés disponibles en distribution						Nombre de fournisseurs en distribution					
		07	08	09	10	07 10	07	08	09	10	07 10	<07	07	08	09	10	<11	<07	07	08	09	10	<11
1	AIL (PLANTS)	134	190	163	453	940	21	31	25	30	36	7	6	7	8	5	10	4	5	5	5	2	7
2	AUBERGINE	271	337	407	429	1444	26	28	28	27	40	10	9	11	11	10	13	7	7	8	8	9	10
3	BETTERAVE ROUGE	97	146	219	262	724	15	15	18	19	23	12	10	10	12	13	17	10	9	8	11	11	14
4	BROCOLI	112	126	164	238	640	12	13	14	18	28	3	2	2	6	6	7	2	2	2	3	6	6
5	CAROTTE	306	390	440	500	1636	36	43	42	48	73	37	34	35	35	38	45	12	10	8	11	13	16
6	CHOU CABUS	112	111	167	150	540	34	35	43	37	62	21	18	20	25	26	30	6	6	7	7	10	11
7	CHOU DE MILAN	185	206	262	235	888	27	24	25	21	39	9	9	9	14	15	15	8	6	6	8	9	10
8	CHOU FLEUR	586	815	943	1276	3620	86	95	102	111	146	13	11	9	11	12	16	5	4	4	4	7	9
9	COURGE	156	250	222	285	913	65	97	71	73	148	25	25	25	29	31	35	17	17	20	21	25	27
10	COURGETTE	352	428	590	702	2072	40	31	34	38	61	19	20	24	25	29	31	11	9	10	11	14	15
11	EPINARD	96	203	218	213	730	14	14	19	20	31	13	12	12	12	12	19	9	8	8	7	8	10
12	HARICOT	502	448	537	604	2091	75	68	90	99	143	29	26	28	29	30	36	8	7	7	8	11	12
13	LAITUE	690	910	1014	861	3475	112	118	122	130	261	161	147	173	159	164	266	11	9	10	10	14	16
14	MACHE	160	141	182	240	723	12	15	16	16	23	9	9	10	9	10	13	6	6	7	7	9	10
15	MELON	171	270	391	477	1309	27	35	48	45	70	20	21	22	20	20	31	10	10	11	12	13	13
16	NAVET	112	115	165	241	633	22	25	27	31	45	8	5	6	6	7	11	7	6	7	8	9	11
17	OIGNON (PLANTS)	133	183	264	290	870	24	26	30	35	58	8	3	3	2	5	11	5	2	2	2	5	9
	OIGNON (SEMENCES)	235	232	411	419	1297	33	25	45	38	67	27	27	26	30	38	41	9	9	9	8	11	12
18	PANAIS	109	128	173	182	592	9	8	7	11	16	5	2	3	5	8	11	5	2	3	4	8	10
19	PIMENT ET POIVRON	249	310	474	472	1505	48	47	63	64	98	18	17	22	28	28	31	7	7	9	9	11	12
20	POIREAU	87	92	167	186	532	26	28	31	31	49	29	27	29	25	24	35	12	10	11	11	13	15
21	POIS	305	293	343	346	1287	37	39	37	38	58	10	8	10	10	11	14	7	6	6	5	8	11
22	RADIS	446	475	724	910	2555	35	44	44	44	62	24	19	19	17	16	28	9	9	9	10	11	13
23	TOMATE	611	861	1501	1808	4781	111	121	150	184	248	48	45	47	54	65	75	11	11	12	12	15	16



# PLANTS FRUITIERS BIOLOGIQUES : COMMENT STIMULER L'OFFRE ET LA DEMANDE ?

**F. Warlop, JF. Lizot**

Groupe de Recherche en Agriculture Biologique  
Francois.warlop@grab.fr

## RESUME

En cultures pérennes, les agriculteurs ont depuis 2004 une dérogation d'office pour acheter du matériel végétal produit en mode conventionnel, et produire ensuite en AB. Ceci est essentiellement lié au fait que l'offre est à ce jour très parcellaire, et ne peut répondre en permanence aux besoins diversifiés (en variétés et porte-greffe) de la profession. Cette dérogation a coupé court au développement de la filière des plants biologiques, et à l'expérimentation pour acquérir des références à la fois techniques (identifier les pratiques les plus pertinentes en pépinières) et économiques (mieux approcher le surcoût d'un plant biologique, en fonction des itinéraires adoptés).



**Figure 1 - Expérimentation de paillage biodégradable et de bande fleurie en pépinière fruitière (GRAB)**

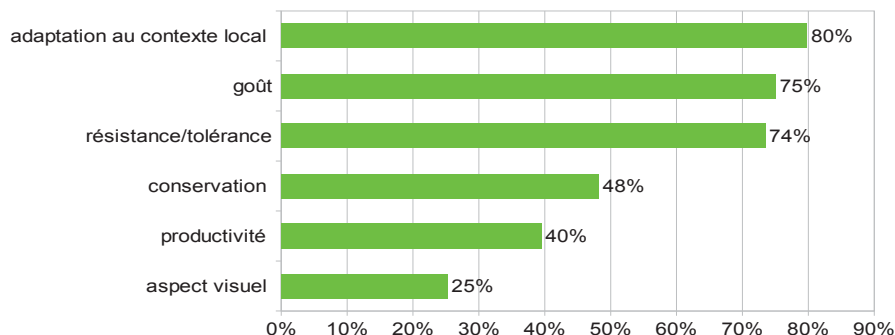
Le programme porté par l'Agence Bio en 2011, et soutenu par le Ministère de l'Agriculture, a notamment permis de lancer une vaste enquête par internet auprès des "utilisateurs de plants", afin de mieux connaître leurs attentes pour faire évoluer la filière. Simultanément, des enquêtes téléphoniques ont été menées auprès de producteurs de plants (installés en AB, en conventionnel ou anciennement en AB) afin de les questionner sur leurs motivations, leurs besoins en terme de recherche, leur analyse de la situation actuelle.

Le taux de retour des arboriculteurs a été relativement faible (7%, soit 253 réponses), à comparer à un taux de retour de 19% en viticulture. Ceci témoigne d'un intérêt modéré de la profession à faire évoluer la situation actuelle : si 38% des producteurs déclarent "*trouver tout-à-fait importante l'utilisation de plants bio pour la cohérence de la production biologique*", ils sont 80% à "*trouver l'offre [en plants biologiques] non satisfaisante*" à ce jour :



Les attentes en terme de caractéristiques pour l'agriculture biologique sont en effet sensiblement différentes, comme le montre le graphe suivant : rusticité, adaptation locale, qualité gustative priment sur le rendement.

### caractéristiques agronomiques les plus recherchées



## PERSPECTIVES

Un réel effort de recherche pourrait apporter une partie des réponses, améliorer les conditions de production en pépinières (face aux problèmes posés par l'entretien du pied, la fatigue des sols, l'hormonage, la protection phyto...), et finalement faciliter des conversions pour parvenir à une offre plus significative, à un coût de production optimisé.

Une meilleure coordination de la filière et des acteurs pourrait en outre améliorer l'adéquation entre l'offre et la demande : les commandes pourraient être anticipées, et regroupées sur un site internet puis prises en charge par un pépiniériste ; ceci éviterait à chaque pépiniériste d'avoir à produire une large gamme variétale pour de chaque espèce, et plutôt de développer des spécialités et compétences spécifiques.

La vie de l'arbre fruitier démarre avant le verger, et, dans une optique de redéfinition d'un 'verger durable', il peut être pertinent de s'intéresser aux conditions de production du plant fruitier, qui peuvent avoir un effet sur son comportement au verger et sur sa dépendance à l'intervention humaine.

Les réflexions sont en cours, et toutes les bonnes volontés sont les bienvenues.

# **ATELIER MARAICHAGE**

**JEUDI 8 DECEMBRE**

**8h30**



# DES ENGRAIS VERTS EN MARAICHAGE : QUELQUES SUGGESTIONS

*Joseph POUSSET, Agriculteur et agronome*

## INTRODUCTION

Nous nous situons bien sûr dans le cadre d'une agriculture « naturelle » telle que la culture biologique : nous mobilisons au mieux les mécanismes naturels pour obtenir des cultures convenables en faisant le moins possible appel aux intrants extérieurs à l'exploitation.

N'oublions pas pour commencer que l'air contient environ 78% d'azote (N). Cela équivaut à au moins 75000 tonnes d'azote au-dessus de chaque hectare de terre.

Les engrais verts (ou couverts végétaux), cultures que l'on met en place non pour les récolter mais pour maintenir ou améliorer la fertilité de la terre, sont un des moyens de mobiliser au mieux les facteurs naturels qui sont favorables à l'agriculteur. Leurs rôles sont nombreux : soulignons notamment l'enrichissement du sol en azote, l'amélioration du rapport sucres/cellulose/azote, l'obtention et le maintien d'une bonne structure, la contribution à la maîtrise de la flore spontanée.

### **3 ENRICHISSEMENT DU SOL EN AZOTE**

L'enrichissement du sol en azote passe par la culture des légumineuses en tête de rotation, en interculture ou encore en association avec les cultures : il passe également par le mulchage de matières organiques végétales à rapport C/N plutôt faible, qui stimule les fixateurs libres, notamment les bactéries du genre *Azotobacter*.

### **4 RAPPORT SUCRES / CELLULOSE / AZOTE**

Le rapport entre les sucres, la cellulose et l'azote influence beaucoup, en positif ou en négatif selon les cas, l'activité biologique du sol. Il influence également de manière plus ou moins directe la pression de la flore spontanée. Une pratique judicieuse des engrais verts aide à le contrôler. En culture maraîchère, il a souvent tendance à être déficitaire en cellulose, d'où l'intérêt des engrais verts cellulosiques, en particulier du seigle mulché après sa floraison.

### **5 STRUCTURE DU SOL**

L'obtention et le maintien d'une bonne structure sont facilités par le développement et la puissance des systèmes racinaires. On ne doit pas attribuer aux racines plus de pouvoir qu'elles n'en ont dans ce domaine. Ce ne sont pas des décompacteurs. L'abus des outils rotatifs en culture maraîchère favorise parfois l'apparition d'une semelle. Les plantes à pivot racinaire (radis fourrager, tournesol, mélilot, colza,...) contrecarrent ce phénomène lorsqu'il n'est pas trop installé. Ils complètent de manière indispensable l'effet du décompacteur lorsque celui-ci est indispensable.

### **6 CONTROLE DE LA FLORE SPONTANEE**

Les engrais verts bien choisis aident à contrôler la flore spontanée de plusieurs manières. Ils rééquilibrent le rapport sucres/cellulose/azote comme évoqué précédemment

et font ainsi reculer certaines adventices « correctrices ». Ils introduisent éventuellement dans l'assolement des familles botaniques insuffisamment représentées et qui ont tendance à se manifester sous forme de « mauvaises herbes » envahissantes. Ils peuvent présenter un effet « étouffant » bienvenu qui est, il est vrai, moins utile en maraîchage qu'en grande culture puisqu'il s'exerce à l'encontre de pluri-annuelles (chardons, rumex, liserons,...) régulièrement arrachées par les sarclages dans les cultures légumières.

## **CONCLUSION**

Pour tous ces objectifs et dans les diverses situations qui se présentent, le choix des espèces d'engrais verts et la manière de les installer et de les apporter au terrain comptent évidemment beaucoup. Quelquefois le choix le choix d'espèces gélives est particulièrement judicieux.

# INSERTION D'ENGRAIS VERTS EN FERTILISATION DES CULTURES LEGUMIERES DE PLEIN CHAMP EN CONDITIONS BRETONNES

**Christian Porteneuve**  
Ctifl/Secl, Le Glazic 2270 Pleumeur Gautier  
syntec.station@wanadoo.fr

## RESUME

A la demande des producteurs légumiers AB de Bretagne qui souhaitent fertiliser leurs cultures en limitant le recours aux intrants extérieurs, la Station d'Essais de Pleumeur Gautier a entamé depuis 10 ans un programme d'expérimentation pour mieux connaître l'influence qu'ont les engrais verts sur la fertilisation azotée des cultures. Ces essais ont été conduits principalement sur les choux avec le double objectif d'assurer un rendement économiquement viable pour l'agriculteur et d'être en phase avec les objectifs environnementaux, notamment en ce qui concerne la lixiviation de l'azote. Dans ce cadre, deux essais successifs (essais en blocs à 4 répétitions) sur chou brocoli d'automne ont été réalisés en 2009 et 2010.

### 1 ESSAI 2009

Le chou brocoli (Cv Marathon) est planté en août pour une récolte de fin octobre.

#### 1.1. Modalités

5 modalités d'interculture sont comparées :

- un témoin sol nu,
- un mélange de 2 légumineuses : pois/féverole dont la biomasse est enfouie,
- un mélange céréale /légumineuses : avoine/pois/féverole dont la biomasse est enfouie,
- une céréale : avoine dont la biomasse produite est enfouie,
- une céréale: avoine dont la biomasse produite est exportée (témoin fourniture sol).

Les engrais verts sont semés mi-mars après la récolte du chou-fleur et incorporés au sol le 16 juin à 98 jours (3 mois). Aucune fertilisation complémentaire n'est apportée.

#### 1.2. Biomasses produites

A la suite de ce **précédent « riche »** que constitue la culture du chou-fleur, les biomasses produites par les différents couverts végétaux sont supérieures à 6 T/ha de MS. Les rapports C/N des biomasses enfouies sont plus bas pour les légumineuses (12) que pour la céréale (21). Les quantités d'azote total produites par les biomasses aériennes des couverts végétaux varient de 140 à 220 kg/ha ([Tableau 1](#)).

Tableau 1 - Caractérisation et composition des biomasses enfouies. (Analyses Capinov)

	Avoine		Avoine / Pois / Féverole		Pois / Féverole	
	Analyse	Apports/ha	Analyse	Apports/ha	Analyse	Apports/ha
MS %	13.8	7.12 T	11.2	6.15 T	11.0	6.07 T
Carbone (g/kg)	443.6		439.0		434.7	
Azote (g/kg)	20.84	148 kg	30.01	185 kg	35.98	219 kg
C/N	21.3		14.6		12.1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg)	7.96	57 kg	9.57	59 kg	10.96	67 kg
K <sub>2</sub> O (g/kg)	54.16	386 kg	57.71	356 kg	53.51	325 kg

### 1.3. Teneurs en azote

Le suivi des teneurs en azote nitrique dans le sol sur l'horizon 0 – 60 cm pendant la culture du chou brocoli indique des valeurs faibles lors de l'enfouissement des engrais verts contrairement à la modalité sol nu qui a déjà largement minéralisé à ce moment.

Deux mois et demi après l'enfouissement, les teneurs en nitrates dans le sol atteignent un pic avec un différentiel de plus de 100 kg à l'ha entre les modalités légumineuses et céréales. Les reliquats azotés à la récolte sont les plus élevés pour la modalité sol nu (100 kg/ha) (Figure 1).

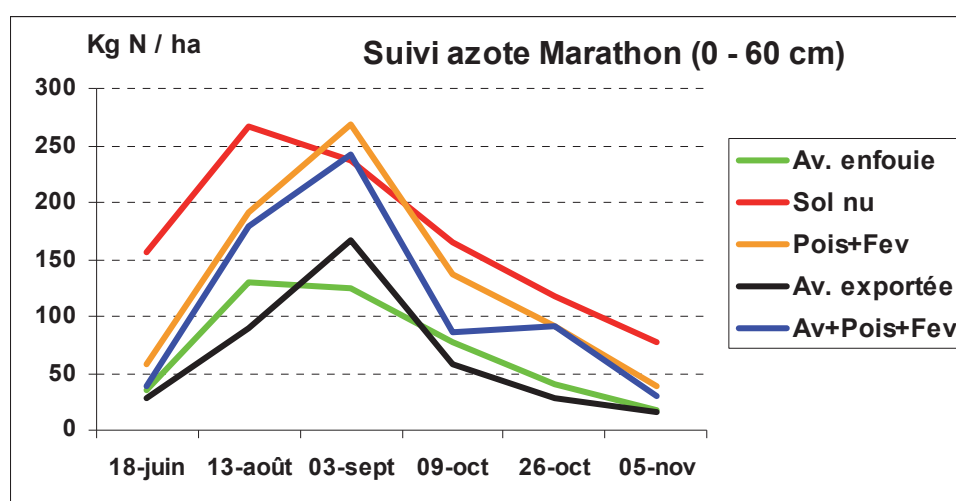


Figure 1 - Suivi de l'azote nitrique dans le sol sur l'horizon 0 -30 cm

Les modalités les plus azotées (sol nu, pois/féverole et avoine/pois/féverole) sont les plus productives (Graphique 2).

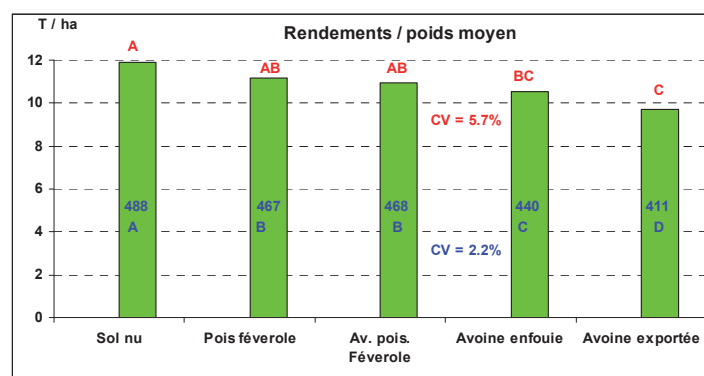


Figure 2 - Rendement et poids moyen récolté



**De cet essai, nous constatons qu'il est nécessaire d'adapter l'engrais vert aux besoins en azote de la culture à suivre et de préférer pour des raisons environnementales l'installation d'un couvert végétal en inter culture à un sol sans végétation.**

## 2 ESSAI 2010

L'essai 2010 est implanté après céréale. Le chou brocoli (Cv Steel) est planté fin juillet pour une récolte mi-octobre.

### 2.1. Modalités

Quatre modalités d'interculture sont comparées :

- un mélange céréale/légumineuses : avoine/pois/féverole, dont la proportion d'avoine est de 50 % et dont la biomasse est enfouie,
- un mélange céréale/légumineuses : avoine/pois/féverole, dont la proportion d'avoine est de 75 % et dont la biomasse est enfouie,
- une céréale : avoine dont la biomasse est enfouie
- une céréale : avoine dont la biomasse est exportée (témoin fourniture sol).

Les engrais verts sont semés mi-octobre et enfouis début juin. (8 mois). Aucune fertilisation complémentaire n'est apportée.

### 2.2. Biomasses produites

A la suite de ce **précédent « pauvre »** que constitue la culture de la céréale, les biomasses produites par les mélanges céréale/légumineuses sont supérieures à 8 T/ha de MS alors qu'elles sont de 5 T/ha pour la céréale. Le rapport C/N des biomasses enfouies est de 17 et 18 pour les mélanges et de 47 pour l'avoine (Tableau 2).

Les quantités d'azote total produites par les biomasses aériennes varient de 40 à 220 kg/ha.

**Tableau 2 - Caractérisation et composition des biomasses enfouies. (Analyses Capinov)**

	Avoine		50 % Avoine		75 % Avoine	
	Analyse	Apports/ha	Analyse	Apports/ha	Analyse	Apports/ha
MS %	20.1	5.2 T	10.9	8.7 T	11.2	8.4 T
Carbone (g/kg)	429		425		429	
Azote (g/kg)	9.2	47 kg	25.1	218 kg	23.2	196 kg
C/N	46.8		16.9		18.5	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg)	5.83	30 kg	10.02	87 kg	8.78	74 kg
K <sub>2</sub> O (g/kg)	21.86	113 kg	45.54	395 kg	42.88	1

### 2.3. Teneurs en azote dans le sol

Le suivi des teneurs en azote nitrique dans le sol sur l'horizon 0 – 60 cm pendant la culture du chou brocoli indique des valeurs très faibles lors de l'incorporation au sol des engrais verts. Deux mois et demi après l'enfouissement des couverts végétaux, les teneurs en nitrates dans le sol atteignent un pic avec un différentiel de 60 kg à l'ha entre les modalités 50 % avoine et témoin (Figure 3).

A partir de mi-septembre les reliquats azotés dans le sol sont faibles et le restent jusqu'à la récolte.

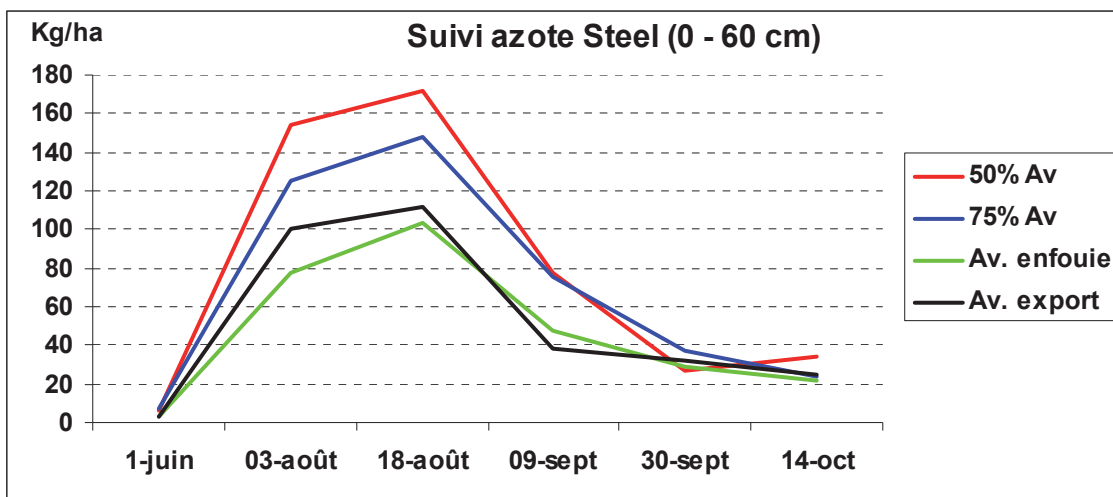


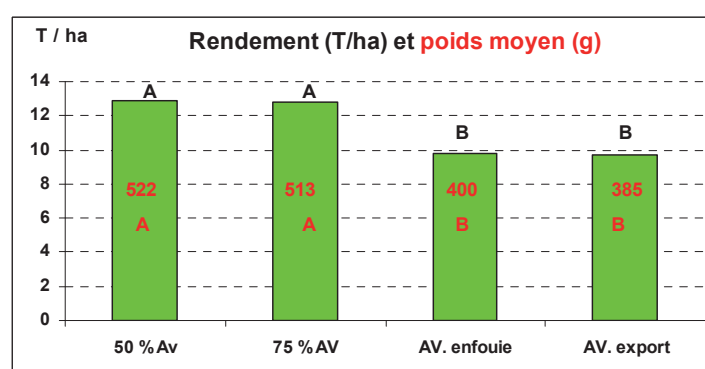
Figure 3 - Suivi des teneurs en azote nitrique dans le sol. (Horizon 0 - 60 cm)

On note un différentiel de prélèvement par les plantes de 100 kg d'azote/ha entre la modalité mélange à 50 % de céréale et le témoin (Tableau 3).

Le rendement est supérieur pour les 2 modalités fertilisées à partir des mélanges céréales/légumineuses (Figure 4).

Tableau 3 - Composition et mobilisation des biomasses de chou brocoli pour les modalités avoine exportée et mélange 50 % avoine

Modalités / Critères		MS %	Azote (g/kg)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg)	K <sub>2</sub> O (g/kg)
Avoine exportée	feuille	11.4	28.5	14.5	11.3	40.3
	tige	13.3	15	26.9	12.1	74.0
	pomme	9.3	28	15.6	18.7	65.6
<b>Prélèvements / ha</b>		<b>3.97 T</b>	<b>101 kg</b>	<b>16</b>	<b>54 kg</b>	<b>218 kg</b>
50 % avoine	feuille	8.6	45.1	8.9	13.4	49.6
	tige	9.9	21.7	17.9	14.4	82.9
	pomme	8.5	62.1	7.1	19.8	64.2
<b>Prélèvement / ha</b>		<b>4.20 T</b>	<b>194 kg</b>	<b>9</b>	<b>67 kg</b>	<b>257 kg</b>



Cv Rdt : 9.9 % Cv Pm : 6.3 %

Graphique 4 - rendement et poids moyen récolté

L'objectif de rendement a été assuré par l'emploi d'engrais verts à base de légumineuses et dans ce cas précis, compatible avec les exigences environnementales. Une bonne gestion de la fertilisation du chou brocoli est possible par l'emploi d'engrais verts. Selon le système de culture, le recours aux légumineuses permet un surplus de fourniture d'azote.

# LES ENGRAIS VERTS SOUS ABRIS : CHOIX DES ESPECES ET ITINERAIRE CULTURAL

*Catherine MAZOLLIER*  
GRAB – AGROPARC BP 1222 AVIGNON CEDEX 9

## RESUME

La pratique des engrais verts est une des bases de l'agriculture biologique. En maraîchage biologique sous abris, elle permet d'entretenir et améliorer la fertilité des sols, et d'agir sur la maîtrise des plantes adventices et des pathogènes, mais elle est souvent difficile à mettre en œuvre en raison d'une disponibilité restreinte des abris en surface comme en durée. Le choix d'espèces à croissance rapide est conseillé, car elles concurrencent bien les plantes adventices et assurent une biomasse importante : sorgho fourrager, sarrasin et crucifères en été, graminées seules ou en mélange avec des légumineuses, crucifères éventuellement en hiver.

## INTRODUCTION

La culture des engrais verts est une des pratiques de base de l'agriculture biologique. En maraîchage biologique sous abris, la volonté de rationaliser au mieux des surfaces parfois restreintes induit la succession rapide de cultures parfois peu diversifiées. Les engrais verts constituent alors une des réponses aux nombreuses préoccupations rencontrées : pratique des rotations, amélioration de la structure du sol, stimulation de l'activité biologique, maîtrise des plantes adventices et des pathogènes du sol.

### **1 POURQUOI CULTIVER DES ENGRAIS VERTS SOUS ABRIS ?**

Les engrais verts ont toute leur place en culture sous abris ; ils contribuent à une meilleure gestion des rotations et améliorent la structure du sol ; ils stimulent l'activité biologique et permettent une meilleure disponibilité des éléments fertilisants pour la culture suivante ; ils peuvent également agir sur l'enherbement et l'état sanitaire des cultures légumières. La protection du sol contre l'érosion et le lessivage, qui revêt une réelle importance en plein champ, n'est pas prioritaire sous abris. Les abris assurent de bonnes conditions de germination et de développement de l'engrais vert, notamment grâce au réseau d'aspersion dont ils sont équipés.

#### **1.1. Engrais verts et rotations**

De nombreuses exploitations en maraîchage biologique disposent d'une surface restreinte d'abris : ceux-ci sont le plus souvent cultivés en espèces peu diversifiées : Solanacées, Cucurbitacées, Astéracées notamment. L'engrais vert est l'occasion d'introduire des espèces de familles différentes, pour assurer une complémentarité entre les effets des différentes espèces et pour éventuellement "casser" le cycle de certaines maladies ou ravageurs. Ainsi en maraîchage, la culture d'engrais verts de familles comportant pas ou peu de légumes peut être intéressante : Poacées (= graminées : céréales et plantes fourragères), Hydrophyllacées (phacélie), Polygonacées (sarrasin)...

#### **1.2. Engrais verts et structure des sols**

En maraîchage sous abris, la succession parfois « serrée » des cultures et les conditions parfois pénalisantes de travail du sol peuvent induire une dégradation de la structure ; on observe également des problèmes de compaction dans les « passe-pieds ». La mise en œuvre des engrais verts permettra d'améliorer la structure du sol, en surface comme en profondeur grâce à l'action mécanique de fissuration par les racines ; les espèces les plus intéressantes sont les crucifères (Brassicacées) qui comportent des racines pivotantes

puissantes (navette, radis fourrager ...) , ainsi que les Poacées (graminées) qui présentent un système racinaire fin et dense (sorgho fourrager). Les légumineuses présentent également un système racinaire assez dense, mais leur croissance assez lente limite leur intérêt sous abris (sauf en cas de culture longue, de 5 à 6 mois).

L'enfouissement d'une grande quantité de biomasse fraîche provoque la prolifération des vers de terre qui améliorent la porosité du sol. L'abondance de nourriture fermentescible stimule l'activité microbienne, favorisant ainsi la stabilité structurale. La biomasse peut être importante, même pour des durées courtes de culture, notamment pour des espèces à croissance rapide : sorgho fourrager ou moha de Hongrie, crucifères, sarrasin.

Ainsi, dans un essai d'engrais vert d'été conduit au GRAB en 2002 (tableau 1), la matière fraîche fournie par les engrais verts cultivés pendant 40 jours seulement a été de 35 à 45 tonnes/ha, et la biomasse sèche de 2,5 à 4,8 tonnes/ha, pour les 3 espèces suivantes : sorgho fourrager, sarrasin et radis fourrager ; en revanche, le mélange avoine + vesce a été fortement concurrencé par les mauvaises herbes malgré une forte densité de semis, et sa biomasse était très inférieure aux autres (11 tonnes/ha de biomasse fraîche). Par ailleurs, dans une autre étude portant sur les engrais verts d'automne-hiver, conduite par le GRAB en 2003 – 2004 (tableau 2), les niveaux de biomasse ont été comparables, mais avec une durée de culture de 5 mois : 28 à 50 tonnes/ha de biomasse fraîche, 3,6 à 6,3 tonnes/ha de biomasse sèche (moutarde, navette + seigle, RGI + vesce).

### 1.3. Engrais verts et fertilisation

Les engrais verts apportent au sol des matières organiques qui se dégradent rapidement. Ils produisent donc peu de substances humiques, surtout si leurs tissus sont jeunes et peu lignifiés (C/N faible). Ils peuvent par contre améliorer la nutrition de la culture suivante, ce qui est particulièrement intéressant pour les légumes exigeants en minéraux, comme les Solanacées et Cucurbitacées, fréquemment cultivées sous abris. Ils remettent à disposition des éléments fertilisants en quantités importantes et sous des formes plus disponibles : ainsi, la quantité de phosphore assimilable augmente après la culture d'un engrais vert. Les légumineuses permettent d'enrichir le sol en azote grâce à la fixation de l'azote atmosphérique ; par ailleurs, les crucifères auraient l'aptitude d'extraire du potassium des minéraux silicatés du sol et d'améliorer la disponibilité du phosphore. Par ailleurs, l'enracinement profond de certains engrais verts (graminées) permet de prélever les éléments en profondeur et de les restituer en surface après destruction, notamment pour l'azote.

### 1.4. Maîtrise des plantes adventices

La multiplication des mauvaises herbes constitue une réelle préoccupation sous abris car les pratiques souvent intensives peuvent sélectionner certaines espèces, parfois particulièrement préoccupantes : ortie, mouron, véronique, chardon, liseron ...

Le pouvoir concurrentiel des engrais verts vis-à-vis des plantes adventices s'explique par différents modes d'action. Certaines espèces ont un effet « assommoir » (crucifères, sorgho fourrager, moha de Hongrie) : elles laissent les plantes adventices germer puis elles les étouffent grâce à leur croissance rapide ; d'autres espèces comme le sarrasin sécrèteraient des toxines empêchant la germination et la croissance des mauvaises herbes.

En revanche, surtout si les conditions de germination ou de développement sont médiocres, certaines espèces à croissance assez lente laissent les plantes adventices envahir la parcelle et favorisent ainsi leur maintien, notamment en cas de montée à graines de celles-ci. C'est le cas en été sous abris avec certaines espèces qui se développent lentement en conditions de culture trop chaudes : phacélie, certaines graminées (Ray Grass italien et anglais, avoine ...), légumineuses (vesce, trèfle incarnat ...), comme le montre le tableau 1 : en engrais vert d'été, le mélange avoine + vesce présente 74 % d'adventices en poids contre 9 à 18 % pour les 3 autres espèces (sorgho fourrager, sarrasin et radis fourrager). Le choix des légumineuses, famille d'engrais vert très appréciée en plein champ, est finalement déconseillé sous abris en été en raison de leur croissance trop lente par rapport aux plantes adventices ; en revanche, elles s'avèrent satisfaisantes en culture longue d'engrais vert d'automne-hiver, en association avec une graminée comme le seigle (voir tableau 2).

### 1.5. Incidence des engrais verts vis-à-vis des ravageurs et maladies

Les ravageurs et maladies du sol peuvent être plus virulents sous abris (rotations moindres, sols plus chauds) et les engrais verts peuvent avoir un effet bénéfique : ainsi, les crucifères (colza fourrager, moutarde, radis fourrager) ont un effet désinfectant par libération de composés soufrés, ce qui est mis en pratique par la bio-désinfection : après broyage et enfouissement de l'engrais vert, un bâchage est réalisé, éventuellement suivi en été d'une solarisation. Cette technique fait actuellement l'objet de nombreuses études. Par ailleurs, certains engrais verts sont mentionnés comme plantes nématicides (tagetes et crotalaire), mais les essais réalisés en station (GRAB notamment) se sont avérés décevants : leur développement et leur efficacité semblent insuffisants en conditions de forte infestation.

Dans certains cas, l'impact de certains engrais verts peut être négatif : ainsi, les crucifères sont des plantes hôtes du nématode de la betterave, de la hernie des crucifères et surtout de nombreux ravageurs (piéride, mouche du chou, noctuelles, limaces... ) ; la phacélie peut héberger de nombreux ravageurs communs aux cultures légumières (pucerons, thrips, aleurodes ...) et elle est plante hôte du virus Y de la pomme de terre.

### 1.6. Les limites des engrais verts sous abris

La réalisation d'un engrais vert peut parfois s'avérer difficile ou préjudiciable sous abris : il convient donc de raisonner sa décision en fonction du contexte de la parcelle ou de l'exploitation.

En période estivale, la pratique d'un engrais vert est souvent difficile sous abris lorsque l'exploitation comporte une surface trop limitée de serres, qui seront alors exclusivement consacrées à la production de légumes. Par ailleurs, dans le Sud de la France, la solarisation se révélera préférable à un engrais vert, notamment en cas de fort enherbement ou de présence de certains pathogènes du sol (*Sclerotinia*, *Rhizoctonia*...). Il est par ailleurs nécessaire de disposer de conditions favorables pour l'irrigation de l'engrais vert : ressource suffisante en eau, installation d'aspersion homogène.

**Tableau 1 : Essai engrais verts d'été sous abris - GRAB 2002**  
(semis 7/06, broyage 19/07 : 40 jours de culture)  
**mesures de biomasse fraîche, biomasse sèche et du rapport C/N**

Engrais vert	Densité en kg/ha	biomasse fraîche totale (t/ha)	Taux d'adventices en % du poids	biomasse fraîche sans adventices (t/ha)	taux MS en %	Matière sèche sans adventices (t/ha)	C/N
Sorgho fourrager	50	41	15	35	13,7	4,83	18
Sarrasin	60	39	9	35	11,4	4,00	21
Radis fourrager	20	55	18	45	5,7	2,54	18
avoine + vesce	80 + 50	38	74	11	10,7	1,16	15
forte concurrence des adventices malgré la forte densité de semis							

**Tableau 2 : Essai engrais verts d'automne- hiver sous abris - GRAB 2003-2004**  
(semis 26/09, broyage 20/02 : 5 mois de culture)  
**mesures de biomasse fraîche, biomasse sèche et du rapport C/N**

Engrais vert	Densité en kg/ha	niveau d'adventices	Biomasse fraîche totale (t/ha)	taux MS (%)	Biomasse sèche totale (t/ha)	C/N
Moutarde blanche	10	Très faible	50	12,5	6,3	14
Navette (+ seigle)	3 + 22	Très faible	49	9,4	4,6	10
forte concurrence de la navette sur le seigle						
RGI + vesce d'hiver	15 + 7	faible	28	12,7	3,6	17
Phacélie	20	Mauvaise germination, développement limité, beaucoup de plantes adventices				

## **2 QUELS ENGRAIS VERTS SOUS ABRIS ?**

### **2.1. Caractéristiques de la pratique des engrais verts sous abris**

Il est important de réaliser des rotations d'engrais verts, en choisissant des espèces de famille différente des cultures et d'alterner également les familles d'engrais verts (complémentarité entre espèces).

Il est impératif de tenir compte de la durée de disponibilité de la parcelle ; certaines espèces peuvent fournir une végétation suffisante en 5 à 8 semaines et seront intéressantes en inter-culture courte : sorgho fourrager, sarrasin, crucifères, alors que d'autres exigent au minimum 4 à 5 mois de culture pour exprimer leur potentiel : Ray Grass, légumineuses ...

En maraîchage sous abris, les sols sont parfois « sur-fertilisés », d'où l'intérêt de choisir un engrais vert consommant les excédents d'engrais, comme les crucifères. Enfin, les sols sont souvent très tassés en fin de culture, notamment dans les passe-pieds pour l'entretien et la récolte : le système racinaire pivotant et puissant des Crucifères ou les racines fines et denses des Graminées pourront alors corriger ce tassement.

Les contraintes liées au semis sont parfois déterminantes dans le choix des espèces : coût des semences, disponibilité en semences biologiques ou à défaut non traitées, facilité de semis (2 passages sont nécessaires pour les mélanges).

### **2.2. Quelles espèces en engrais verts sous abris ?**

Le choix de l'espèce ou du mélange d'espèces à semer en engrais vert sous abris dépendra notamment de la période d'implantation et de l'effet recherché.

#### ***En période estivale :***

L'été est la principale période de culture des engrais verts sous abris, en général durant les mois de juin à septembre.

En période estivale, les conditions sont spécifiques : la durée de disponibilité des serres est souvent courte (2 à 3 mois maximum), donc on privilégie les espèces à croissance rapide ; ainsi, dans le Sud de la France les engrais verts d'été sont mis en place :

- après des cultures de fin d'hiver-début de printemps récoltées en avril-mai : salade, épinard, chou rave, fenouil, persil, blette ...
- après des cultures précoces et courtes de printemps-été laissant les serres disponibles fin juin : Cucurbitacées (melon, courgette, concombre), haricot...

Il est conseillé de choisir des espèces adaptées à la chaleur, telles que le sorgho fourrager, le sarrasin ou le moha de Hongrie. Le sorgho fourrager est l'espèce la mieux adaptée sur ce créneau : le moha de Hongrie est une autre graminée intéressante (essais CENTREX et GRAB), mais son développement est inférieur au sorgho fourrager ; le sarrasin concurrence très bien les plantes adventices et fournit une biomasse équivalente à celle du sorgho fourrager (tableaux 1 et 3) ; le radis fourrager présente un intérêt réel pour sa biomasse fraîche et son effet sur la structure du sol. De manière plus générale, les Crucifères présentent un intérêt potentiel de désinfection du sol (biodésinfection), mais leur intégration dans les rotations de légumes comporte certains inconvénients cités précédemment. Il convient également d'éviter les espèces à croissance trop lente ou sensibles aux conditions trop chaudes (Sud) car le développement des plantes adventices sera alors important : phacélie, RGI, RGA...

Enfin, il est difficile d'associer des espèces de vigueur très différente : ainsi, les mélanges à base de crucifères induisent un développement prépondérant de celles-ci au détriment des autres espèces (graminées notamment). En raison de leur croissance assez lente, qui assurera une faible biomasse et favorisera les plantes adventices, les mélanges céréales + légumineuses présentent peu d'intérêt en été sous abris : vesce + avoine, blé + trèfle, ou blé + mélilot...

Le tableau 3 présente les espèces les plus adaptées à une culture d'engrais vert d'été selon les critères suivants : croissance rapide (1 à 2 mois de culture), bon effet sur la structure, biomasse importante, bonne concurrence vis-à-vis des plantes adventices

**Tableau 3 : Principales espèces conseillées en engrais vert d'été sous abris**

famille espèce	Dose en Kg/ha	Biomasse fraîche potentielle (t/ha)	Biomasse sèche potentielle (t/ha)	C/N moyen	Effet Piège à nitrate	Type de système racinaire	Puissanc e Système racinaire
<b>Poacées = Graminées</b>	Effet positif sur structure - Biomasse importante bonne concurrence vis-à-vis des plantes adventices						
<b>Sorgho fourrager</b>	40 - 50	50	8	20	++	Traçant	++
<b>Moha de Hongrie</b>	30	40	7				+
<b>Polygonacées</b>	Effet positif sur structure - bonne concurrence vis-à-vis des plantes adventices						
<b>Sarrasin</b>	60	34	5	24	++	Pivot	++
<b>Brassicacées = Crucifères</b>	Effet positif sur structure - biomasse importante - concurrence vis-à-vis des adventices effet désinfectant potentiel mais éviter si crucifères dans la rotation						
<b>Radis fourrager</b>	20	60	5	15	+++	Pivot	+
<b>Navette</b>	10	70	6	8			+
<b>Moutarde blanche</b>	10	30	5	15	+		-

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

#### **En période hivernale :**

Pour le choix des espèces à cultiver en engrais verts d'automne-hiver sous abris, les références sont peu nombreuses, et les informations mentionnées dans le tableau 4 proviennent essentiellement des références en plein champ ; par ailleurs, il faut souligner que les doses conseillées de semences/ha varient assez fortement selon les sources bibliographiques.

La période principale de semis est septembre-octobre ; au delà, la croissance de l'engrais risque d'être insuffisante ; le broyage sera réalisé à partir de février, selon la période de mise en place de la culture suivante (respecter un délai de 30 jours au minimum entre broyage et culture suivante).

Dans l'essai réalisé au GRAB sous abris en 2003-2004 (tableau 2 : semis fin septembre, broyage fin février), les résultats ont été satisfaisants pour la couverture du sol, la biomasse et la concurrence vis-à-vis des plantes adventices pour les 3 engrais verts suivants : moutarde blanche, navette (+ seigle fourrager) et RGI + vesce d'hiver ; en revanche, la germination de la phacélie a été médiocre dans cet essai, ce qui n'a pas permis de juger son intérêt. Les crucifères (moutarde, navette) se sont développées rapidement et ont produit une biomasse plus importante qu'avec le mélange RGI + vesce. Comme en été, les crucifères paraissent inadaptées à un semis avec une autre espèce en raison de leur croissance très rapide : ainsi, dans cet essai, la navette, mélangée au seigle fourrager, a pris le dessus. Par ailleurs, les crucifères sont sensibles au gel, notamment la moutarde, ce qui pourra limiter leur intérêt dans les zones froides.

**Tableau 4 : Principales espèces conseillées en engrais vert d'automne- hiver sous abris**

famille	Espèce	Dose kg/ha	Intérêts et inconvénients
<b>Poacées = Graminées</b>	<b>Bonne résistance au gel - système racinaire fasciculé : bon effet structure</b>		
	<b>RGI</b>	25	<b>bonne couverture de sol risques de repousses</b>
	<b>Seigle fourrager ou orge ou blé ou triticale</b>	100	<b>Effet positif sur la structure</b>
<b>Graminées +</b>	<b>RGI + vesce</b>	20 +10 -15	<b>Bonne complémentarité : les graminées ont une croissance +</b>
	<b>Seigle + vesce</b>	30 +10 -15	

Légumineuses	Triticale + vesce	50 + 10 -15	rapide et servent de « tuteur » aux légumineuses qui enrichissent le sol en azote
Brassicacées = crucifères	Croissance rapide - bonne concurrence vis-à-vis des adventices <i>ravageurs spécifiques des crucifères (chenilles, punaise, ..) ou non (gastéropodes)</i>		
	Radis fourrager	20	Assez bonne résistance au gel
	Navette	3 à 10	Bonne résistance au gel
	Moutarde blanche	10	faible résistance au gel
Hydrophyllacées s	Croissance assez rapide - famille sans espèces légumières <i>mais germination et croissance délicates – risques de repousses</i>		
	phacélie	12-20	Résistance moyenne au gel

### 3 ITINERAIRE DE CULTURE DES ENGRAIS VERTS SOUS ABRIS

Pour mettre en place un engrais vert, il faut impérativement disposer d'une période suffisamment longue afin de ne pas l'enfourer juste avant la culture suivante : au minimum 2 mois en été (dont 1 mois de culture de l'engrais vert) et 4 à 6 mois pour les engrais verts d'automne - hiver.

→ **Préparation du sol** : aucune fertilisation de fond n'est nécessaire ; il peut cependant être intéressant d'apporter avant l'engrais vert la fertilisation destinée à la culture suivante. Il faut bien travailler le sol en profondeur et en surface afin de réaliser un parfait lit de semences, condition déterminante de réussite de l'engrais vert. En sol très enherbé, un faux semis permettra de limiter le niveau de plantes d'adventices dans la parcelle.

#### → **Le semis**

Les semences choisies seront biologiques, ou conventionnelles non traitées (sur dérogation) ; le coût et la disponibilité en semences biologiques sont des critères importants. La facilité de semis est un autre paramètre : les mélanges peuvent imposer plusieurs passages. En cas de semis à la volée, un passage de rouleau permettra de tasser le lit de semences. Sous abris, il faut arroser par aspersion immédiatement après le semis, puis pratiquer des aspersion régulières

→ **En cours de culture** : il convient de réaliser des irrigations régulières par aspersion afin d'assurer une croissance rapide et homogène de l'engrais vert. Il faudra faucher éventuellement l'engrais vert en cas de floraison précoce (cas fréquent pour les crucifères). Cette coupe évitera la montée à graines (risque de repousse lors de la culture suivante), il favorisera un redémarrage de l'engrais vert et facilitera le broyage final.

→ **Le broyage** : il doit être réalisé avant la montée à graines (crucifères) ou la verse éventuelle de l'engrais vert (cas du sorgho fourrager si densité trop forte) ; pour les graminées, il faut également éviter la formation de tiges trop ligneuses qui seraient difficiles à broyer et à se décomposer. Il convient de respecter un délai minimum de 30 jours entre le broyage et la mise en place de la culture suivante, notamment s'il s'agit d'une culture semée. Le broyage est réalisé de préférence avec un broyeur à marteaux : l'engrais vert est laissé en surface (séchage) durant 1 semaine environ avant l'incorporation, et/ou incorporé superficiellement pour favoriser sa décomposition.

→ **L'incorporation** : elle doit être superficielle (quelques cm), et elle sera réalisée avec un outil à disque ou une rotobèche ; le sol sera ensuite arrosé modérément pour favoriser la décomposition. Il est impératif d'éviter l'enfouissement en profondeur de couches épaisses de biomasse peu décomposée : risques de phytotoxicité, de faim d'azote, de sol soufflé.

→ **Avant la culture suivante**, il est conseillé de pratiquer un test azote ou une analyse de sol.



#### 4 QUELQUES FOURNISSEURS DE SEMENCES D'ENGRAIS VERTS (LISTE NON EXHAUSTIVE)

Choisir des semences biologiques, ou à défaut des semences non traitées  
(faire alors une demande de dérogation sur <http://www.semences-biologiques.org/>)

SOCIETE	Adresse	Téléphone/ fax	PRINCIPALES ESPECES
<b>SEMENCES BIOLOGIQUES</b>			
<b>Agralys Bio Sica</b>	125 Avenue de Vendome 41000 BLOIS	☎ 02 54 55 88 19 ☎ 02 54 55 88 12 <a href="mailto:bio@axereal.com">bio@axereal.com</a>	Céréales – oléagineux-protéagineux fourragères graminées/légumineuses
<b>Agrosemens</b>	1025 Rte de Gardanne 13290 AIX-EN-PROVENCE	☎ 04 42 66 78 22 ☎ 04 42 66 78 23 <a href="mailto:info@agrosemens.com">info@agrosemens.com</a> <a href="http://www.agrosemens.com">www.agrosemens.com</a>	Ray Grass avoine sarrasin phacélie moutarde légumineuses...
<b>BIAUGERME</b>	47360 MONTPEZAT D'AGENAIS	☎ : 05 53 95 95 04 ☎ 05 53 95 95 04 <a href="mailto:service@biaugerme.com">service@biaugerme.com</a> <a href="http://www.biaugerme.com">www.biaugerme.com</a>	seigle avoine sarrasin phacélie moutarde légumineuses...
<b>ESSEMBIO</b>	Roc de Lyre 47360 MONTPEZAT D'AGENAIS	☎ : 05 53 67 51 79 ☎ 05 53 67 51 79 <a href="mailto:essembio@wanadoo.fr">essembio@wanadoo.fr</a> <a href="http://www.essembio.com">www.essembio.com</a>	seigle blé rouge sarrasin moutarde féverole luzerne trèfle violet lotier phacélie ...
<b>GERMINANCE (biodynamie)</b>	Les Rétifs 49150 ST MARTIN D'ARCE	☎ : 02 41 82 73 23 ☎ 02 41 82 86 48 <a href="mailto:contact@germinance.com">contact@germinance.com</a> <a href="http://www.germinance.com">www.germinance.com</a>	chou fourrager, mélilot, vesce, phacélie, seigle sarrasin
<b>UFAB</b>	ZI La Ville es Lan 22402 Lamballe	☎ : 02 23 45 78 37 ☎ 02 23 45 78 40 <a href="mailto:ufab@ufab-bio.fr">ufab@ufab-bio.fr</a> <a href="http://www.ufab-bio.fr">www.ufab-bio.fr</a>	Céréales protéagineux oléagineux crucifères
<b>SEMENCES CONVENTIONNELLES NON TRAITÉES, NON ISSUES D'OGM</b>			
<b>BERNARD</b>	BP 19 01390 ST ANDRE DE CORCY	☎ : 04 72 26 10 09 ☎ 04 72 26 43 65 <a href="mailto:c.bessard@ets-bernard.com">c.bessard@ets-bernard.com</a>	Mélanges : EV été (32 espèces) et EV hiver (14 espèces) mélanges seigle + phacélie et seigle + vesce...
<b>DUCRETTET</b>	Rue René Cassin ZI La Châtelaine 74240 Gaillard	☎ : 04 50 95 01 23 ☎ 04 50 95 54 71 <a href="mailto:ducrettet@ducrettet.com">ducrettet@ducrettet.com</a>	œillet d'Inde (Tagetes)
<b>GIRERD</b>	113 Route de L'Isle sur la Sorgue BP 11 84250 LE THOR	☎ : 04 90 33 86 77 ☎ 04 90 33 71 12 <a href="http://www.graines-girerd.com">www.graines-girerd.com</a> <a href="mailto:claud.girerd@graines.girerd.com">claud.girerd@graines.girerd.com</a>	mélilot, sarrasin, phacélie, RGI, RGA trèfle...
<b>JOUFFRAY DRILLAUD</b>	RN 147 « La cour d'Hénon » 4 avenue de la CEE 86170 CISSE	☎ : 05 49 54 20 54 ☎ 05 49 54 20 55 <a href="mailto:jd@jouffray-drillaud.fr">jd@jouffray-drillaud.fr</a> <a href="http://www.jouffray-drillaud.com">www.jouffray-drillaud.com</a>	seigle, sarrasin, sorgho fourrager Alpilles et Piper, moha de Hongrie, trèfle, moutarde, radis fourrager...
<b>PLAN SPG</b>	chemin des Chênes BP 154 26204 MONTELMAR CEDEX	☎ : 04 75 01 90 53 ☎ 04 75 01 83 66 <a href="mailto:plan.environnement@plan-sas.com">plan.environnement@plan-sas.com</a>	mélilot, RGI, RGA, trèfle violet, luzerne, lotier, crucifères, phacélie

#### BIBLIOGRAPHIE

- GUILLAUME C., VEDIE H. (2003) Engrais verts en maraîchage : des références récentes pour choisir les espèces, *Journées techniques ITAB GRAB fruits et légumes biologiques*, Perpignan, 2003.

- MAZOLLIER C. (2009) les engrais verts d'été automne dans le sud est - *bulletin refbio maraîchage PACA* de juin 2009, édition GRAB, Avignon, France.
- MAZOLLIER C., TAULET A. (2001) collection d'engrais verts sous abris - GRAB, Avignon, France.
- MAZOLLIER C., TAULET A., VEDIE H. (2002)- étude d'engrais verts sous abris - GRAB, Avignon, France.
- TAULET A., VEDIE H. (2004) étude d'engrais verts d'automne hiver - *essai* GRAB, Avignon, France.
- VEDIE H. (2005) engrais verts en maraîchage biologique, *fiche TECHN'ITAB maraîchage*, Paris, France.

# POTENTIEL DES ALLIACEES POUR LA DESINFECTION DES SOLS

**Ingrid Arnault (1), Hélène Védie (2), Jérôme Lambion (2), Gaël Du Fretay (3), Jacques Auger (1)**

(1) CETU Innophyt, UFR sciences et techniques, avenue Monge, 37200 Tours

(2) Groupe de Recherche en Agriculture Biologique BP1222 84911 AVIGNON cedex 9

(3) Aber Consulting, 33650 MARTILLAC

## RESUME

Les propriétés biocides des *Allium* spp (ail, oignon, poireau, échalote ...) ou alliacées sont attribuées aux composés soufrés volatils produits par la dégradation des tissus. Ainsi de nombreuses études font état du potentiel insecticide des composés soufrés issus des alliacées. Ces molécules sont principalement des disulfures : le disulfure de diméthyle (DMDS), le disulfure de dipropyle (DPDS) et le disulfure de diallyle (DADS). L'utilisation d'alliacées en tant que biofumigants en enfouissant dans le sol des déchets, ou un précédent cultural d'oignons et de poireaux a montré un effet fongicide en conditions de productions au champ. Par ailleurs, les produits purs (DADS, DMDS, DPDS) ont également été testés *in vitro* et *in vivo* pour leur efficacité nématocide et fongicide.

## INTRODUCTION

Les alliacées, lorsqu'elles sont intactes, contiennent de grosses quantités de dipeptides de stockage. Ces dérivés de la cystéine sont très spécifiques des alliacées. La proportion de ces précurseurs varie selon l'espèce, l'organe, la variété, l'état végétatif et les conditions environnementales (Ferary et Auger, 1996).

Lorsqu'on brise une alliacée, une enzyme, l'alliinase, stockée dans les vacuoles réagit avec les précurseurs pour donner des acides sulféniques qui se réarrangent de différentes manières, selon les espèces d'allium. Ensuite ces acides se réarrangent en composés soufrés extrêmement actifs et typiques des arômes d'*Allium* : les thiosulfonates. Ces composés étant instables, ils se dégradent assez rapidement en polysulfures, composés moins actifs que les thiosulfonates mais relativement stables dans le sol (Arnault et al., 2003)

Les travaux utilisant les plantes ou leurs extraits ont été les premiers réalisés (Thibout et al., 2008). Des cas d'effets anti-appétants ont été observés. Des extraits d'ail perturbent la prise alimentaire du coléoptère *Epilachna varivestis*, la coccinelle mexicaine du haricot. Le comportement de ponte chez deux lépidoptères *Pieris brassicae*, la piéride du chou, et *P. napi*, la piéride du navet, est inhibé par des extraits d'oignon. Pareillement, des extraits d'ail réduisent significativement le taux de ponte des femelles de psylle du poirier, *Cocopsylla pyricola*. Des extraits d'ail et d'oignon perturbent également l'établissement du puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, sur sa plante hôte et empêchent l'alimentation de l'insecte, entraînant le cas échéant la mort de celui-ci.

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

L'objectif des études au laboratoire et au champ est d'apporter des données supplémentaires sur le potentiel fongicide et nématocides avec les végétaux seuls et avec les produits purs.

## 1 MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Tests in vitro

Les tests fongicides en laboratoire ont été réalisés à partir d'un modèle simple : le test *Pythium ultimum* sur concombre. Ce test consiste à inoculer des semis de concombres en *Pythium ultimum* et ensuite à appliquer des traitements en disulfures (DMDS, DADS, DPDS) et en sous-produits d'oignons et de poireaux dans le sol. Après un certain temps de fumigation, les plants de concombres, sains, nécrosés ou morts sont dénombrés.

L'efficacité des principes actifs (DMDS, DADS, DPDS) sur *Sclerotinia sclerotiorum* a été vérifiée en conditions contrôlées. La fonte des semis et le taux de germination des sclérotés sont observées sur des graines de salades.

### 1.2. Tests in vivo : efficacité nématocide du DMDS sur nématodes à galles (*Meloidogyne* spp) sur culture de laitue

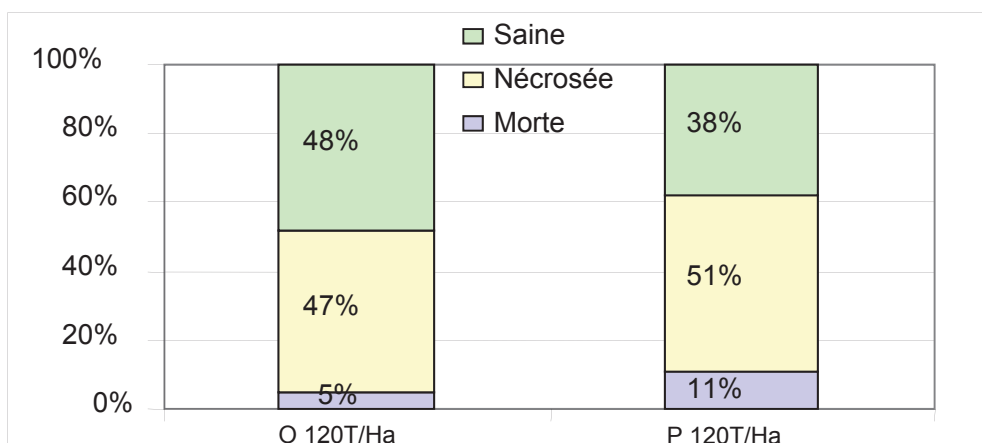
La parcelle expérimentale est située chez un maraîcher conventionnel à Montfavet (84), dans un tunnel sur lequel des problèmes de nématodes à galles sont récurrents depuis plusieurs années. Les observations portent sur le niveau des infestations sur les systèmes racinaires des cultures, noté selon une échelle d'Indice de Galle (IG) de 0 à 10

## 2 RESULTATS

### 2.1. Tests fongicides

#### **Sur *Pythium ultimum***

Concernant les tests avec les produits purs, le DMDS s'est montré le plus efficace des disulfures. Les écarts de tri d'oignons et de poireaux ont également montré un effet fongicide net avec une supériorité pour les oignons (figure 1). Cependant le produit émis dans le sol après incorporation de sous-produits de poireaux et d'oignons est le disulfure de dipropyl (Arnault et al., 2004).



**Figure 1- effets des écarts de tri et d'oignons et de poireaux à la dose de 120T/ha avec le test in vitro *Pythium ultimum*/concombre -2 mois**

La dose d'apport de 240T/Ha de déchets de poireaux est la plus intéressante. En effet, à un mois nous obtenons 94% de plantes saines avec les oignons et 64% pour les poireaux. Cependant, lorsque nous augmentons l'apport à 360T/Ha l'efficacité diminue. Ceci peut s'expliquer par une éventuelle phytotoxicité des broyats à une telle dose d'apport. De plus, il

paraît difficile de mettre en place ce dosage (360T/Ha) en plein champ, car cela impliquerait l'incorporation d'une couche de 40 cm de déchets !

### Sur *Sclerotinia sclerotiorum*

Le DMDS est le composé soufré présentant la meilleure efficacité pour contrôler les attaques de *Sclerotinia sclerotiorum*, dans les conditions de l'essai (figure 2).

La dose B (0,5 mL/L de sol) a montré des résultats contradictoires dans les deux essais au niveau de la germination des sclérotés : effet significatif dans le premier essai, pas d'effet à cette dose pour le second essai. Dans ce second essai, seule la dose A (1 mL/L de sol) limite significativement la germination des sclérotés. Dans le premier essai, le traitement DMDS a permis de réduire de deux tiers le nombre de plantules atteintes. Le potentiel de ce produit est donc important, pour une dose comprise entre 0,5 mL/L de sol et 1 mL/L de sol. Ces essais font apparaître le potentiel du DMDS.

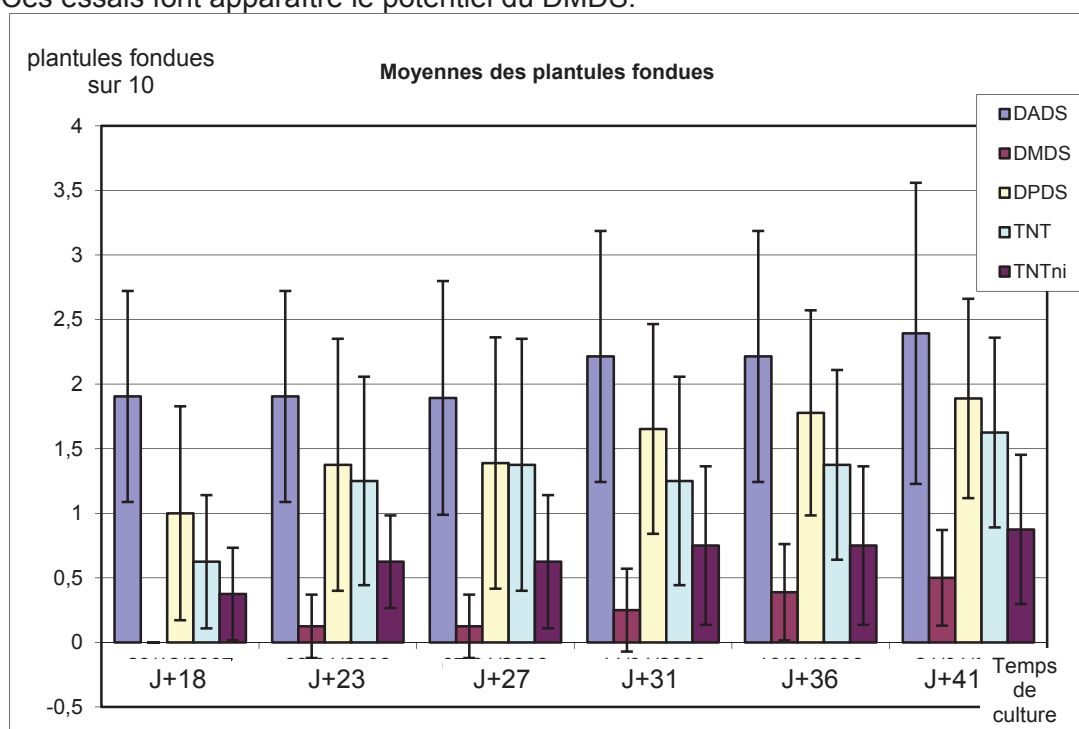


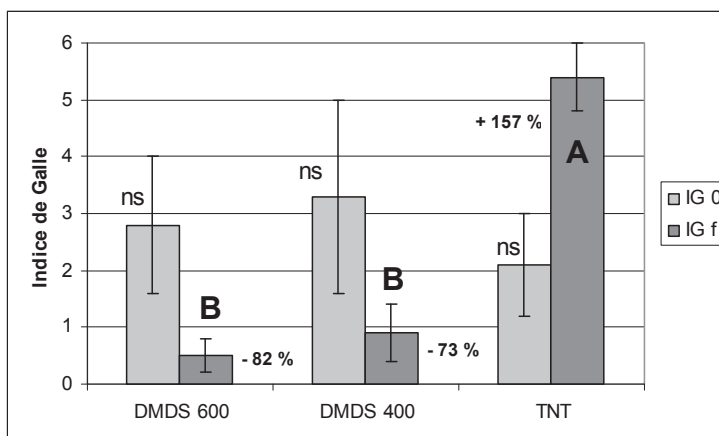
Figure 2 - Effet des disulfures (0,5 ml/l) sur les attaques de sclerotinia. Nombre moyen de plantules fondues (avec intervalles de confiance)

### 2.2. Tests *in vivo*

La figure 3 montre l'évolution globale des indices de galle sur l'essai : l'indice de galle moyen mesuré sur racines de melon (IG f) diminue de 82 % sur le traitement DMDS 600 (600 l/ha) et de 73 % sur le traitement DMDS 400 par rapport aux Indices de Galle initiaux, alors qu'il augmente de 157 % sur le témoin.

Figure 3 - Indices de galles (0 à 10) sur melon

IG 0 : indice de galle initial avant traitement (été 2007)  
 IG f : indice de galle final (été 2008)



Le DMDS a confirmé au champ son fort potentiel pour réduire les attaques de *Meloidogyne spp.* L'activité larvicide et ovicide de ce produit mesurée au laboratoire dans de précédents essais se traduit donc effectivement par une diminution des infestations, jusqu'à 87 % de réduction des attaques sur melon par rapport au témoin dans les conditions de cette expérimentation. La dose de 400 l/ha de DMDS s'avère suffisante, puisqu'il n'y a pas de différence significative avec la dose plus élevée.

### **3 DISCUSSION**

Ces études *in vivo* et *in vitro* confirment l'intérêt des alliacées en tant que déchets ou en produits purs pour la désinfection des sols.

Le DMDS retrouvé dans les alliacées et dans autres végétaux est un biopesticide. La société Arkéma a obtenu la mise sur la marché du DMDS (produit Paladin ® issu de synthèse chimique) en 2010 aux Etats Unis, pour la désinfection du sol. La demande européenne devrait suivre en 2012, cet usage ne concerne pas l'agriculture biologique, cependant, il serait intéressant d'utiliser des alliacées riches en DMDS en biodésinfection des sols.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- ARNAULT I., MONDY N., DIWO S. AUGER J. (2004) Soil behaviour of natural sulfur fumigants used as methyl bromide substitutes. *Int. J. Environ. An. Ch*, 84 (1-3), 75-82.
- AUGER J., THIBOUT E., ARNAULT I. (2008) Les substances soufrés des Allium et des crucifères, 2<sup>nd</sup> édition *Biopesticides d'origine Végétale*, C. Regnault Roger, B.JR Philogène, C. Vincent., Editions Tec et Doc, Lavoisier.
- FERARY S. et AUGER J. (1996) What is the true odor of cut *Allium* ? Complementarity of various hyphenated methods: GC/MS, HPLC/MS with particle beam and atmosphere pressure ionization interfaces in sulfenic acids rearrangement components discrimination. *J. Chromat.*, n° 750, 63-74.

# INTERET ET FAISABILITE DE LA BIOFUMIGATION AVEC DES BRASSICACEES EN CULTURES LEGUMIERES DE PLEIN CHAMP

**Françoise MONTFORT,**  
INRA UMR 1099 BiO3P  
BP 35327  
F-35653 Le Rheu France  
francoise.montfort@rennes.inra.fr

## RESUME

La période d'interculture peut être mise à profit pour orienter les équilibres microbiens naturels du sol dans un sens défavorable aux champignons pathogènes telluriques. Nous développons ici l'exemple de la biofumigation pour illustrer ce type d'effets, même si la plupart des mécanismes en cause ne sont pas encore clairement élucidés. Une étude pluriannuelle en conditions naturelles, dans une rotation blé-betterave, a permis d'approcher les conséquences de cette pratique en termes d'épidémiologie de la maladie du Rhizoctone brun. Ensuite, une expérimentation miniaturisée sur carotte a permis d'avancer des hypothèses explicatives sur les effets des différentes phases de la technique, et sur les mécanismes directs et indirects en cause (*via* la microflore antagoniste).

## INTRODUCTION

Les maladies telluriques se caractérisent par une dispersion spatiale limitée, et une dynamique lente se déroulant sur une dimension pluriannuelle. Ces caractéristiques sont donc très dépendantes de la succession de cultures dans la parcelle. Une façon d'exploiter les avantages procurés par une diversification des cultures au sein de la succession est de mieux valoriser la période d'interculture, en mettant à profit les potentialités assainissantes de certaines espèces cultivées pendant cette période vis-à-vis des maladies liées au sol. C'est dans cette optique que la biofumigation à base de moutarde brune (*Brassica juncea*) est étudiée.

## 1 PRINCIPE, ETUDES PRELIMINAIRES ET QUESTIONS POSEES

### 1.1. Principe

Le principe de la biofumigation repose sur la richesse des tissus de certaines Brassicacées en composés soufrés, les glucosinolates (GLSs), transformés par hydrolyse enzymatique en isothiocyanates (ITCs) potentiellement toxiques pour les bioagresseurs telluriques (Kirkegaard and Matthiessen, 2004 ). Sa mise en oeuvre consiste à semer en interculture, à une densité élevée, certaines espèces de Brassicacées choisies pour leurs fortes teneurs en GLSs, puis à les broyer au stade floraison et à les enfouir immédiatement.

### 1.2. Acquis préliminaires

Un large screening *in vitro* de différentes espèces et génotypes de Brassicacées a permis de démontrer que certaines lignées de moutarde brune (*Brassica juncea*) libèrent par broyage des composés volatiles hautement toxiques pour les champignons pathogènes étudiés (*Pythium* et *Rhizoctonia solani*) : pour ces raisons et pour ses caractéristiques agronomiques, la lignée 1420 a été retenue comme modèle d'étude à l'INRA de Rennes.

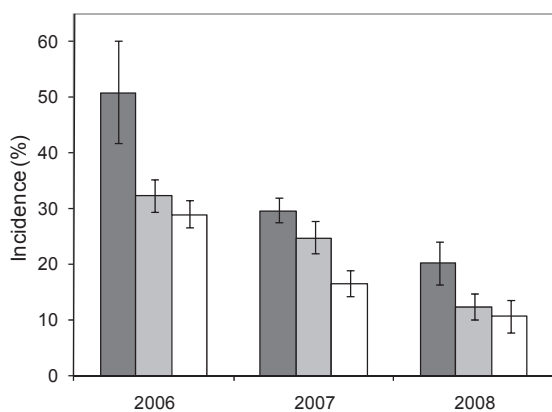
### 1.3. Objectif des recherches

Bien que les effets biocides soient clairement démontrés *in vitro*, les potentialités de cette technique ne sont pas toujours vérifiées en conditions naturelles, ce qui limite son adoption par les agriculteurs (Kirkegaard, 2009). La complexité des mécanismes en cause est

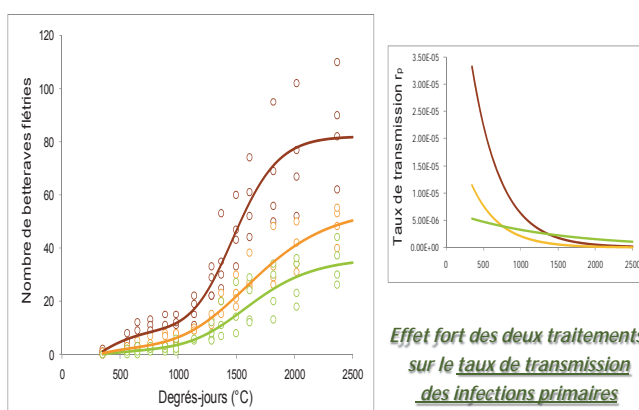
certainement la principale cause de cette irrégularité d'efficacité. Une approche épidémiologique a donc été engagée en conditions naturelles, pour analyser l'impact des différentes phases de la biofumigation sur les paramètres épidémiologiques d'une épidémie à *Rhizoctonia solani*, et des travaux en conditions contrôlées ont ensuite permis d'appréhender plus finement les mécanismes en cause.

## 2 UNE ILLUSTRATION DE L'APPROCHE EPIDEMIOLOGIQUE DEVELOPPEE SUR LE RHIZOCTONE DE LA BETTERAVE

Dans une expérimentation répétée 3 années, une interculture à base de *B. juncea* 1420 a été implantée en août après la moisson du blé, puis broyée-enfouie, ou arrachée-exportée, en octobre. Des betteraves sucrières ont ensuite été semées. Les 3 années permettent d'obtenir des résultats intéressants, dans cette situation culturale donnée (Motisi *et al.*, 2009b) : ils démontrent que la simple culture de la moutarde permet de réduire l'incidence de Rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*) notée à la récolte, et que le broyage-enfouissement apporte une régularité d'effets (Figure 1). En ajustant un modèle sur la cinétique de maladie au cours de la saison culturale, on met en évidence que c'est principalement sur le taux de transmission des infections primaires que la biofumigation agit (Figures 2a et 2b) (Motisi *et al.*, 2010).



**Figure 1 – Incidence de Rhizoctone brun à la récolte (gris foncé/sol nu, gris clair /moutarde exportée, blanc /biofumigation)**



**Figure 2 – Incidence cumulée de betteraves malades (2-a) et effet sur le taux de transmission des infections primaires (2-b). (marron/sol nu, jaune /moutarde exportée, vert /biofumigation)**



Mais ces mêmes auteurs mettent en évidence en conditions contrôlées une persistance d'effets qui ne peut être expliquée par les seuls effets toxiques directs des ITCs produits, suggérant ainsi des mécanismes additionnels (Motisi *et al.*, 2009a).

### 3 UNE ANALYSE DES MECANISMES EN CONDITIONS CONTROLEES SUR LE RHIZOCTONE DE LA CAROTTE

#### 3.1. Matériels et méthodes

L'objectif de ce travail est d'explorer, en conditions contrôlées, le mode d'action de la biofumigation à base de moutarde brune sur des épidémies de *R. solani* sur carottes (potentiel infectieux du sol, densité d'inoculum et expression de la maladie sur carottes tubérisées). Afin de différencier les rôles respectifs des effets toxiques proprement dits de tous les autres facteurs potentiels, 2 lignées de *B. juncea*, similaires par leurs caractéristiques de croissance et développement, mais différant par leurs profils en sinigrine (ainsi qu'en certains autres GLSs) [Exceed 8571 (A), 1420 (B)] sont comparées, et le témoin est une période d'interculture conduite en sol nu (C) L'espèce antagoniste *Trichoderma atroviride* [Esquive®WP] est incluse (T1) ou non (T0) dans l'étude, afin d'appréhender les interactions entre communautés microbiennes bénéfiques et mécanismes de la biofumigation.

L'expérimentation est conduite d'avril 2009 à avril 2010 en serre-tunnel plastique et deux cycles culturaux miniaturisés 'période d'interculture – carotte', sont reproduits en grands bacs de 56 L, dans un mélange terreux constitué de 70% de sable et 30% de tourbe blonde (Figure 3). Conduite des cultures, analyses de GLSs, mesures du potentiel infectieux et de la densité d'inoculum, et évaluation de l'incidence de maladie en fin d'expérimentation sont effectuées comme décrit (Montfort.F. *et al.*, in press.).

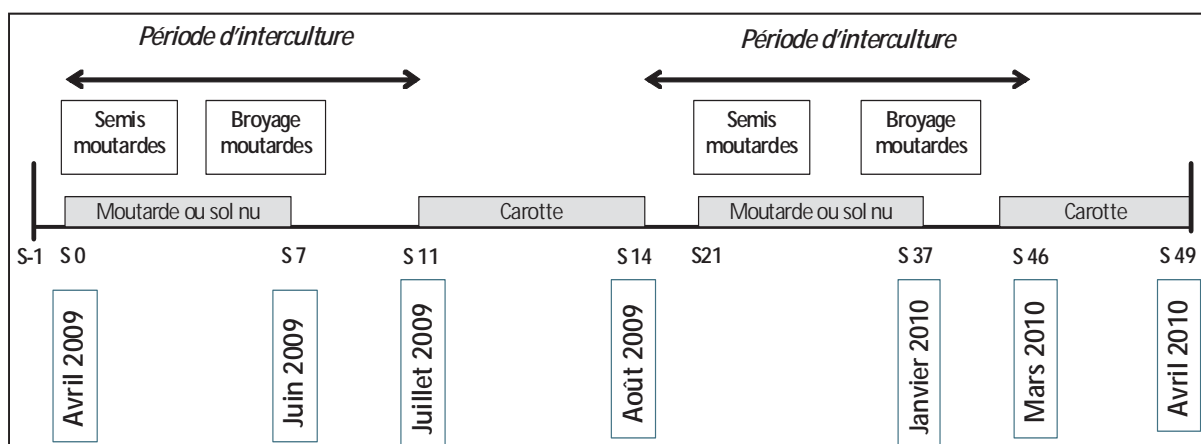


Figure 3 – Représentation de la succession culturale. Sn indique le temps en semaines (n=nombre de semaines depuis le semis de la 1<sup>ère</sup> moutarde d'interculture), auquel les échantillons ont été prélevés pour l'étude du potentiel infectieux et de la densité d'inoculum. Les carottes ont été prélevées à S49 pour évaluation de l'incidence de maladie.

#### 3.2. Résultats et discussion

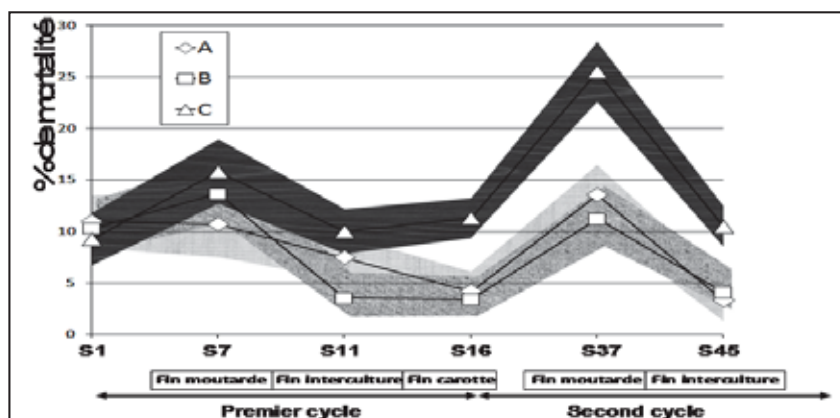


Figure 4 – Pourcentage de fontes de semis mesurés à différentes étapes de la succession culturale, en fonction du type de gestion de l'interculture, et intervalles de confiance.

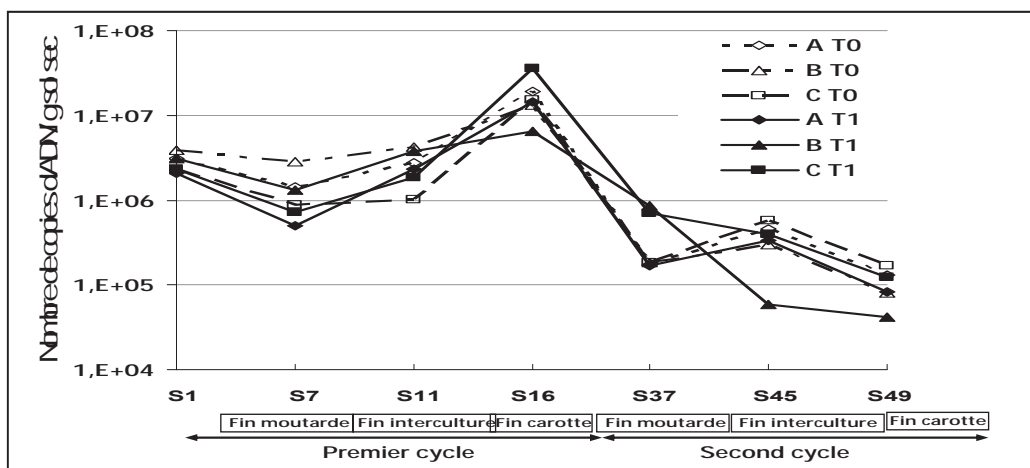


Figure 5 - Evolution de la quantité d'ADN (nombre de copies/g sol sec) de *R.solani* au long de la succession culturale, en fonction du traitement

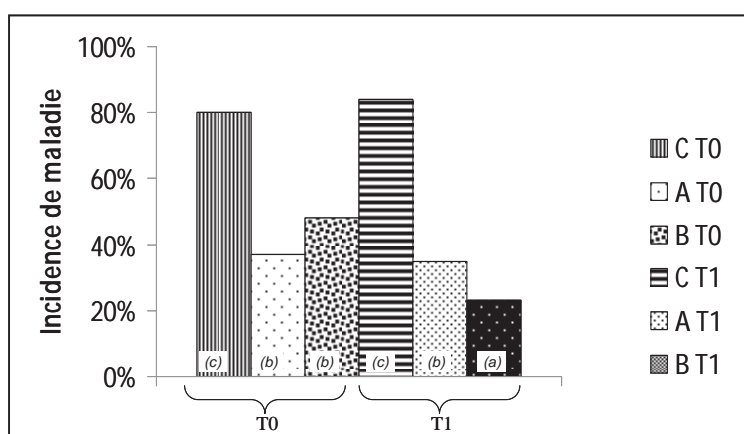


Figure 6 - Pourcentage de carottes présentant des nécroses noires aux lenticelles en fin d'expérimentation, en fonction du traitement (T0/sans *Trichoderma*, T1/avec *Trichoderma*, et A, B, C / modalités d'interculture)

Notons tout d'abord que la moutarde brune a été très attaquée par *R. solani* AG2-2, quand les conditions étaient optimales pour cet agent pathogène (forte densité d'inoculum et températures élevées), mais que cela n'a absolument pas entraîné d'avantage quelconque pour le *Rhizoctonia*, que ce soit pour augmenter le potentiel infectieux du sol ou la densité d'inoculum. La réduction de biomasse par les attaques de *R. solani* pourrait être compensée par les augmentations des teneurs de GLSs, comme décrit par Singh *et al* (2010) dans le cas d'attaques d'*Albugo candida*.

Nous démontrons que la biofumigation induit au fil du temps une diminution du potentiel infectieux du sol, et une très nette réduction de la maladie en fin d'expérimentation. Même si, à l'issue de la 1<sup>ère</sup> biofumigation, les seuls effets significatifs concernent la moutarde riche en sinigrine, les 2 lignées s'avèrent ensuite présenter une efficacité significative. Ceci nous permet d'affirmer que le taux de sinigrine, souvent mis en avant, ne joue certainement pas le rôle principal dans l'action de la biofumigation, confortant ainsi les propositions de Kirkegaard et Matthiessen (2004) et de Motisi *et al* (2010).

On ne met aucune corrélation en évidence entre les résultats de potentiel infectieux et ceux de densité d'ADN du *R. solani*. Il ne s'agit donc pas d'une simple réduction d'inoculum par les ITCs toxiques.

#### 4 SYNTHESE GENERALE ISSUE DES RESULTATS ET DE LA BIBLIOGRAPHIE

Nos résultats montrent donc clairement que ces mécanismes ne peuvent être simplement décrits par une réduction de l'inoculum primaire par les ITCs toxiques : il s'agit d'une répression de l'inoculum plus que d'une éradication. Ils ne mettent pas en évidence d'effets prolongés de la stimulation saprophytique de cet inoculum par la biomasse végétale enfouie, signalée par plusieurs auteurs. Ils indiquent que l'équilibre entre communautés microbiennes est vraisemblablement modifié par la biofumigation au détriment de l'activité pathogène du *Rhizoctone* : le sol devient moins réceptif à cet agent pathogène. Ceci est confirmé en fin d'expérimentation par la démonstration d'une réduction très importante de la maladie, quelle que soit la lignée de moutarde biofumigante.

Il a déjà été démontré que les *Trichoderma* sont plus tolérants aux ITCs volatiles que nombre d'agents pathogènes (Galletti *et al*, 2008). La synergie qui se manifeste en fin d'expérimentation entre biofumigation avec la lignée riche en sinigrine et apport de *Trichoderma* antagoniste peut résulter de cette sensibilité différente. Ce résultat reste à confirmer, mais conforterait l'idée que la biofumigation doit être considérée au sens large, chaque phase agissant sur des processus différents et peut-être complémentaires. Lors de l'exposé, nous évoquerons donc un mode d'action type « 3 en 1 », la résultante étant une modification de la réceptivité du sol. La 1<sup>ère</sup> phase (culture proprement dite) permettrait, par l'exsudation d'ITCs, des modifications de structures des communautés microbiennes dans les microniches de la rhizosphère. La 2<sup>ème</sup> phase (libération brutale d'ITCs toxiques lors du broyage et de l'enfouissement) conduirait à une fongitoxicité ou, pour le moins, à des effets fongistatiques, peut-être relativement éphémères. La 3<sup>ème</sup> phase (dégradation dans le sol d'une très importante quantité de biomasse) se rapprocherait de celle plus classique des engrais verts. Nous discuterons les optimisations possibles de la biofumigation, et les pistes de recherche-développement à poursuivre.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- Galletti S., Sala E., Leoni O., Burzi P.L., Cerato C. (2008) *Trichoderma* spp. tolerance to Brassica carinata seed meal for a combined use in biofumigation. *Biological Control* 45, 319-327.
- Kirkegaard, J.A. (2009) Biofumigation for plant disease control - from the fundamentals to the farming system. In: Walters (Ed.), *Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches*. D. Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 172-195.
- Kirkegaard, J.A., Matthiessen, J., 2004 Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3, 233-239.
- Montfort F., Poggi S., Morlière S., Collin F., Lemarchand E., Bailey D.J., in press. Opportunities to reduce *Rhizoctonia solani* expression on carrots by biofumigation with Indian mustard. *28th International Horticultural Congress*, Lisbon, 22-27 août 2010.
- Motisi N., Dore T., Lucas P., Montfort F. (2010) Dealing with the variability in biofumigation efficacy through an epidemiological framework. *Soil Biol. Biochem.* 42, 2044-2057.
- Motisi N., Montfort F., Dore T., Romillac N., Lucas P. (2009) Duration of control of two soilborne pathogens following incorporation of above- and below-ground residues of Brassica juncea into soil. *Plant Pathology* 58, 470-478.
- Motisi N., Montfort F., Faloya V., Lucas P., Dore T., (2009) Growing Brassica juncea as a cover crop, then incorporating its residues provide complementary control of *Rhizoctonia* root rot of sugar beet. *Field Crops Research* 113, 238-245.
- Singh A., Copeland L., Guest D. (2010) Effects of white rust (*Albugo candida*) on the glucosinolate content in Brassica crops and interactions with defense activators. *28th International Horticultural Congress*, Lisbon, 22-27 août 2010, S13.274.

# INTERET ET FAISABILITE DE LA BIODESINFECTION AVEC DES BRASSICACEES EN MARAICHAGE SOUS ABRI

**Laure Parès**  
INRA SAD Alénya-Roussillon  
66200 Alénya  
Laure.Pares@supagro.inra.fr

## RESUME

La biodésinfection permet de lutter contre les pathogènes telluriques. La culture de *Brassica juncae* sous abri demande une attention particulière tout au long de sa conduite. Elle est réalisable en période chaude ou froide. Les premiers résultats issus du programme de recherche Prabioteel mettent en évidence une efficacité sur *Sclerotinia* et sur *Pyrenochaeta lycopersici*. Le cumul de la pratique et son association à d'autres techniques qui pourraient améliorer son efficacité, restent à tester.

## INTRODUCTION

La culture d'engrais verts est une des pratiques de base de l'agriculture biologique. La culture, puis l'incorporation dans le sol d'une couverture végétale contribue à maintenir ou améliorer la fertilité des sols mais permet aussi de lutter contre les maladies telluriques lorsque l'espèce choisie a des propriétés réputées biocides. Cette technique seule ou associée est utilisée pour lutter contre les pathogènes telluriques. La mise en œuvre et l'efficacité de la bio désinfection avec la moutarde brune ont été testées au sein du programme de recherche Prabioteel, grâce à différentes expérimentations mises en place par 5 stations d'expérimentations : Grab, Ctil Balandran, Invenio Aquitaine, Inra Alénya, Aprel.

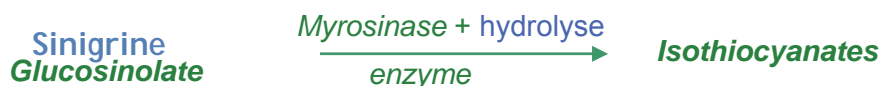
## LES MALADIES TELLURIQUES

En maraîchage sous abri, le retour des espèces sur une même parcelle est rapide, qu'il s'agisse l'hiver d'espèces de la famille des astéracées comme la salade ou au printemps des espèces de la famille des solanacées, des cucurbitacées ou autres. Sur ces parcelles on observe des dégâts plus ou moins importants liés à un cortège de maladies telluriques:

- d'origine **cryptogamique**: *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *minor*, *Colletotrichum coccodes*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Verticillium dahliae*, *Pythium spp*
- d'origine **virale**: big vein, tache orangée vecteur *Olipidum brassicae*
- d'origine **parasitaire**: nématodes *Meloidogyne spp*.

## BIODESINFECTION PAR LA MOUTARDE BRUNE

Le principe est d'utiliser le pouvoir biocide d'une espèce mise en culture, broyée puis immédiatement incorporée au sol. Au cours de sa destruction en condition humide, il se forme un composé toxique pour les bio agresseurs du sol. La famille des *Brassicacées*, est la famille de plante la plus étudiée pour cet usage. Ces différentes espèces et particulièrement la moutarde brune *Brassica juncae*, contiennent des glucosinolates (GSL) qui sous l'action d'une enzyme, la myrosinase, et de l'eau vont se transformer en isothiocyanates (ITC) ; molécule connue pour son action contre les bio agresseurs.

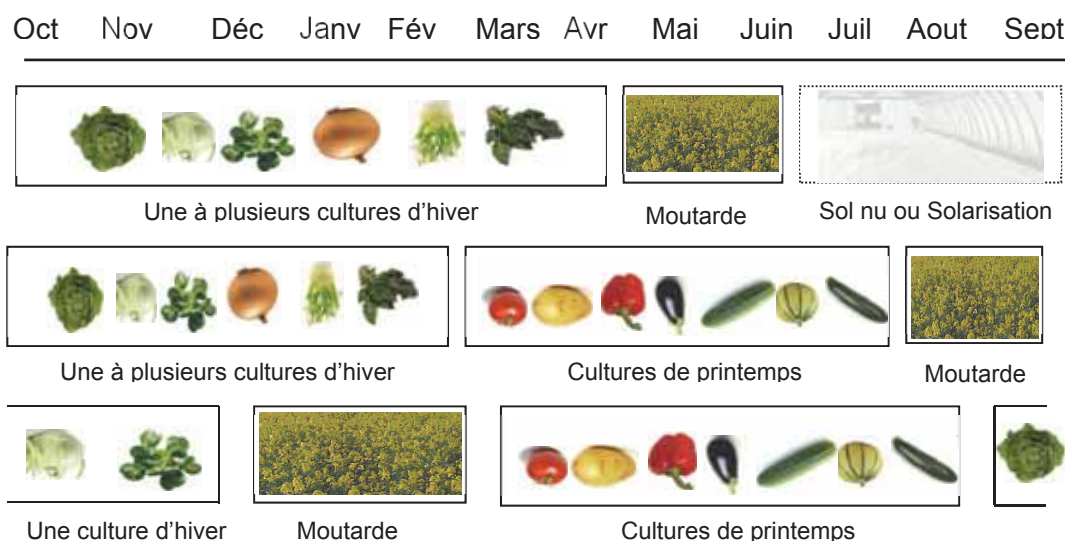


La concentration maximale en GSL est atteinte dans les plantes à la pleine floraison. La richesse en GSL des différentes variétés est très variable (Sarwar *et al.*,1998). Les variétés sélectionnées pour la production condimentaire sont riches en GSL dans les graines et à priori dans le reste des organes (Sarwar et Kirkegaard, 1998). Beaucoup de travaux de recherche en laboratoire mettent en évidence l'efficacité des ITC dans la lutte contre les bio agresseurs telluriques, les pathogènes présents sur les systèmes de cultures d'abri froid y sont sensibles (Viilleneuve, 2006). Par contre les résultats et la mise en œuvre au champ sont très variables d'une étude à une autre (Motisi, 2009).

Outre les effets directs des ITC, il faut aussi tenir compte des effets positifs induits par la mise en place d'une culture, (i) par le maintien d'une flore active tout au long de sa conduite, (ii) par l'activation biologique liée à la décomposition de la matière fraîche incorporée. Le résultat de ces 3 modes d'actions est la modification de la réceptivité des sols aux maladies.

### 1.1. La Moutarde Brune : sur quel créneau ?

La culture peut être positionnée en fonction des contraintes des systèmes de cultures. Elle peut être éventuellement suivie d'une solarisation au printemps.



**Figure 1 : Positionnement de la moutarde brune dans le calendrier de culture**

### 1.2. Une mise en œuvre pas si simple...

Il est apparu dans l'ensemble des essais mis en place entre 2008 et 2011 qu'une attention toute particulière est à apporter au lit de semence, qui doit être fin et maintenu humide. Le semis doit être minutieux ; en exploitations maraîchères sans semoir, cette tâche peut être délicate. Elle peut induire une mauvaise répartition des graines, source d'hétérogénéité. Sous abri la dose de 8 kg/ha a été choisie comme référence dans les essais. Le passage d'un outil qui recouvre les graines est nécessaire. Toutes ces précautions doivent permettre une levée en 7 jours.

Les irrigations très régulières les quinze premiers jours de culture, journalières sur la période estivales vont s'espacer progressivement pour représenter en fin de culture de 50 à 70 % de l'évapotranspiration en fonction de la saison.

Une richesse du sol en azote d'environ 100 kg N /ha, permet la production d'une quantité de matière fraîche importante. La moutarde brune est sensible à la carence azotée, une perte de production peut en découler de l'ordre de 50 % et la synthèse des GSL consomme du soufre.

La moutarde brune est sensible en période chaude (printemps à l'automne) à *Rhizoctonia solani*, qui provoque la fonte du semis avec des répercussions importantes sur le

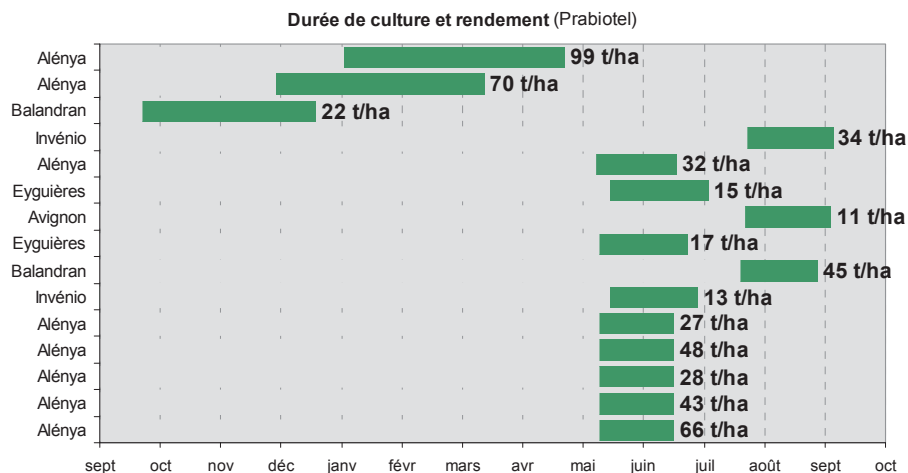
rendement final. Sur cette période des galles liées aux nématodes *Meloidogyne spp*, ont été observées sur les systèmes racinaires en parcelles infestées. En période hivernale la présence de *Sclerotinia* a été constatée.

Aucune relation n'a pu être faite entre les zones atteintes par ces bio agresseurs sur la moutarde et des dégâts sur les cultures suivantes induits par les mêmes pathogènes. Elle est sensible au gel à la montaison à fleur, attention aux mises en place d'octobre, novembre.

Au stade pleine floraison elle doit être broyée et immédiatement incorporée au sol : la transformation en ITC démarre dès l'altération des tissus. La finesse de broyage permettra de mettre en contact plus ou moins de myrosinase avec les glucosinolates contenus dans un compartiment différent de la cellule. Cette enzyme peut aussi être produite par les champignons du sol en particulier si la parcelle a déjà porté des Brassicacées les années précédentes (Gimsing et Kirkegaard, 2009)

La phase de broyage peut être suivie de la pose de paillage qui maintiendra le sol humide et permettra en été d'enchaîner avec une solarisation. La moutarde brune s'adapte aux conditions de culture sous abri froid. Elle peut se mettre en place du printemps à l'hiver, en fonction du créneau disponible dans la rotation culturale. Le cycle de culture va durer de 40 à 100 jours (Figure 2).

Les quantités de matières fraîches produites atteignent 100 t/ha en période froide et 60 t/ha en période chaude avec une mise à fleur plus précoce et des plantes plus petites.



**Figure 2 – Durées du cycle de culture et rendement des différents essais**

### 1.3. Efficacité seule ou associée

Les essais mis en place à l'Inra d'Alénya ont permis de tester la moutarde brune

- **seule** : en culture d'hiver, avec comme objectif d'évaluer son incidence sur *Pyrenochaeta lycopersici*, le corky root
- **en combinaison** : avant une solarisation, pour évaluer le cumul des efficacités, sur les bio agresseurs de la salade

C'est la variété Etamine, réputée riche en sinigrine qui a été choisie sur les deux mises en place. Nous avons choisi de broyer et d'incorporer avec un seul outil (rotovator).

En hiver au bout de 100 jours de culture, elle a été broyée et enfouie, le stade optimum de pleine floraison n'ayant pas été atteint. Le sol a été retravaillé à la rotobèche pour une plantation de la tomate 15 jours plus tard, mi mars. Un bon rendement a été obtenu : 70t MF/ha. Avec la variété de tomate Brenda, qui est sensible au Corky root, il n'y a pas eu de différence de rendement. La pression de *Pyrenochaeta lycopersici* n'a pas induit de flétrissement de plante. Toutefois l'observation des systèmes racinaires en fin de culture a permis de mettre en évidence une différence hautement significative en faveur du précédent moutarde avec moins d'atteinte des systèmes racinaires. Sur une échelle de 0 à 10 de notation de maladie, la moyenne des notations a été de 5.2 contre 6.5 sur un

précédent en sol nu. A noter que les besoins en eau de la culture de tomate après la moutarde brune sont nettement supérieurs.

Au printemps après 40 jours de cycle, elle a obtenu un bon rendement de 66 t MF/ha. Au stade optimal, elle a été broyée, enfouie puis bâchée en enchaînant sur une solarisation de 100 jours. Les températures obtenues sont plus faibles de 2°C par rapport à un précédent sol nu. Nous n'avons pas démontré d'effet sur *Botrytis cinerea*, une part très importante de la maladie dans nos conditions étant liée à des recontaminations aériennes. Sur le *big vein*, cela n'a pas provoqué d'évolution décelable. Sur le *rhizoctonia*, malgré sa présence sur la moutarde, les foyers ne se sont pas retrouvés sur les cultures de salades, qui ont été très peu touchées. Sur le *sclerotinia*, il a été observé un effet supérieur à la solarisation seule (Figure 3), avec 9% en moins d'atteinte des plantes sur les 2 laitues suivantes. En 2<sup>ème</sup> année derrière une tomate, on note sur 3 salades successives que le champignon augmente de nouveau sans pour autant arriver aux niveaux atteints avant pratique assainissante. L'association moutarde-solarisation est à mettre en place dans des conditions très chaudes, car en démarrant sur un sol plus froid la solarisation n'atteint pas les mêmes valeurs en températures.

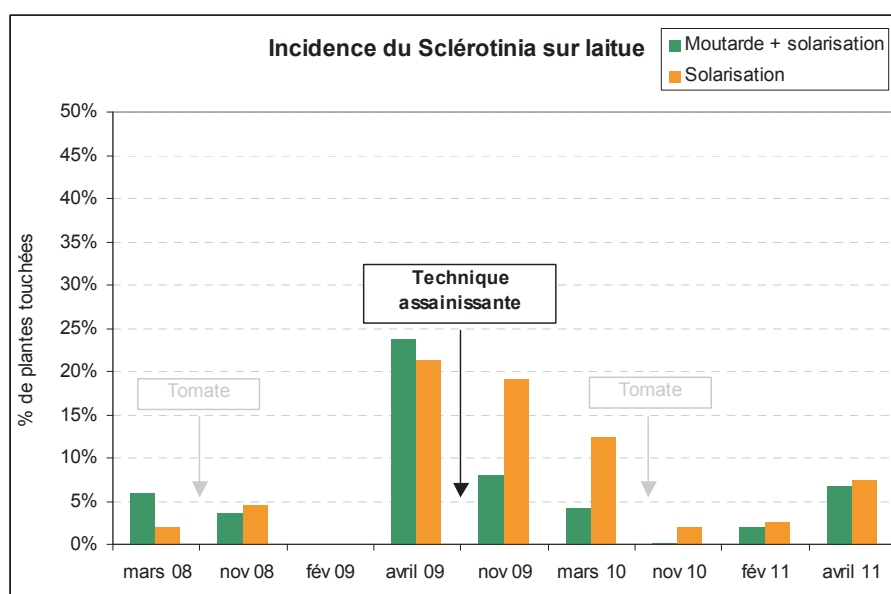


Figure 3 – Effet de la moutarde sur Sclerotinia

## CONCLUSION

La mise en place d'une moutarde brune pour une biodésinfection en système maraîcher sous abri froid est possible. Un grand soin est à apporter à la conduite de la culture pour obtenir une masse importante de matière fraîche, première étape de la réussite de la technique. Les premiers essais montrent une efficacité sur certains pathogènes, la répétition de la mise en culture pendant plusieurs années ainsi que l'association à d'autres techniques assainissantes devraient améliorer son efficacité. Cette technique doit permettre la modification des dynamiques des micro-organismes du sol, phénomènes longs à se mettre en place. Ces hypothèses pourront être testées par la mise en place d'essais à long terme par les différents partenaires d'expérimentation dans le cadre du réseau DéphyEcophyto.


Remerciements à l'ensemble des partenaires du réseau Prabiotel abri.

## BIBLIOGRAPHIE

- GIMSING.A., KIRKEGAARD J.A. (2009) Glucosinolates and biofumigation : fate of glucosinolates and their hydrolysis products in soil, *Phytochem rev*, 8, 299-310
- MOTISI N. (2009) Réguler les maladies d'origine tellurique par une culture intermédiaire de Brassicacées : mécanismes d'action et conditions d'expression dans une rotation betterave-blé, *Thèse*, p 53.
- SARWAR M., KIRKEGAARD J.A., WONG P.T.W., DESMARCHELIER J.M. (1998) Biofumigation potential of brassicas III. In vitro toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens, *Plant and Soil*, 201, 103–112
- SARWAR M., KIRKEGAARD J.A. (1998) Biofumigation potential of brassicas II. Effect of environment and ontogeny on glucosinolate production and implications for screening, *Plant and Soil*, 201, 91–101
- VILLENEUVE F. (2006) désinfection et bio désinfection, SIVAL.







**Engrais verts et biofumigation : travaux en cours, intérêts, limites et perspectives**

Céline JANVIER (Ctifl) et Hélène VEDIE (GRAB)

1 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Modes d'action**

2 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Le "3 en 1"**

- ▶ mise en place d'une culture "biofumigante"
  - ▶ effet hôte / non hôte
  - ▶ allélopathie
- ▶ broyage et incorporation au sol des parties aériennes
  - ▶ biofumigation *sensu stricto*
- ▶ décomposition des résidus
  - ▶ conséquences sur la microflore du sol
- ▶ modification de la réceptivité des sols = possible amélioration de l'état sanitaire du sol, et des cultures suivantes


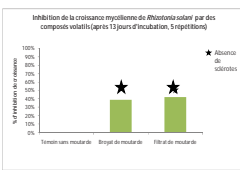
3 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Des travaux réalisés à différentes échelles**

4 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Laboratoire**

- ▶ description des glucosinolates
  - ▶ environ 120 glucosinolates décrits!
  - ▶ génétique de la production, concentration dans les différents organes en fonction de la croissance,...
- ▶ efficacité *in vitro*
  - ▶ composés volatils
  - ▶ effet dose

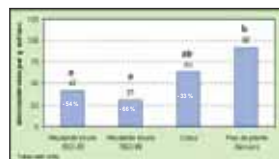



Ex : inhibition de la croissance de *R. solani* et de la formation de sclérotés, par des composés volatils de moutarde brune

5 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Conditions "semi-contrôlées"**

- ▶ essais en pots
  - ▶ Changins : Verticilliose
    - ▶ diminution du nombre de  $\mu$  sclérotés dans le sol
    - ▶ intérêt :
      - comparaison de différentes espèces
      - tests de différentes formulations : plante entière / pellets
      - test dans différents types de sol
    - ▶ limites :
      - plante révélatrice à suivre?
      - variabilité des résultats



6 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

► **essais en pallox**

► **Sérail 2008 : champignons pathogènes telluriques sur laitue**

► **objectif :**

- isoler les facteurs explicatifs
- espèces : moutarde brune +/- riche en glucosinolates, mélange Terra Protect (moutarde + radis)
- conduite : irrigation avant incorporation, taille du broyage

► **limites :**

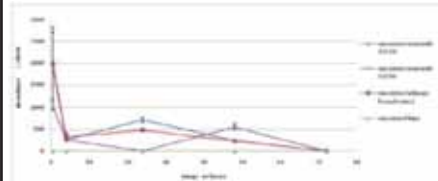
- représentativité?
- pas d'attaque nette de *Rhizoctonia solani* sur les laitues suivantes, malgré inoculation



► 7 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

► **résultats**

- majeure partie des ITC produits dans les 24 premières heures
- broyage fin : libération + rapide d'ITC
- humidité favorable à la production d'ITC, optimum : irrigation 2 jours avant broyage rapide



► 8 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Stations expérimentales**

► **Sérail 2007 : champignons pathogènes telluriques sur laitue**

► **objectif :**

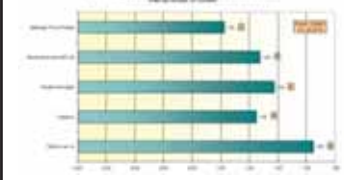
- compréhension des **mécanismes**, notamment des dégagements gazeux d'isothiocyanates (ITC)
- collaboration avec le Centre d'Etude des Substances Naturelles (Lyon 1)



► 9 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

► **résultats**

- intérêt du mélange Terra protect pour la qualité sanitaire des salades



► **intérêt :**

- comparaison d'espèces

► **limites :**

- ITC non retrouvés dans le sol...

► 10 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**Autres travaux en cours en stations**

- Prabiote : cf. présentations précédentes
- LCA : asperge / fatigue de sol / biodésinfection avant replantation
  - depuis 2006 pour plantation 2007, 2 récoltes notées, 2009 et 2010
- SEHBS
  - aubergine greffée / dépérissements racinaires
  - depuis 2009, mélange radis fourrager + moutarde brune
  - tunnels en AB / amélioration des propriétés du sol
  - depuis 2010
- SEFRA : essai fraise / fatigue de sol
  - depuis 2008, mélange radis fourrager + moutarde brune, période automne-hiver, semis sous P17 ou tunnel bâché

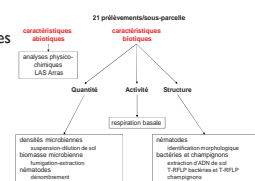
► 11 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

**De la station au laboratoire**

► collaboration Ctifl / INRA Dijon 2003-2006 : champignons pathogènes telluriques sur carotte

► **Objectif :**

- effets de la biofumigation (radis fourrager + bâchage) sur :
  - les caractéristiques du sol
  - les communautés microbiennes
  - les communautés de nématodes libres
  - la qualité sanitaire des carottes



► 12 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

### Résultats

**densité**  
 2004  
 T0 T1 T2

**activité**  
 2004 (0-3h)  
 T0 T1 T2

**structure**  
 au démarrage  
 après les carottes  
 à la fin de la biofumigation

structure champignons 2004

- ▶ **Modifications importantes des communautés microbiennes suite à la biofumigation**
  - ▶ + de microorganismes, + actifs
  - ▶ modification de l'importance relative des différents taxons dans la composition des communautés → identification d'une espèce fongique associée à la biodésinfection
  - ▶ + ou - durable / transitoire

13 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

### Test de réceptivité des sols à *R. solani*

		Dose 1/20		
		T6	MO	Bd
2004	T1	77 a	77 a	55 b
	T2	95	96	95
2005	T0	91	91	84
	T2	72 b	79 a	69 b

- ▶ **Effet sur la qualité sanitaire des carottes**
  - ▶ potentiels infectieux en conditions contrôlées : diminution de la réceptivité à *R. solani* des sols biodésinfectés, mais ne dure pas
  - ▶ notations en parcelles : rien de net (hétérogénéité de départ + potentiel infectieux faible)
- ▶ **Bilan**
  - ▶ confirmation de l'impact de la biofumigation au niveau de la flore microbienne du sol
  - ▶ difficulté à voir les effets "sanitaires" au champ

14 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

### Sur le terrain

- ▶ **Nombreuses propositions de variétés ou mélanges "biofumigants"**

- ▶ **Pas de références dans tous les systèmes de culture...**

15 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

### Ailleurs...

- ▶ **Nombreux travaux au niveau international**
  - ▶ en Italie : ISCI, travaux de L. Lazzeri
  - ▶ en Suisse : travaux de Changins
  - ▶ en Australie : travaux de Kirkegaard et al.
  - ▶ ...
- ▶ **Des produits disponibles**

16 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

### Bilan

17 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

### Une technique intéressante

- ▶ technique durable (?)
- ▶ effet "3 en 1", bénéfiques pas uniquement du point de vue sanitaire : fertilité, structure du sol...
- ▶ possible "spectre" de bioagresseurs assez large : maladies, nématodes et adventices
- ▶ des résultats disponibles
- ▶ des produits sur le marché

18 Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

## Mais qui montre déjà des limites

- ▶ pas de recette "miracle" ou de solution "clé en main"
- ▶ technicité nécessaire pour mise en œuvre optimale
- ▶ mobilisation des parcelles (assez) longue
- ▶ interventions parfois nécessaires pendant la culture (irrigation, fertilisation...)
- ▶ sensibilité de certains engrais verts aux bioagresseurs de la culture

▶ 19

Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

## Encore beaucoup de questions...

- ▶ technique "complexe" car modes d'action "multiples"
  - ▶ nombreuses études possibles
    - ▶ quelle plante utiliser? seule? en mélange?
    - ▶ à quelle époque? en interculture ou en remplacement d'une culture?
    - ▶ quelle conduite?
    - ▶ à quelle taille broyer? à quelle profondeur incorporer? dans quel délai?
    - ▶ couvrir ou pas? avec quel plastique? pendant combien de temps?
  - ▶ résultats variables
    - ▶ nouvelles questions qui se posent!
- ▶ toute une gamme à explorer
  - ▶ pellets, "foin de moutarde", solutions liquides...

▶ 20

Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

## Une collaboration nécessaire

- ▶ résultats largement dépendant des systèmes, des plantes cultivées et des bioagresseurs ciblés, et des conditions de mise en œuvre
  - ▶ recherche "locale" nécessaire
- ▶ transmission à la pratique délicate
  - ▶ collaboration entre chercheurs, agents de développement et conseillers techniques, et avec les sélectionneurs et fournisseurs

▶ 21

Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

Des projets à venir

22

Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

## GEDUBAT

- ▶ Innovations techniques et variétales pour une gestion durable des bioagresseurs telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris
- ▶ Objectif : valider l'intérêt et l'efficacité de l'utilisation de pratiques améliorantes
- ▶ → diminuer les IFT de ces systèmes en diminuant ou remplaçant les traitements de désinfection de sol
- ▶ Projet EXPE DEPHY ECOPHYTO, 2012-2017
- ▶ Partenariat
  - ▶ Ctifl / INRA Alenya / GRAB / APREL / INVENIO
  - ▶ Réseaux FERME Vendée et Bouches du Rhône
  - ▶ Equipes INRA et IRD

▶ 23

Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques

# **ATELIER ARBORICULTURE**

**JEUDI 8 DECEMBRE**

**8h30**

# MOISSURES, MYCOTOXINES ET LEURS BIOSYNTHESES: L'EXEMPLE DE LA PATULINE

**Olivier Puel**

Laboratoire Toxalim UMR 1331 INRA/INP  
180 Chemin de Tournefeuille  
31027 Toulouse Cedex 3 France  
opuel@toulouse.inra.fr

## INTRODUCTION

Les moisissures sont largement utilisées en industrie agroalimentaire où elles participent, sous conditions maîtrisées, à la transformation des matières premières alimentaires en produits de hautes valeurs ajoutées (fromagerie, ...). Cependant en marge de cet aspect bénéfique, certaines moisissures peuvent devenir nuisibles en altérant non seulement les qualités organoleptiques et nutritionnelles des denrées alimentaires mais aussi leurs qualités sanitaires en synthétisant des métabolites secondaires (mycotoxines) provoquant des effets délétères chez les organismes qui les ingèrent. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture environ 25 % des denrées alimentaires sont contaminées par les mycotoxines. Ce « fléau » touche les denrées à tous les stades de la chaîne alimentaire, entraînant des préjudices économiques considérables pour les différents acteurs des filières concernées. Les conséquences sanitaires sont multiples: baisse des rendements et de la qualité des grains, baisse du poids des volailles et du bétail, sensibilité accrue aux infections due à l'affaiblissement des défenses immunitaires, mortalité accrue des animaux de rentes, induisant des pertes économiques considérables.

## 1 MOISSURES ET MYCOTOXINES

Plus de deux mille métabolites secondaires d'origine fongique ont été identifiés après production dans des conditions de laboratoire. Bien que déjà important et sans cesse croissant le nombre de ces derniers est largement sous-estimé puisque les études ont porté sur un très faible nombre d'espèces fongiques en regard du nombre incroyable d'espèces de champignons existant sur le globe. D'après des extrapolations, il y aurait entre 1 et 1,5 millions d'espèces fongiques sur terre, dont 70 000 ont été, à ce jour, décrites. Parmi ces 70 000, seulement 5% des espèces ont été étudiées pour quelques caractères particuliers. Certaines espèces fongiques, notamment celles des genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* se révèlent de véritables usines métaboliques responsables de la synthèse de pléthore de composés chimiques. Ces métabolites sont qualifiés de secondaires pour deux raisons. Ils sont généralement produits par le champignon après sa phase de croissance et ils ne jouent aucun rôle physiologique apparent. Rares sont les cas où une fonction a pu être mise en évidence.

Parmi le grand nombre de métabolites identifiés, certains possèdent des activités biologiques voire cytotoxiques et provoquent des effets délétères chez les organismes qui les ingèrent. Sans être exhaustif, les mycotoxines peuvent induire une toxicité au niveau de nombreux organes, comme l'appareil reproducteur, le foie, la peau, les reins, le sang, le système gastro-intestinal, le système immunitaire. Les dangers liés à l'ingestion de certaines mycotoxines ont été suffisamment bien appréhendés pour inciter les pouvoirs publics et notamment la Commission Européenne à édicter des textes réglementant la présence et la concentration de certaines molécules dans les aliments à risques. Ces textes ne concernent qu'un nombre très limité de molécules puisque sur les deux mille composés d'origine fongique identifiés et la trentaine de composés dont la toxicité a été prouvée, seules les

aflatoxines, l'ochratoxine, la zearalenone, les fumonisines, les trichothécènes ainsi que la patuline font l'objet d'une réglementation européenne.

## **2 LA PATULINE**

### **2.6. Espèces fongique productrices de patuline**

La patuline possède une longue histoire. Elle a été découverte dans l'enthousiasme général, durant l'effort de criblage de nouvelles molécules d'origine fongique dans le cadre de la recherche de nouveaux antibiotiques suite à la découverte de la pénicilline par Fleming durant les années 1938-1943. Cette mycotoxine a fait figure d'antibiotique potentiel, des essais cliniques ayant même été réalisés, avant qu'elle n'acquiert son statut de mycotoxine. Elle a été initialement isolée de *Penicillium griseofulvum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium claviforme* et *Aspergillus clavatus*. Elle est aussi produite par dix autres espèces de *Penicillium*, trois autres espèces d'*Aspergillus* et *Byssoschlamys nivea* (Puel, 2007). A ce jour deux espèces posent de réels problèmes en termes économiques et sanitaires, dus à leur capacité à produire la patuline. Le premier, *Penicillium expansum* constitue le principal responsable de la présence de patuline dans les pommes et autres produits transformés à bases de pommes. Le second, *Byssoschlamys nivea* contamine fréquemment les ensilages, provoquant des accidents toxicologiques dans les élevages.

### **2.7. Occurrence de la patuline dans les aliments**

La production de patuline est couramment mais non exclusivement associée à la pourriture molle de la pomme ou pourriture bleue, principalement causée par *Penicillium expansum*. Ce champignon considéré comme le principal responsable de cette pourriture dans l'industrie de la pomme, affecte naturellement d'autres fruits (cerises, prunes, abricots, pêches, nectarines, poires, coings) causant le même type de lésions. Bien que la présence de champignons producteurs de patuline sur des fruits ne signifie pas obligatoirement présence de patuline, la patuline est régulièrement détectée sur des fruits atteints de lésions brunes, comme les bananes, raisins, pêches, abricots, ananas ou cerises. De même, de nombreuses études rapportent la présence naturelle de patuline dans différents produits de transformation des fruits tels que les jus ou nectars de pommes, raisins, cerises, poires, ananas et fruits de la passion, les compotes de pommes, de prunes, les confitures de fraises, cassis et myrtilles.

Afin d'évaluer le pouvoir toxigène du substrat, des essais d'inoculation artificielle de différents fruits, légumes et produits à base de légumes ont été réalisés avec des souches de *Penicillium expansum*, *P. griseofulvum* et *Byssoschlamys nivea*. Quand ces substrats sont expérimentalement infectés par *P. expansum* et stockés à température ambiante, la patuline est produite sur les pêches, abricots, prunes, bananes, fraises, melons, tomates ainsi que sur divers produits dérivés de la tomate. La patuline n'est produite que si les fraises, les bananes et les melons sont inoculés par *P. griseofulvum*. Enfin, *Byssoschlamys nivea*, par sa production de patuline, n'affecte que les melons d'Espagne et les pêches. Les résultats d'essais d'inoculation artificielle de jus de cerises, de cassis et de raisins par *P. expansum* (Larsen et al, 1998) laissent à penser que d'autres produits d'origines végétales pourraient naturellement receler de la patuline, dont le vin. Dans une étude ancienne, la patuline a été détectée dans les jus à des concentrations s'échelonnant entre 0,3 et 4,5 µg/L mais absente des jus partiellement fermentés et des vins (Scott et al, 1977). Ces données suggèrent que la patuline est détruite ou convertie en d'autres composés durant la fermentation. En effet, 99% de la patuline ajoutée à des jus de pomme avant fermentation est convertie en E-ascladiol, un composé hydrosoluble non volatil. Deux études ont montré que la patuline pouvait migrer au-delà de la zone contaminée. En effet, le développement fongique après l'inoculation de pommes saines par *Penicillium expansum*, pouvait entraîner une diffusion de la patuline à l'intérieur de 1 à 2 cm de tissus sains. Contrairement à ce qui a été observé pour la pomme, la mycotoxine pénètre plus facilement à travers les tomates infectées, diffusant dans la totalité du fruit.



Enfin pour clôturer la liste des aliments susceptibles d'être contaminés par la patuline, il ne faut pas écarter certains substrats destinés à l'alimentation animale tels que les ensilages et les fourrages. Une enquête épidémiologique réalisée en France par Escoula (1974) a montré que 59% des 34 ensilages de maïs testés contenaient de la patuline. La présence simultanée d'acide byssochlamique montrait que *Byssochlamys nivea* était à l'origine de la patuline.

## 2.8. Paramètres influant sur la synthèse de la patuline

La production de patuline dépend comme nombreuses autres biosynthèses de mycotoxines, des principaux facteurs environnementaux régissant la croissance fongique que sont la température, l'activité en eau du substrat ( $a_w$ ) et la nature du substrat. La tolérance envers ces facteurs dépend elle-même de l'espèce considérée. Les données disponibles dans la littérature concernent quelques espèces, *Penicillium griseofulvum*, *Penicillium expansum* et *Byssochlamys nivea*. *Penicillium griseofulvum* synthétise la patuline sur une plage de températures s'étalant de 5 à 30°C avec un optimal à 25°C. Pour *P. expansum*, la plage de température est sensiblement identique puisque la patuline a été produite aussi bien à 4°C dans des cidres qu'à 25°C dans des pommes avec, toutefois, des teneurs 5 fois plus élevées à 25°C.

Pour *Byssochlamys nivea*, l' $a_w$  à laquelle la moisissure est capable de produire la patuline est de 0,978, 0,968 et 0,959 respectivement à 21, 30 et 37°C. La production de patuline par les autres espèces telles qu'*Aspergillus clavatus*, *Penicillium expansum* et *Penicillium griseofulvum* est confinée aux  $a_w$  élevées supérieures à 0,95.

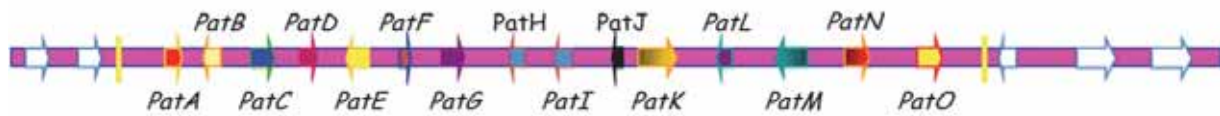
## 2.9. Mécanismes moléculaires de biosynthèse de la patuline

Contrairement aux toxines bactériennes généralement de nature protéique, les mycotoxines sont des produits terminaux de cascades de réactions enzymatiques successives. Chez les champignons filamenteux, les gènes codant pour la synthèse d'une toxine sont tous regroupés à l'intérieur d'une même région chromosomique appelée « cluster » et localisée généralement sur les extrémités sub-télomériques des chromosomes. Contrairement à certaines mycotoxines réglementées telles que les aflatoxines, les trichothécènes ou les fumonisines, la génétique de la voie de biosynthèse de la patuline est fort mal connue, bien que cette voie ait été relativement bien caractérisée du point de vue chimique. D'après la caractérisation chimique de cette voie, on suppose que 13 gènes interviennent dans la voie de biosynthèse de la patuline. Mais à ce jour seuls cinq gènes ont été clonés (*6msas*, *idh*, *p450I*, *p450II*, *abc*) (Artigot et al, 2009, Puel et al, 2010). Il faut d'ailleurs noter que ces gènes ont été isolés à partir de *Byssochlamys nivea*, *Penicillium griseofulvum* et *Aspergillus clavatus*, trois espèces productrices de patuline ne se retrouvant pas sur le substrat « pomme ». Les quatre premiers gènes codent pour des enzymes, le dernier codant pour un transporteur actif de la famille des ABC (ATP Binding Cassette) transporteurs a été localisé chez toutes les espèces étudiées, suggérant que l'évacuation de la patuline hors du champignon nécessite l'action d'un transporteur actif. Récemment un cluster de gènes identifié comme le cluster de la patuline, composé de ces quatre gènes mais aussi de 11 autres (*PatA-PatO*), a été détectées dans le génome d'*A. clavatus* (Fig. 1) (Artigot et al, 2009).

Du point de vue application, ces travaux ont d'ores et déjà apportés des réponses concrètes à des problèmes industriels. Une étude réalisée sur un panel relativement divers de souches d'origines géographiques différentes de *Byssochlamys nivea* et *Byssochlamys fulva*, conclut à la non-production de patuline par *B. fulva* sur des bases analytiques et génétiques. Cette absence de production est due à l'absence d'au moins deux gènes, *6msas* et *idh*. *B. fulva* fréquemment isolé des fruits ne représente donc pas une source de contamination des pommes par la patuline dans les filières de transformation (Puel et al, 2007). *Penicillium expansum* et *Byssochlamys nivea* sont donc considérés comme les principales sources de contamination des pommes par la patuline.

Avec la découverte du cluster, d'une part il peut-être maintenant envisagé le développement d'outils de détection permettant une meilleure maîtrise de la contamination

des pommes par la patuline et d'autre part d'appréhender les mécanismes intimes régulant sa synthèse.



**Figure 1 – Cluster des gènes codant pour les enzymes impliquées dans la synthèse de la patuline chez *A. clavatus*. En couleur les gènes impliqués, en blanc gène extérieur du cluster**

## BIBLIOGRAPHIE

- ARTIGOT M.P., LAFFITTE J., TADRIST S., LOISEAU N., OSWALD I. et PUEL O. (2009) Molecular cloning and functional characterization of two CYP619 family cytochromes P450 involved in biosynthesis of patulin in *Aspergillus clavatus*. *Microbiology*. N°155, 1738-1747.
- ESCOULA L. (1974). Toxinogenic moulds in ensilaged forage. I. Presence of patulin in silage cutting fronts. *Ann. Rech. Vét.* N°5, 423-432.
- LARSEN T.O., FRISVAD J.C., RAVN G. et SKAANING T. (1998) Mycotoxin production by *Penicillium expansum* on blackcurrant and cherry juice. *Food Addit Contam.* N°15, 671-675.
- PUEL O. (2007) Bases moléculaires de la voie de biosynthèse de la patuline, mycotoxine produite par *Byssoscllamys nivea* et *Penicillium griseofulvum*. Thèse de doctorat. <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000472/01/puel.pdf>
- PUEL O., TADRIST S., DELAFORGE M., OSWALD I.P., LEBRIHI A. (2007) The inability of *Byssoscllamys fulva* to produce patulin is related to absence of 6 methylsalicylic acid synthase and isoepoxydon deshydrogenase genes. *Int. J. Food Microbiol.* N°115,131-139.
- PUEL O., GALTIER P., OSWALD I.P. (2010) Biosynthesis and toxicological effects of patulin. *Toxins* n°2, 613-631.
- SCOTT P.M., FULEKI T., HARWIG J. (1977) Patulin content of juice and wine produced from moldy grapes. *J Agric Food Chem.*, N°25, 434-437.

# LA PATULINE DANS LES POMMES ET LES PRODUITS A BASE DE POMMES

**Claude Aubert**

9 villa Wagram Saint Honoré, 75008 – PARIS

Mail : [aubertcl@orange.fr](mailto:aubertcl@orange.fr)

Tel : 01 44 09 87 27

## RESUME

La patuline est une mycotoxine assez fréquente dans les produits dérivés de la pomme (jus de fruits, compotes, etc.). A très haute dose elle est cancérigène et tératogène. Les produits bio sont souvent soupçonnés d'en contenir davantage que les produits conventionnels. En fait la patuline est plus un problème de techniques de transformation (notamment délai entre récolte et transformation, triage, clarification) que de mode de production. L'acide acétique semble être un moyen particulièrement efficace d'empêcher la multiplication des bactéries (principalement *Penicillium expansum*) productrices de patuline.

## INTRODUCTION

La patuline est une mycotoxine que l'on trouve surtout dans les produits transformés à base de pommes (jus, compote, cidre, pommeau). Elle est produite par des moisissures appartenant principalement aux genres *Penicillium* et *Aspergillum*. A doses élevées elle est toxique pour l'homme et même cancérigène et tératogène. Elle se trouve essentiellement dans les fruits portant des pourritures. Etant résistante aux hautes températures, elle sera toujours présente dans les jus et compotes fabriqués à partir de pommes contaminées, même si ces produits ont été pasteurisés ou stérilisés.

### **1 PATULINE DANS LES JUS DE POMMES SELON LE MODE DE PRODUCTION ET DE FABRICATION**

Il est couramment admis que les jus de pomme bio contiennent davantage de patuline que les conventionnels. Cela peut s'avérer exact, mais il faut également tenir compte des techniques de transformation. Le mode de production en lui-même –bio ou conventionnel – n'a qu'une influence négligeable. Les champignons produisant de la patuline se développent sur des pommes pourries et non pas, par exemple, sur des pommes tavelées. Le principal facteur propre au bio et pouvant favoriser le développement des champignons produisant de la patuline est la présence de pommes véreuses, ce qui peut faciliter la pénétration du champignon, mais cela reste un facteur mineur. Les études comparatives réalisées ces dernières années concluent à peu de différences entre les jus bio et les conventionnels, comme le montre le tableau ci-dessous.

**Tableau 1. Etudes comparant la teneur en patuline de produits bio et conventionnel à base de pommes et autres fruits**

Produits	Pays	Teneur en patuline	Référence
Jus de pomme et autres produits	Pays-Bas	Pas de différence entre bio et conventionnel	Boonzaaijer, 2004
Jus de pomme	Pays-Bas	Davantage de patuline dans les jus bio	Baert, 2007

Jus de pomme	Portugal	Pas de différence entre bio et conventionnel	Barreira , 2010
Jus et compote de pommes	Italie	Davantage de patuline dans les produits bio, mais différence non significative	Ritieni, 2003
Produits à base de pommes	Italie	Pas de différence entre bio et conventionnel	Spadaro, 2008
Jus et compote de pomme et poire	Italie	Davantage de patuline dans les produits bio, mais différence non significative	Piemontese, 2005

On voit que sur les six études identifiées une seule conclut à des teneurs en patuline significativement supérieures dans les produits bio.

Par contre, si l'on compare jus industriels et jus artisanaux, on voit, aussi bien d'après les résultats des nombreuses analyses effectuées en Grande-Bretagne que ceux de la DGCCRF, que les jus artisanaux, non ou peu filtrés, donc troubles (cloudy) sont souvent plus contaminés que les autres.

**Tableau 2 - Teneur en patuline des jus de pomme en Grande-Bretagne**

Yeara	Type of Juice	Total Number of Samples	Percentage of Samples in the Range (µg/l)					Concentrations of Patulin At or Above 50 µg/l
			<10	10-24	25-49	50-99	> 100	
1992	Cloudy	15	27	7	40	13	13	59, 82, 153, 434
	Clear	17	59	23	12	-	6	118
1993	Cloudy	76	66	25	-	7	2	61, 65, 66, 78, 97, 107, 118
	Clear	55	76	18	4	2	-	50
1994	Directly produced equivalent to Cloudy	113	66	26	4	2	2	55, 78, 189, 497
	From concentrate equivalent to Clear	78	65	32	3	-	-	-

**Source : Food Surveillance Information Sheet n° 36, 1995, MAFF, UK**

Une enquête effectuée en France en 2005 parvient à une conclusion analogue : sur 73 jus de pommes analysés, 9 présentaient une teneur en patuline supérieure à la norme légale de 50µg/litre. Il s'agissait dans tous les cas de jus artisanaux.

Les jus artisanaux renferment souvent plus de patuline que les industriels pour 3 raisons principales :

- les pommes sont rarement transformées en jus immédiatement à la récolte. En attendant elles sont stockées dans des conditions pas toujours optimales. Et même si elles sont en chambre froide, cela ralentit le développement des moisissures mais ne le supprime pas,

- le triage n'est pas toujours effectué avec un soin suffisant,
- certains traitements industriels éliminent une partie de la patuline.

## **2 CONSEILS PRATIQUES POUR EVITER LES CONTAMINATIONS**

### **2.1. Récolte**

Préférer la cueillette plutôt que le ramassage. Dans le cas du ramassage, sélectionner les fruits les plus sains (la tavelure ne pose pas de problème) et ramasser juste avant la livraison des fruits. Manipuler les fruits avec précaution. Les pommes abîmées sont plus sensibles aux attaques des moisissures.

### **2.2. Triage**

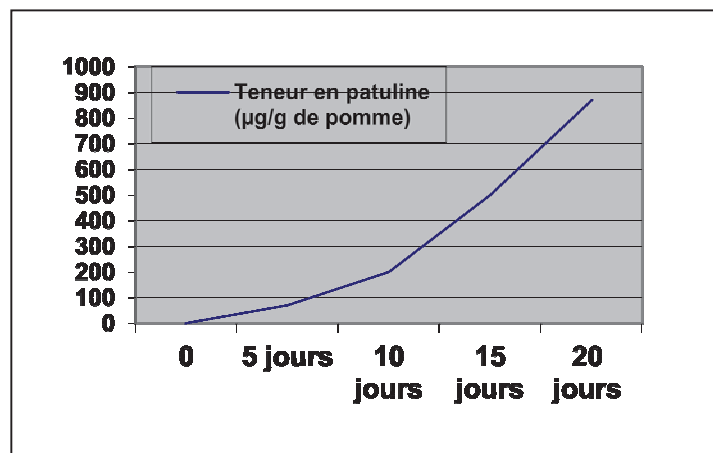
Éliminer les déchets (branches, terre...) et surtout les pommes pourries : **une seule pomme « bien pourrie » peut contaminer le jus de plusieurs centaines de pommes.**

### **2.3. Lavage**

Le lavage au jet d'eau des pommes ramassées est très utile : il permet l'élimination des restes de terre et c'est un moyen efficace pour décrocher les spores de moisissures produisant la patuline.

### **2.4. Stockage**

- Réduire au minimum la durée de stockage des fruits ramassés avant leur transformation, les conserver dans un lieu sec, bien aéré et bien frais. Suivant l'état des fruits, maximum de 5 à 7 jours de stockage. Au-delà, mettre les fruits en chambre froide. Une étude de la FSA a montré que lorsque la durée du stockage était inférieure à 7 jours, la présence de patuline était rare mais que au-delà la teneur en patuline des fruits augmentait. La production de patuline augmente en effet rapidement avec le temps comme le montre le graphique ci-dessous.



**Figure 1. Teneur en patuline en fonction du temps de pommes inoculées avec *P. expansum***  
 Source : L Chen et al.

- Examiner régulièrement la qualité des fruits et éliminer tous les fruits atteints de pourriture

## **3 TRAITEMENTS DESTINÉS A EVITER LA MULTIPLICATION DES MOISSURES ET/OU A REDUIRE LE NIVEAU DE CONTAMINATION**

Une étude réalisée en grande Bretagne par la Food Standard Agency a conclu, en comparant 10 vergers, à l'absence d'impact des traitements fongicides sur la teneur des

pommes en patuline. En bio, un traitement à l'acide acétique semble efficace, soit en trempage soit en vaporisation dans la chambre froide, mais il faudrait effectuer des essais complémentaires pour le valider.

Des chercheurs américains ont comparé l'efficacité de plusieurs produits pour empêcher l'apparition de patuline sur des fruits artificiellement contaminé par *Penicillium expansum* (Chen, 2004). Parmi les cinq produits essayés c'est l'acide acétique, à une concentration égale ou supérieure à 2% qui s'est avéré le plus efficace.

Alors que la patuline est peu détruite par la chaleur, elle peut par contre être partiellement éliminée par plusieurs traitements : centrifugation, dépectinisation enzymatique, ultrafiltration, évaporation. L'utilisation de certains de ces traitements étant systématique dans les jus industriels, cela explique qu'ils contiennent souvent moins de patuline que les jus artisanaux, biologiques ou non. Cependant les traitements les plus efficaces pour réduire la teneur en patuline sont aussi ceux qui détruisent le plus les composés utiles, notamment les polyphénols.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAERT K. et al. (2007) La patuline dans le jus de pomme, Université de Gand, Belgique.
- BOONZAAIJERG G. et al. (2005) Analysis of patulin in Dutch food, an evaluation of a SPE based method, *Food Control*, vol 15, issue 7, p. 587-591.
- CHEN I. et al. (2004) - Survival of *Penicillium expansum* and patulin Production on Stored Apples after Wash Treatments, *Journal of Food Science*, Vol 69, issue 8, p.669-675
- PIEMONTESE L. et al. (2005) Occurrence of patulin in conventional and organic fruit products in Italy and subsequent exposure assessment, *Food Additives and Contaminants*, 22(5):437-42
- RITIENI A. (2003) Patulin in Italian commercial apple products, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51(24) 6086-90
- SPADARO D et al. (2007) Incidence and level of patulin contamination in pure and mixed apple juices marketed in Italy, *Food Control*, vol. 16, issue 9, P.1098-1102

# POTENTIELS DE PREDATION ET PARASITISME SUR ŒUFS DE CARPOCAPSE DU POMMIER DANS LA REGION D'AVIGNON.

*B. Sauphanor (INRA Avignon), P. Franck (INRA Avignon), G. Libourel (GRAB)*

*Présenté par Gilles Libourel*

Groupe de Recherche en Agriculture Biologique  
GRAB – AGROPARC BP 1222 AVIGNON CEDEX 9

La régulation naturelle du carpocapse du pommier est pratiquement considérée comme négligeable dans la région d'Avignon. Cela peut s'expliquer par la concentration de cultures hôtes de ce ravageur et l'effet conjoint du climat méditerranéen particulièrement favorisant par les températures élevées et les faibles pluies en été permettant désormais le déroulement complet de 3 générations du ravageur. A partir de 2009, l'INRA et le GRAB ont commencé à réaliser des observations sur les niveaux de destruction des œufs sur le verger de pommier à très faibles intrants du GRAB.

Les carpocapses (œufs ou adultes) utilisés sont tous issus de l'élevage de l'INRA Avignon.

En 2009, les taux de prédation et de parasitisme ont été comparés entre des œufs sur support papier issu de l'élevage et des œufs obtenus en faisant pondre des adultes issus de l'élevage à l'intérieur d'un manchon entourant un rameau de pommier. Les résultats montrent une surestimation de la prédation et une sous-estimation hautement significative du parasitisme en utilisant les œufs sur support papier.

Suite à ces résultats, les observations suivantes ont privilégié le support feuille de pommier.

En 2010, les moyennes annuelles de prédation et de parasitisme des œufs sur feuille de pommier ont été respectivement de 42 % et 21 % sur une période allant de fin avril à mi-août. La durée d'exposition des œufs a été de 6 jours.

En 2011, la durée d'exposition des œufs n'a été que de 3 jours et les moyennes annuelles de prédation et de parasitisme ont été respectivement de 48 % et 2,3 % sur une période allant de mi-avril à mi-septembre.

Les variations saisonnières et inter annuelles sont présentées et discutées en fonction de la variation d'une part des pratiques d'entretien du verger et d'autre part des protocoles d'expositions.

Mais il apparaît déjà que le potentiel de régulation naturelle du carpocapse du pommier peut être intéressant à « mobiliser ».

# LA PRODUCTION CIDRICOLE ET SES SINGULARITES

**Nathalie DUPONT**

IFPC – La Rangée Chesnel – 61500 SEES  
Tél : 02.33.27.56.70 – Mail : nathalie.dupont@ifpc.eu

## RESUME

La production de pomme à cidre est une déclinaison spécifique de l'arboriculture fruitière en raison :

- **Du matériel végétal cultivé.**

Variétés basitones vigoureuses très alternantes, sous-population de pommiers peu sensibles aux maladies (sauf feu bactérien).

- **Du mode de culture.**

Verger non palissé cultivé sur M106 (arbres de grand volume)

- **De la valorisation des fruits.**

Destinés exclusivement à la transformation, les fruits sont récoltés mécaniquement au sol, d'où un niveau d'exigence différent des pommes de table : pas de calibre minimum ni de contraintes d'aspect visuel, mais une gestion délicate des maladies d'altération des fruits.

Face au déclin du verger haute-tige, à partir des années 80, des producteurs se sont engagés dans la plantation d'un nouveau type de verger spécialisé dit « basse-tige », sous contrats d'approvisionnements avec des unités de transformation.

Ce mode de production semi-intensif (rendements moyens entre 25 et 40 tonnes/ha) est adapté aux producteurs composés essentiellement d'éleveurs ou céréaliers dont la préoccupation est d'introduire un maximum de mécanisation afin de limiter les interventions manuelles notamment pour la récolte réalisée mécaniquement au sol qui représente plus de 40 % du coût de production.

Le schéma de plantation est proche du verger moderne de pomme de table : les arbres greffés sur MM106 (porte-greffe semi-vigoureux), à une densité d'environ 650 arbres par hectare sont conduits en haie fruitière de forme libre.

De 590 ha en 1980, la superficie du verger basse-tige est passée à près de 9 000 ha aujourd'hui (Tableau 1). Sa production assurée par environ 1 700 producteurs représente aujourd'hui 70 % des besoins des principales entreprises cidricoles.

	Verger haute-tige (millions d'arbres)	Verger basse-tige (ha)	Production commercialisée (T)
Basse-Normandie	2,8	3 200	} 120 000
Haute-Normandie	1,2	1 600	
Bretagne	1,5	1 900	55 000
Pays de Loire	0,7	1 250	} 55 000
Autres régions	-	750	
<b>Total</b>	<b>6,2</b>	<b>8 700</b>	<b>230 000</b>

**Tableau 1 – Répartition du verger cidricole en 2007 (Source : IFPC, 2009)**



Ainsi pour des raisons techniques (matériel végétal peu sensible) et économiques, dès les années 1980, les itinéraires techniques préconisés en production cidricole reposaient sur une utilisation restreinte des intrants.

De ce fait, des ravageurs dits « secondaires » sont rapidement apparus, et leur niveau d'infestation est devenu préoccupant : l'anthonome, la moniliose sur fleur et plus récemment les cochenilles et l'hoplocampe.

En agriculture biologique (environ 7 % du verger cidricole spécialisé) tout comme en conventionnel, ces problèmes sont présents mais d'autres aussi :

- La **gestion de l'entretien du sol sous les arbres** notamment en jeunes vergers : elle doit être compatible avec la récolte des fruits au sol et économiquement rentable
- La **lutte contre l'alternance de production** d'un matériel végétal particulièrement alternant
- La **fertilisation du verger**

Ces thèmes font partie des sujets étudiés dans les programmes AB financés dans le cadre des CPER de Normandie (avec la Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie) et de Bretagne (essais menés par la Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor et Aval Conseils).

## **BIBLIOGRAPHIE**

- CFC (1997) Evolution du verger cidricole ; perspectives de mise en marché
- IFPC (2009) Les vergers cidricoles en 2007 : potentiel de production et perspectives
- SNTC (2011) Enquête approvisionnements en fruits des usines : bilan de la récolte 2010, *Pomme à cidre*, n°27, 18-19

# RECHERCHE DE SOLUTIONS EN VERGER DE POMME A CIDRE AB EN NORMANDIE : D'UNE DEMARCHE THEMATIQUE A UNE APPROCHE SYSTEME

**Nathalie Corroyer**

, *Chambre régionale d'agriculture de Normandie*  
- *Service Vergers et Produits Cidricoles*

## **1 DEMARCHE THEMATIQUE : LE PROGRAMME DE RECHERCHE DE REFERENCES EN PRODUCTION DE POMMES A CIDRE BIOLOGIQUES EN NORMANDIE**

### 1.1. Contexte

Le programme de recherche de références en production de pommes à cidre biologiques est né en 2007 en Normandie, sous l'impulsion des professionnels de la filière cidricole, de la Chambre régionale d'agriculture de Normandie et de l'IFPC face aux interrogations suivantes :

- un développement de la production de pommes à cidre en agriculture biologique en Normandie qui suscite un intérêt croissant des transformateurs et des producteurs.
- le manque de références techniques spécifiques à la pomme à cidre en agriculture biologique ; la plupart des études réalisées en France concernant la pomme de table
- le souhait des arboriculteurs en production fruitière intégrée d'améliorer leurs pratiques

### 1.2. Partenaires du projet - contacts

- **Chambre régionale d'agriculture de Normandie (CRAN) - Service Vergers et Produits Cidricoles (SVPC)** - 6 rue des Roquemonts - 14053 CAEN cedex 4.
  - Coordination technique du programme : Nathalie CORROYER
  - Conseillers associés au programme : Jean-Charles CARDON, Bruno CORROYER, Matthieu BENOIT et Gaël LEBON
- **IFPC** - Station Cidricole - La Rangée Chesnel - 61500 SEES - Contact : Nathalie DUPONT - Tél. : 02 33 27 56 70 - [Nathalie.dupont@ifpc.eu](mailto:Nathalie.dupont@ifpc.eu)
- **GRAB de Haute-Normandie** - 9 rue de la Petite Cité - B.P. 882 - 27008 EVREUX Cedex - Contact : Sylvain BARQ - Tél. : 02.35.59.47.27 - [s.barq@grabhn.fr](mailto:s.barq@grabhn.fr)
- **GRAB de Basse-Normandie** - 6 rue des Roquemonts - 14053 CAEN Cedex 4 - Contact : Claire BOUDEAU-BLANCHARD - Tél. : 02.31.47.22.31 - [cblanchard@cra-normandie.fr](mailto:cblanchard@cra-normandie.fr)

### 1.3. Objectifs

➔ Tester l'efficacité de différentes techniques biologiques qui présentent un intérêt en pomme de table pour définir si ces solutions sont applicables sur la pomme à cidre dans nos conditions pédoclimatiques : **mise en place d'expérimentations**.

➔ Créer une dynamique de groupe en arboriculture biologique sur l'ensemble de la Normandie en associant des producteurs «conventionnels» et des producteurs biologiques par la diffusion et la valorisation des résultats obtenus dans les essais : **organisation de visites, formations et journées d'échange**.

## 1.4. Essais réalisés

### LOCALISATION DES SITES D'ESSAI A L'IFPC ET CHEZ LES PRODUCTEURS



**32 parcelles d'essais  
réparties sur 19 sites  
sur les 5 départements  
normands**

Thème	Contenu des essais	Nombre d'essais en 2011
Contrôler l'alternance	Tester l'efficacité de produits déssiccants sur fleur complétés ou non par des méthodes mécaniques (brosse ou vibrage) Tester l'effet du vibrage sur l'arbre sur plusieurs années	15
Carpocapse	Déterminer les époques d'application les plus efficaces pour le virus de la granulose	1
Pucerons	Tester l'efficacité des produits utilisables en AB : argiles, pyrèthre naturel, huiles, purins	3
Cochenilles	Préciser le cycle des différentes espèces de cochenilles présentes en Normandie et tester des interventions avec des produits biologiques en hiver ou au printemps	2
Anthonome	Comparer l'efficacité de 2 produits biologiques	3
Hoplocampe	Tester l'efficacité d'un produit biologique et déterminer sa période d'application	1
Tavelure	Tester l'efficacité du broyage en hiver sur la réduction des traitements de printemps	3
Fertilisation	Tester l'efficacité de différents types d'engrais biologiques au printemps sur la productivité des arbres	2
Entretien du rang	Trouver des solutions d'entretien de la ligne de plantation en jeune verger biologique : essai de différents types de couverts (mulchs, enherbements dirigés, bâche)	2

## 2 APPROCHE SYSTEME : LE VERGER BIOLOGIQUE DE DEMAIN

### 2.1. Contexte

Programme inter-régional « Verger de demain : vers des systèmes de production à faibles impacts sur l'environnement ». Coordination IFPC - Station Cidricole - La Rangée Chesnel - 61500 SEES - Contact : Nathalie DUPONT -Tél. : 02 33 27 56 70

Aujourd'hui la plantation en AB se raisonne selon un modèle identique à celui du verger conventionnel. Dans un dispositif innovant il est intéressant de revoir sa conception, notamment en testant des distances de plantation plus importantes et en introduisant des facteurs de réduction des intrants.

## 2.2. Objectifs

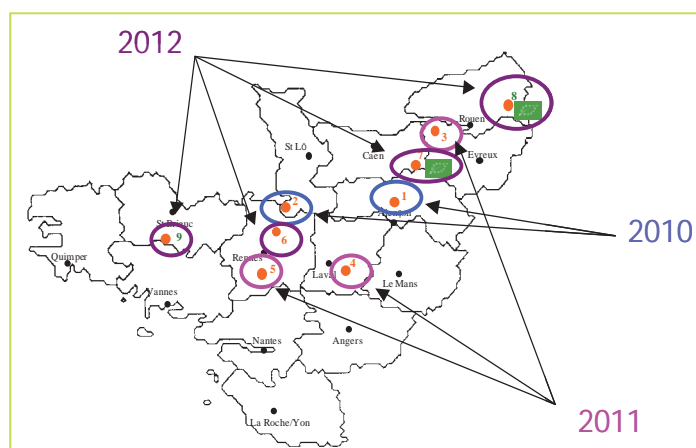
- Concevoir des systèmes de production autonomes via la combinaison de plusieurs techniques culturales limitant les intrants au maximum.
- Expérimenter leur faisabilité en conditions réelles chez des arboriculteurs.
- Évaluer l'efficacité environnementale et l'incidence technico-économique des choix retenus pour la conception de ces systèmes.
- Définir des outils et des méthodes d'évaluation de ces systèmes de vergers.

## 2.3. Dispositif

Parcelles en conditions réelles chez des producteurs.

Comparaison de 2 systèmes de production : une modalité PROD en phase avec les pratiques du producteur et une modalité ECO à faibles niveaux d'intrants combinant plusieurs itinéraires techniques alternatifs innovants

9 parcelles plantées de 2010 à 2012 dont 2 en AB : plantation hiver 2011-2012



## 2.4. Réalisateurs

IFPC, Astredhor  
CRAN-SVPC, CA Côtes d'Armor  
INRA Angers-Nantes (UMR GenHort et UMR Pavé)  
Agrocampus Ouest Angers  
EPLEFPA Brémontier-Merval, et Alençon-Sées  
OP AGRIAL  
APPCM  
ACB

## 2.5. Descriptif des parcelles en Agriculture Biologique

- Dispositif de plantation : blocs de 3 rangs par variété sur une surface minimale de 0,5 à 1 ha par modalité (PROD et ECO)
- Variétés : choix de variétés semblant offrir des perspectives de réduction des intrants (Dabinett et Douce de l'Avent) combinées avec une variété actuelle du verger cidricole (Judor).

Caractéristiques des variétés :

- Judor : moyennement sensible à la tavelure et à l'alternance
- Dabinett : peu sensible à la tavelure et peu alternante
- Douce de l'Avent : issue du programme d'hybridation de variétés résistantes à la tavelure (gène Vf) et peu alternante

	ECO	PROD
<b>Densité de plantation</b>	6,5 m x 3 m	5,5 m x 2,3 m
<b>Porte-greffe</b>	MM106	MM106
<b>Entretien du sol sur le rang</b>	Mulch d'écorces discontinu : 1 m x 1 m Plantes répulsives campagnol	Bâche plastique en polyéthylène noir : bandes continues en largeur 0,8 à 1 m
<b>Fertilité du sol</b>	Analyse de sol avec caractérisation de la MO	
<b>Fertilisation</b>	Fertilisation : optimiser la vie microbienne	Apports d'engrais organiques
<b>Biodiversité</b>	Haies composites entourant le verger	
	Bandes fleuries ou prairie fleurie 1 rang/2 sur l'entre rang Nichoirs Introduction d'animaux : moutons ou volailles	Entre rang enherbé en graminées
<b>Interventions sanitaires</b>	Diminution des intrants « classiques » Régulation naturelle Techniques innovantes	Protection « classique » en AB : soufre, cuivre, insecticides biologiques, etc..

## CONCLUSION

La coexistence de ces deux programmes va permettre un échange de techniques ayant montré de bons résultats en essais thématiques vers les vergers de demain.

A terme, l'objectif est de montrer qu'un verger biologique conçu dès le départ comme un système global multi-factoriel équilibré peut tout à fait atteindre des objectifs techniques et économiques raisonnables.

# VARIETE DES CYCLES BIOLOGIQUES CHEZ LES PUCERONS DES ARBRES FRUITIERS

**Charles-Antoine Dedryver & Evelyne Turpeau-Ait Ighil**

*Unité mixte de recherche biologie des organismes et des populations appliquée à la protection des plantes (BiO3P). Inra/Agrocampus Ouest/université Rennes 1, domaine de la Motte, BP 35327, 35653 Le Rheu cedex, France.*

## RESUME

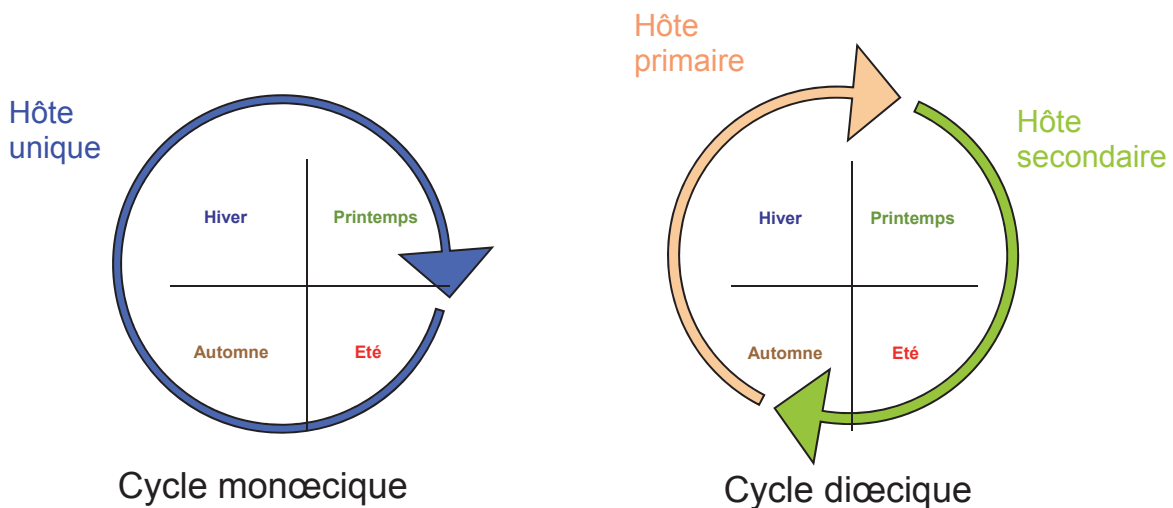
Nous détaillons dans ce qui suit la biologie et les dégâts de quatre espèces de pucerons des arbres fruitiers différant par leur cycle de vie et leur importance économique. Quelques moyens de lutte non chimique sont signalés lorsqu'ils sont disponibles.

## INTRODUCTION

Le cycle ancestral « complet » des pucerons - dit aussi holocycle – comprend une alternance entre une phase de multiplication asexuée et une phase sexuée qui sous nos climats s'effectue à l'automne (on parle alors de parthénogénèse cyclique). Néanmoins quelques espèces de pucerons (3% environ) ont abandonné complètement la phase sexuée dans leur cycle et se reproduisent continuellement de manière clonale - anholocycle ou parthénogénèse obligatoire. Entre ces deux extrêmes, beaucoup d'espèces de pucerons possèdent en leur sein une fraction de leurs populations qui se reproduit de façon holocyclique et une fraction plus ou moins importante qui est anholocyclique.

Par ailleurs les pucerons peuvent changer ou non de type de plante hôte au cours des saisons (Figure 1). Certaines espèces de pucerons, dites monœciques, accomplissent tout leur cycle de développement sur un seul type de plante, des formes ailées respectivement sexuées à l'automne et parthénogénétiques au printemps assurant la contamination. D'autres espèces, dites dioéciques (environ 10% du total des espèces de pucerons en Europe) alternent entre deux types de plantes en général très différentes l'une de l'autre. Cette alternance, assurée par des formes ailées, est liée à la sexualité car beaucoup d'espèces ne peuvent se reproduire sexuellement que sur une plante hôte particulière, en général pérenne (arbre ou arbuste), qualifiée d'hôte primaire. Les plantes herbacées ou non sur lesquelles l'espèce migre ensuite au printemps et passe la belle saison sont alors qualifiées d'hôtes secondaires.

Ces différentes variantes du cycle biologique des pucerons ne sont pas sans conséquences sur leur nuisibilité et sur les possibilités de lutter contre eux. Nous les envisagerons en prenant quelques exemples chez les pucerons des arbres fruitiers.



**Figure - Plantes hôtes et cycles de développement des pucerons (d'après Turpeau-Ait Ighil et al., 2011)**

## **1 UN PUCERON HOLOCYCLIQUE MONOECIQUE : APHIS POMI**

*Aphis pomi* De Geer est le puceron vert « non migrant » des pommiers. C'est un puceron monœcique de couleur verte qui se développe essentiellement sur la face inférieure des feuilles du Pommier. On le trouve plus rarement sur le Poirier, l'Aubépine, le Néflier, le Cognassier, le Sorbier, le Rosier et la Spirée. L'œuf éclot juste après le débourrement des bourgeons et donne naissance à une fondatrice, qui donne elle-même naissance à une génération de femelles parthénogénétiques vivipares. Une douzaine de générations se succèdent ainsi du printemps à l'automne, mais la période de multiplication intense correspond à celle de la pousse des rameaux de l'année. A partir du mois d'avril, apparaissent les formes ailées qui se dispersent et vont déposer des larves sur d'autres arbres. Après l'aoûtement des rameaux, les populations diminuent considérablement au point de devenir difficilement repérables, la multiplication reprend en automne avec la formation des sexupares, qui sont de couleur vert-jaune et des sexués. En octobre et novembre, des femelles ovipares et des mâles aptères sont produits. Après accouplement, chaque femelle pond ses œufs sur les rameaux, de préférence au sommet des tiges de l'année. Ces œufs sont parfois regroupés en très grand nombre, formant de véritables manchons aisément repérables en hiver (HULLE et al., 1998).

*Aphis pomi* provoque un enroulement léger des feuilles de pommier et un arrêt précoce de la pousse des rameaux. Il est particulièrement nuisible en pépinières. Ses populations sont assez bien régulées à la fin du printemps par divers prédateurs et des champignons de l'ordre des Entomophthorales.

## **2 UN PUCERON HOLOCYCLIQUE DIOECIQUE : DYSAPHIS PLANTAGINEA**

*Dysaphis plantaginea* Passerini est le puceron cendré du pommier. C'est un puceron vert foncé recouvert d'une pulvérulence cireuse gris-blanchâtre, d'où son nom.

C'est une espèce holocyclique dioécique, ayant le pommier pour hôte primaire (quelquefois le poirier dans les régions méditerranéennes). Les œufs déposés sur les bourgeons éclosent au moment du débourrement, et les jeunes fondatrices donnent naissance à plusieurs générations de femelles parthénogénétiques aptères très fécondes qui se développent sur les feuilles de pommier, induisant de sévères déformations de ces dernières (pseudo galles). Par ailleurs, sous l'effet de la surpopulation, les pucerons s'échappent des pseudos galles et multiplient au cours du printemps les foyers de

contaminations sur le même arbre. A partir de mai, des individus ailés sont formés qui gagnent les hôtes secondaires, les plantains, sur lesquels ils fondent des colonies qui passeront l'été. En septembre ces colonies y forment des gynopares et des males ailés, qui retourneront vers les pommiers : les gynopares pondent des femelles ovipares aptères qui seront fécondées par les males. Après l'accouplement, ces ovipares déposent chacune quelques œufs à l'aisselle des bourgeons de pommier, qui passeront l'hiver en diapause.

*D. plantaginea* est un puceron particulièrement nuisible au pommier, car l'alimentation de quelques individus seulement provoque immédiatement de fortes déformations des feuilles, qui s'enroulent autour de la colonie. De plus lorsque les infestations sont plus fortes on observe l'arrêt de croissance des rameaux de l'année et leur déformation, ainsi que des déformations de fruits qui restent petit et bosselés. Les dégâts persistent après la disparition des colonies de pucerons en juin-juillet.

Une méthode de lutte mettant à profit les particularités biologiques de *D. plantaginea*, a pour but de contrarier la ré-infestation des arbres en automne par les sexués, soit par une défoliation provoquée, soit par la pulvérisation de kaolin sur les feuilles. Il existe par ailleurs des sources de résistance à ce puceron chez le pommier, et même une variété résistante mais peu cultivée, Florina.

### **3 UN PUCERON ANHOLOCYCLIQUE ET PARAMONOECIQUE EN EUROPE : ERIOSOMA LANIGERUM**

Le puceron lanigère du pommier, *Eriosoma lanigerum* Hausmann, est originaire d'Amérique du Nord. Il y est holocyclique diœcique : les œufs sont pondus sur son hôte primaire l'Orme américain, *Ulmus americana*, ils éclosent en mars et les fondatrices engendrent deux générations qui se développent sur l'orme, induisant des galles foliaires en rosette. La deuxième génération comprend essentiellement des ailés qui migrent vers les hôtes secondaires qui sont les pommiers. Les pucerons s'y développent en été puis forment des sexués qui retournent copuler et pondre des œufs sur les ormes américains.

*E. lanigerum* a été introduit en Europe au 19<sup>e</sup> siècle, probablement sur des plants ou des greffons de pommiers. Son hôte primaire n'y existant pas, sauf de rares exemplaires dans des parcs et jardins, il a développé un paracycle monœcique sur son hôte secondaire, le pommier. De plus, ne pouvant assurer sa reproduction sexuée que sur l'orme américain (elle est abortive sur le pommier), il l'a abandonnée en se reproduisant uniquement par parthénogénèse (anholocyclie). Il hiverne essentiellement au niveau du collet et sur les racines.

Sur le pommier, les pucerons lanigères développent des colonies cireuses sur les racines, le tronc et les branches. Ses piqûres y provoquent la formation de galles qui peuvent évoluer en chancres à *Nectria galligena*. Les dégâts restent souvent limités sur des arbres adultes, alors que sur jeunes arbres, ils peuvent causer d'importantes déformations ainsi qu'un affaiblissement général. Il existe d'importantes différences de sensibilités variétales au puceron lanigère, ainsi « Reine des Reinettes » est très sensible, de même que beaucoup d'anciennes variétés françaises et européennes, alors que « Golden » l'est moins. Les populations d'*E. lanigerum* sont en Europe de l'ouest assez bien régulées (au moins localement) par un parasitoïde acclimaté depuis les années 1920, *Aphelinus mali*. Par ailleurs, la plupart sinon tous les porte-greffes de pommiers sont résistants (descendants du pommier américain « Northern Spy »). Néanmoins des contournements de résistances sont observés localement (SENGUPTA & MILES, 1975).

### **4 UN PUCERON OVIPARE QUI NE FORME PAS D'AILÉS : APHANOSTIGMA PIRI**

*Aphanostigma piri* CHOL., le Phylloxera du poirier est un petit puceron qui possède deux caractéristiques étonnantes, 1) ses formes parthénogénétiques pondent des œufs non fécondés, et pas des larves comme les autres pucerons (c'est le cas de tous les



Phylloxeridae et des Adelgidae), et 2) tous ses représentants paraissent aptères, la forme ailée n'ayant jamais été décrite. C'est une espèce holocyclique monœcique, les individus restent toute l'année sur poirier. L'œuf fécondé éclot au printemps, la fondatrice engendre 6 à 8 générations d'individus parthénogénétiques, dont les femelles adultes pondent des œufs non fécondés puis des sexupares apparaissent en septembre, qui pondent des œufs non fécondés donnant soit des males, soit des femelles ovipares. Après l'accouplement, les femelles ovipares pondent un seul œuf fécondé!

Cette espèce ne semble pas pouvoir se disperser par elle-même d'arbre en arbre et à plus fortes raisons d'un verger à l'autre. On pense qu'elle est disséminée d'arbre en arbre par les fourmis et d'un verger à l'autre par des greffons ou autres végétaux, voire par le matériel agricole ou les vêtements.

Le Phylloxera du poirier paraît originaire de régions chaudes (Caucase et bassin méditerranéen), il y fait des dégâts sur fruits, entraînant la pourriture de la zone autour de l'œil des poires (il se multiplie dans la cavité entre les sépales et l'œil). En France il a été fréquemment reporté dans les années soixante à quatre-vingt-dix (LECLANT, 1966 ; GEOFFRION, 1994), surtout dans le midi, sur certaines variétés comme Passe-Crassane, avec des dégâts plus importants lorsque les poires étaient ensachées (microclimat plus favorable). Dans les vergers septentrionaux, il semble anecdotique.

## BIBLIOGRAPHIE

- GEOFFRION R. (1994) Le phylloxera du poirier. *Phytoma - La Défense des végétaux*, n°464, 33.
- HULLE M., TURPEAU E., LECLANT F., RAHN M.-J. (1998) les pucerons des arbres fruitiers : cycles biologiques et activités de vol. *ACTA & INRA Eds*, 80p.
- LECLANT F. (1966) Quelques observations sur le Phylloxera du poirier. *C. Rendus Ac. Agr. France*, 09/02/1966, 233-237.
- SENGUPTA & MILES (1975) Studies on the susceptibility of varieties of apple to the feeding of two strains of woolly aphid (Homoptera) in relation to the chemical contents of the tissues of the host, Australian. *Journal of Agricultural Research* 26 157-168.
- TURPEAU-AIT IGHIL E., DEDRYVER C.-A., CHAUBET B., HULLE M. (2011) les pucerons des grandes cultures: cycles biologiques et activités de vol. *ACTA & QUAE Eds*, 135p.

# LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION EN VERGER : UN RAISONNEMENT A L'ECHELLE DU PAYSAGE

**Yann Tricault**

*Maître de conférences en Ecologie appliquée à la protection des plantes  
UMR BiO3P, AGROCAMPUS OUEST - centre d'Angers INHP  
2 rue Le Notre 49045 Angers Cedex 01  
Yann.tricault@agrocampus-ouest.fr*

## INTRODUCTION

Dans les vergers, la gestion satisfaisante des bioagresseurs requiert très généralement un nombre élevé de traitements phytosanitaires, en bio comme en conventionnel (Simon et al. 2011). Une évolution vers des stratégies de plus en plus intégrées, où les méthodes alternatives joueraient à plein, favorisant notamment la faune auxiliaire, semble impulsée. Pourtant, les stratégies dites intensives continuent à imposer leur plus grande efficacité (Pevern et al. 2010). L'intensification des systèmes agricoles n'est pas contingentée à la parcelle cultivée. A l'échelle du paysage agricole, elle s'accompagne d'une simplification de l'espace : peu de cultures sont représentées, sur des parcelles de plus grande taille, au détriment des surfaces non cultivées (bois) et des composantes linéaires (haies, talus). Cette organisation de l'espace affecte les organismes qui y vivent et notamment les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels. Si l'efficacité des méthodes de lutte contre les insectes ravageurs à la parcelle peut sembler évidente, le potentiel de stratégies de gestion adossées à l'aménagement ou au raisonnement des caractéristiques paysagères à plus large échelle reste méconnu. Pourtant, un nombre croissant de travaux documentent le rôle majeur tenu par l'organisation et la composition de l'environnement parcellaire à différentes échelles spatiales, du bord de champ au bassin de production, dans (1) la diversité et l'abondance des prédateurs disponibles autour des champs et potentiellement mobilisables contre les ravageurs, (2) la colonisation des cultures par les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels, (3) le niveau de prédation et donc de contrôle biologique durant la saison de culture, (4) les dégâts occasionnés par les ravageurs. Ainsi, Ricci et al. (2009) ont récemment mis en évidence que la densité des carpocapses dans des vergers de pommiers ou poiriers du sud de la France était négativement corrélée à la surface totale en vergers autour des parcelles étudiées ! La stratégie consistant à favoriser la prédation des insectes ravageurs par les auxiliaires naturellement présents dans l'environnement est qualifiée de « lutte biologique par conservation ». Le succès de cette stratégie alternative dépend notamment de la taille des populations réservoirs dans les zones non cultivées et des échanges entre populations occupant les zones cultivées et non cultivées, mais aussi des interactions trophiques qui peuvent s'instaurer localement. 3 fois sur 4, une plus grande complexité du paysage peut être corrélée à une plus grande densité de prédateurs dans les cultures (Bianchi et al. 2006). Mais cette augmentation ne coïncide pas toujours avec une diminution des populations de ravageurs. Pis, dans 1 cas sur 4, les prédateurs sont autant voir plus abondants dans un paysage dit « simplifié ». Pour pouvoir aménager un espace défavorable aux insectes ravageurs, il est donc essentiel de comprendre les mécanismes qui lient contrôle biologique et paysage.

## **1 INTERACTIONS PLANTES-RAVAGEURS-AUXILIAIRES DANS UN PAYSAGE AGRICOLE**

### **1.1. Fragmentation de l'habitat et diversité de l'entomofaune**

Le paysage agricole est une mosaïque dont les champs constituent la matrice. Cette matrice est parsemée de « tâches » c'est-à-dire de « fragments » non cultivés : un bosquet, un bois, une mare... La matrice est également parcourue par des éléments linéaires, haies, talus et

bordures notamment, qui peuvent jouer le rôle de corridors, facilitant les déplacements de certaines espèces (des carabes par exemple), et/ou constituer des barrières physiques entravant la dispersion d'autres espèces à travers le paysage. Tous ces composants de la mosaïque agricole constituent des habitats potentiels pour les plantes, les insectes phytophages et leurs prédateurs. L'essentiel de la surface est habituellement occupé par la matrice. Les champs représentent des habitats largement dominés par l'espèce cultivée, fréquemment perturbés (travaux du sol, traitements, récolte), éphémères (un radis), transitoires (un blé) ou pérennes (un verger). Les insectes ravageurs de culture ont la capacité de localiser ces habitats, de les coloniser puis de mettre à profit leur forte productivité pour multiplier leurs effectifs (pucerons par exemple). Pour survivre au-delà de la date de récolte (culture annuelle), ou pour passer la mauvaise saison (culture pérenne), ces insectes peuvent coloniser des plantes hôtes alternatives disponibles dans l'environnement (pour les pucerons, voir la communication de C.A. Dedryver), et/ou entrer en vie ralentie à un stade de développement déterminé pour attendre la nouvelle saison de culture.

Si la parcelle cultivée est une aubaine pour des ravageurs opportunistes, c'est un habitat bien trop typé et instable pour de nombreux insectes. Ainsi, à l'échelle d'une région agricole, la diversité de l'entomofaune dépend aussi des zones non cultivées (tâches et linéaires). Ces « fragments » de paysage constituent des habitats pérennes, botaniquement plus divers et moins perturbés que les terres cultivées. Les auxiliaires présents dans la mosaïque agricole survivent généralement dans ces « zones refuge ». La diversité spécifique (nombre d'espèces) et l'abondance des populations d'insectes abritées augmentent avec la taille du refuge (Tscharntke & Brandl 2004). En revanche, plus un refuge est isolé plus son entomofaune s'appauvrit, l'immigration ne permettant pas de compenser les pertes. Ainsi, à l'échelle du paysage agricole, les populations d'insectes auxiliaires mobilisables dans une stratégie de lutte biologique par conservation sont étroitement déterminées par la configuration du paysage (connectivité) et sa composition (surface des zones non cultivées). Différents types d'arthropodes peuvent répondre différemment à ces caractéristiques paysagères ainsi qu'à leur habitat local (bordure versus plein champ) et aux pratiques agricoles (bio versus conventionnel). Il est souvent difficile de démêler les effets respectifs des différents processus impliqués et imbriqués (Holzschuh et al. 2010). Mais d'une manière générale, les auxiliaires apparaissent plus sensibles à la fragmentation de l'habitat que les insectes phytophages : la fragmentation favorise les ravageurs. Parmi les auxiliaires, il en va de même des parasitoïdes, qui recherchent activement la ou les espèces hôtes dont ils sont spécialistes pour y pondre et se développer, tandis que des prédateurs plus généralistes (carabes) peuvent tirer profit d'une diversité de proies dans une diversité de milieux (Tscharntke & Brandl 2004).

## 1.2. Capacités de dispersion et flux entre zones non cultivées et cultures

La distance de dispersion des insectes ravageurs varie entre espèces et au sein des espèces. Chez les pucerons on peut distinguer (1) l'immigration passive d'individus aillés transportés en altitude par le vent sur de longues distances, (2) la dispersion locale d'individus issus de populations clonales (Vialatte et al. 2007). Ce second processus, qui intervient lorsqu'un hiver doux a permis la survie des clones, fait peser un risque de pullulation sur la culture. La colonisation longue distance est probablement moins contrainte par les caractéristiques paysagères. Dans le cas du carpocapse de la pomme, les papillons colonisant les vergers du sud de la France proviendraient majoritairement de l'environnement proche, situé dans un rayon de moins de 200m (Ricci et al. 2009). Et ce processus serait entravé par les haies brise-vent. En effet, la localisation des plantes hôtes met en jeu une gamme de signaux visuels et olfactifs que l'environnement peut perturber (pour les pucerons, voir la communication de B. Jaloux). Des flux d'individus peuvent s'instaurer entre compartiments cultivés et non cultivés, ou entre cultures. Mais de façon intéressante, chez certains pucerons ces flux semblent limités entre populations clonales spécialisées sur des plantes hôtes différentes. Pour les espèces auxiliaires abritées dans les zones non cultivées de l'espace agricole, la colonisation des parcelles dépend du rapport entre la distance au champ et la capacité de dispersion des individus. Il est ainsi

fréquemment observé une diminution du pourcentage de prédation ou de parasitisme (parasitoïdes) à mesure que l'on pénètre dans un champ. Cette diminution peut traduire une incapacité pour l'auxiliaire à se disperser dans l'ensemble de la culture depuis sa population source. Elle peut aussi démontrer la faible attractivité de la culture, de par l'absence de ressources trophiques par exemple (Holzschuh et al. 2010). Ainsi, dans un paysage pauvre en zones non cultivées, la prédation des ravageurs de culture sera tributaire des seuls auxiliaires possédant une forte capacité de dispersion (Tscharntke et al. 2008). Chez de nombreux prédateurs (coccinelle, syrphes) et chez tous les parasitoïdes, la dispersion à l'échelle du paysage est l'apanage des adultes. La découverte de ravageurs-proies les maintient temporairement dans la culture, engagés dans des activités de ponte (parasitoïdes, syrphes, chrysopes), d'alimentation (carabes) ou les deux (coccinelles). Mais la nécessité de s'alimenter sur des ressources particulières (nectar par exemple) peut pousser les adultes à quitter la culture. Une stratégie de lutte biologique par conservation va donc consister à optimiser les flux d'auxiliaires vers les cultures depuis les zones refuges, typiquement en réduisant la distance ou en aménageant des corridors, et à favoriser leur maintien et leur multiplication dans ou à proximité des cultures, en proposant des ressources trophiques. D'une manière générale, la présence d'habitats semi naturels et de ressources alimentaires alternatives à proximité des champs semble donc favorable au contrôle biologique exercé sur les insectes ravageurs.

### 1.3. Complexité des interactions multitrophiques dans un paysage

Contrairement à la lutte biologique classique, qui engage un ennemi naturel unique face à un ravageur de culture, la lutte biologique par conservation repose sur l'action conjuguée d'un cortège d'auxiliaires. Tous les ennemis potentiels du ravageur sont convoqués ! Un premier niveau de complexité inhérent à cette stratégie concerne par conséquent les interactions directes et indirectes qui peuvent se mettre en place entre espèces auxiliaires. Le phénomène de « prédation intraguilde » permet d'illustrer cette complexité. Il correspond à la situation où un auxiliaire du ravageur de culture est consommé par un autre auxiliaire (une larve de coccinelle consommant un puceron parasité par exemple). C'est un type fréquent d'interaction directe qui réduit l'incidence totale des ennemis naturels. A l'échelle de la mosaïque agricole, ces phénomènes d'interaction sont d'autant plus complexes qu'ils dépendent de la distribution des populations d'insectes dans les divers habitats, ainsi que des flux d'individus entre ces habitats.

## **2 AMENAGER L'ESPACE POUR LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION**

### 2.1. Echelle d'aménagement

Les initiatives actuelles, telles que les Mesures Agro-environnementales (M.A.E.), visant à favoriser la biodiversité sur les terres agricoles se focalisent sur des aménagements locaux (bords de parcelle). Ces mesures peuvent renforcer les populations d'auxiliaires communs, déjà présents à proximité des parcelles. En revanche, elles n'ont que peu d'incidence sur les populations d'espèces plus rares et potentiellement utiles, naturellement présentes dans l'environnement mais à une échelle plus large. Si la lutte biologique par conservation nécessite d'utiliser toute la diversité en auxiliaires disponible, l'aménagement du paysage agricole devra s'effectuer à cette échelle (Tscharntke et al. 2008).

### 2.2. Taille et fragmentation des zones refuges

A bien des égards, l'aménagement de l'espace pour la lutte biologique par conservation est une problématique partagée en biologie de la conservation, pour la préservation de la biodiversité. Dans les deux cas se pose le problème de la taille et de la fragmentation des zones refuges à mettre en place, à moyens et coûts constants. Une grande zone abrite davantage d'espèces auxiliaires tandis que de nombreux petits fragments facilitent la dispersion et la colonisation des cultures. Dans une zone de cultures pérennes, il semble assez logique de favoriser la première solution.

### 2.3. Aménagement et complexité du paysage

Finalement, des paysages agricoles marqués par l'agriculture intensive se caractérisent par une simplification organisationnelle qui aboutit à une réduction de la diversité biologique. Le nombre d'espèces d'insectes auxiliaires potentiellement mobilisables en lutte biologique par conservation y est faible. Dans ce type de paysage, les aménagements viseront surtout à favoriser localement les prédateurs généralistes les plus communs, qui parviennent à tirer profit de l'ouverture du milieu. A contrario, de véritables stratégies de lutte biologique par conservation, fondées sur la diversité spécifique des auxiliaires de culture, devront être privilégiées dans des régions agricoles où la complexité du paysage, et la biodiversité inhérente, ont pu être préservées ou restaurées.

## **3 SPECIFICITES DES VERGERS ET LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION**

Dans un paysage agricole, les vergers se caractérisent par leur pérennité, leur organisation en strates arborée et herbacée ainsi que par les aménagements réalisés en bordure (bandes fleuries et haies brise-vent par exemple). Ce sont donc des ensembles permanents et divers, offrant une multitude de ressources stables pour une variété d'arthropodes : nourriture, habitat, refuge... L'entomocénose y est riche et les interactions complexes. Toutefois, la diversité structurelle ne garantit pas la diversité fonctionnelle : le service de contrôle biologique assuré par les auxiliaires présents dans ou en bordure du verger n'est pas toujours satisfaisant (Simon et al. 2010). De plus, le verger peut abriter ses propres ravageurs, y compris leur forme de résistance durant la mauvaise saison (les œufs d'hiver du puceron cendré du pommier par exemple).

Jusqu'ici, les efforts de recherche-développement se sont focalisés sur les aménagements au sein du verger : variétés au sol, mélanges d'espèces pour les haies..., avec des résultats contrastés. Mais pour gérer correctement les arthropodes, dont 50% sont ailés en verger (Simon et al. 2010), il semble aujourd'hui logique de changer d'échelle afin de tenir compte du paysage environnant les parcelles. Deux objectifs pourraient être conjointement poursuivis : (1) favoriser la colonisation des vergers par les auxiliaires, en travaillant notamment sur la connectivité à l'échelle de la mosaïque agricole (2) contrarier la colonisation des vergers par les ravageurs en cherchant à réduire la pression globale en ravageurs (cibler les réservoirs) et en maximisant l'action des auxiliaires abrités par les vergers en amont de la saison de culture. Ces perspectives impliquent bien sûr de continuer à développer des pratiques culturales respectueuses de l'entomofaune des vergers.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- BIANCHI F.J.J.A., BOOIJ C.J.H., TSCHARNTKE T. (2006) Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B*, n°273, 1715-1727.
- HOLZSCHUH A., STEFFAN-DEWENTER I., TSCHARNTKE T. (2010) How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *J. Anim. Ecol.*, n°79, 491-500.
- PENVERN S., BELLON S., FAURIEL J., SAUPHANOR B. (2010) Peach orchard protection strategies and aphids communities: Towards an integrated agroecosystem approach. *Crop protection*, n°29, 1148-1156.
- RICCI B., FRANCK P., TOUBON J.F., BOUVIER J.C., SAUPHANOR B., LAVIGNE C. (2009) The influence of landscape on insect pest dynamics: a case study in southeastern France. *Landscape Ecol.*, n°24, 337-349.

- SIMON S., BOUVIER J.C., DEBRAS J.F., SAUPHANOR B. (2010) – Biodiversity and pest management in orchard systems : a review. *Agron. Sustain. Dev.*, n°30, 139-152.
- SIMON S., BRUN L., GUINAUDEAU J., SAUPHANOR B. (2011) – Pesticide use in current and innovative apple orchard systems. *Agron. Sustain. Dev.*, n°31, 541-555.
- TSCHARNTKE T. & BRANDL R. (2004) Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annu. Rev. Entomol.*, n°49, 405-430.
- TSCHARNTKE T., BOMMARCO R., CLOUGH Y., CRIST T.O., KLEIJN D., RAND T.A., TYLIANAKIS J.M., VAN NOUHUYS S., VIDAL S. (2008) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biol. Control*, n°45, 238-253.
- VIALATTE A., PLANTEGENEST M., SIMON J.C., DEDRYVER C.A. (2007) Farm-scale assessment of movement patterns and colonization dynamics of the grain aphid in arable crops and hedgerows. *Agric. Forest Entomol.*, n°9, 337-346.

# CULTURES ASSOCIEES ET CONTROLE DES POPULATIONS DE PUCERONS, MECANISMES ET PERSPECTIVES

*Bruno Jaloux*

*Maître de conférences en Entomologie Protection des Plantes  
UMR BIO3P, AGROCAMPUS OUEST centre d'Angers INHP*

*2 rue Le Nôtre 49045 Angers cedex 1*

[\*bruno.jaloux@agrocampus-ouest.fr\*](mailto:bruno.jaloux@agrocampus-ouest.fr)

## INTRODUCTION

Les systèmes agricoles intensifs traditionnels sont souvent basés sur l'optimisation de la productivité de monocultures, avec de grandes quantités d'intrants, fertilisants et produits phytosanitaires. Dans ces systèmes, la diversité végétale à l'intérieur des parcelles est réduite à une espèce, génétiquement homogène, plantée uniformément et symétriquement. Ce type de systèmes est désormais remis en question à cause de l'impact négatif sur la qualité du sol et des eaux, l'érosion, la pollution, l'utilisation de combustibles fossiles et la perte de biodiversité (Malézieux et al. 2009). Des systèmes de culture alternatifs, basés sur l'association raisonnée d'espèces au sein d'une même parcelle, peuvent au contraire présenter de multiples avantages et permettre de réduire les intrants. L'association peut prendre de multiples formes, en jouant sur la succession (cultures intercalaires ou simultanées), l'arrangement spatial (en rang, en bloc, en mélange...) et les espèces végétales associées (association de 2 cultures ou d'une culture principale et d'une plante de service non récoltées...). Le gain recherché est le plus souvent lié aux processus de facilitation pouvant se mettre en place entre les plantes, permettant une meilleure utilisation des ressources (lumière, eau, éléments nutritifs) et ainsi une productivité supérieure sur une surface donnée (exprimée en LER, pour Land Equivalent Ratio). De plus en plus d'études mettent en avant outre ces processus de facilitation, un intérêt des associations culturales pour la protection des cultures contre les ravageurs et observent une intensité des dégâts plus faible dans les cultures associées, comparées aux monocultures. Les mécanismes invoqués peuvent être directs ou indirects. La connaissance de ces mécanismes est nécessaire pour optimiser les modalités d'association et la productivité du système. Nous allons présenter les principaux mécanismes décrits dans la littérature, qui ont été particulièrement étudiés pour les pucerons et pour les associations impliquant des brassicacées cultivées (Hooks et Johnson, 2003). Les premiers résultats du projet régional INTRANBA, visant à concevoir des associations fabacées-brassicacées pour réduire les intrants azotés tout en favorisant le contrôle naturel des populations de pucerons des brassicacées, illustreront certains de ces mécanismes.

### **1 IMPACT SUR LA COLONISATION DE LA PLANTE HOTE PAR LES PUCERONS**

La localisation de la plante hôte au printemps est une des étapes cruciales du cycle des pucerons. C'est aussi une phase critique pour la protection des cultures, car les pucerons étant extrêmement prolifiques, toute intervention pouvant retarder l'arrivée des premiers individus ailés sur la parcelle va considérablement réduire les populations d'aptères plus tard dans la saison. Cette localisation peut être décomposée en plusieurs phases successives, impliquant différents signaux, dont l'accomplissement conditionne la capacité du puceron à découvrir sa plante hôte. Bien que la dispersion à longue distance des pucerons ailés soit décrite comme un processus essentiellement passif, une fois arrivés à proximité de la parcelle, les pucerons peuvent contrôler la sortie de la colonne d'air et leur atterrissage sur les plantes en réponse à des signaux visuels et olfactifs (Finch and Collier, 2000).

### 1.1. Perturbation visuelle

Les pucerons répondent ainsi principalement à la couleur, avec une préférence générale pour le vert, et reconnaissent également les contours, en préférant des objets colorés dont la forme et la taille correspondent à leur plante hôte. La pratique du désherbage systématique et l'absence de plantes de couverture, permet ainsi une localisation aisée de la plante hôte par les pucerons, due au fort contraste visuel entre les plantes cultivées et le sol nu en arrière plan. Une réduction de ce contraste visuel par l'implantation d'une plante de couverture peut permettre de réduire la colonisation des plantes de la culture principale.

### 1.2. Perturbation olfactive

Des expériences en laboratoire ont montré, au moins chez certaines espèces de pucerons plutôt spécialisés, une attraction pour les composés secondaires volatils, qui constituent l'odeur spécifique de la plante hôte. Par exemple, le puceron cendré du chou *Brevicoryne brassicae* est fortement attiré par les composés volatils des brassicacées, c'est-à-dire l'odeur de chou. L'association d'une culture, ou d'une plante compagne émettant des composés volatils différents, d'une autre famille botanique, va masquer l'odeur de la plante hôte ou altérer cette odeur, ce qui va gêner la localisation de la plante-hôte par les pucerons. L'implantation en bande alternée peut également créer des turbulences, affecter les flux d'odeur et gêner l'orientation des pucerons.

### 1.3. Théorie de l'atterrissage approprié/inapproprié

La réduction de la colonisation par les pucerons est souvent invoquée pour expliquer une densité plus faible de pucerons dans des parcelles en association, ou plus diversifiée botaniquement. Costello et Altieri (1995) ont ainsi attribué une plus faible densité de pucerons *B. brassicae* observée sur des choux cultivés avec un couvert de trèfle à une colonisation initiale limitée par les ailés. Finch et Collier (2000) propose le mécanisme dit d'atterrissage approprié/inapproprié, qui a été repris pour expliquer la réduction de la colonisation des parcelles associant des plantes hôtes et des plantes non hôte, par certains ravageurs comme les pucerons: les signaux olfactifs induisent le déclenchement de l'atterrissage chez les insectes volant au dessus d'une parcelle contenant leur plante hôte. Si les plantes hôtes et les plantes compagnes sont d'une couleur et d'une forme proche, la probabilité d'atterrir sur l'une ou l'autre plante dépend de la surface relative occupée par chaque espèce végétale. S'il arrive sur la plante compagne non hôte (atterrissage inapproprié), l'insecte après avoir inspecté la plante redécalle, et soit quitte la parcelle, soit atterri de nouveau, le temps nécessaire pour atterrir enfin sur une plante hôte réduit le temps passé à se reproduire et induire des dégâts.

### 1.4. Résistance par association

Le taux d'attaques d'une plante par les ravageurs est déterminé par de nombreux facteurs, parmi lesquels les défenses de la plante hôte et sa nutrition ont pendant longtemps été considérés comme les plus importants. Le concept de résistance par association considère que lorsqu'elle est plantée à proximité d'autres plantes, la plante hôte va bénéficier des défenses des plantes voisines. L'association d'une plante sensible et d'une plante résistante pourrait ainsi réduire la densité de ravageurs sur la plante sensible. Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer ce phénomène :

Des plantes compagnes moins appétantes pour les pucerons pourraient rendre l'ensemble de la parcelle moins attractive. Ce mécanisme est celui de la résistance par association de plantes répulsives. Des expériences en champs ont montré que *Myzus persicae* était moins attiré par le chou lorsque celui-ci était entouré de tomate ou de moutarde noire.

Les plantes compagnes peuvent également émettre des composés volatils qui vont interférer avec la capacité du puceron à découvrir la plante hôte (voir plus haut).

Des plantes plus appétantes que la culture principale pourraient attirer les ravageurs et les détourner. Ce mécanisme, dit de résistance par association de plantes attractives, est celui des cultures pièges. Il peut être encore renforcé lorsque les plantes attractives implantées sont des leurres, c'est-à-dire qu'elles causent la mort des ravageurs par la production de



toxines, ou qu'elles réduisent leur fécondité par l'absence, la faible quantité ou le déséquilibre de certains nutriments essentiels aux ravageurs. Bien que des expériences récentes semblent montrer un mécanisme de ce type avec une attraction de *Myzus persicae* pour le colza, qui réduirait sa densité sur le chou, les cultures pièges ne sont pas extrêmement développées pour les pucerons dont la colonisation est décrite comme essentiellement passive.

## **2 IMPACT SUR L'ACTION DES ENNEMIS NATURELS DES PUCERONS**

L'augmentation de la diversité au champ, qu'il s'agisse de diversité sauvage ou cultivée est souvent reliée en écologie à une plus grande stabilité, c'est-à-dire une meilleure résistance du système à l'arrivée d'un élément extérieur, et à une plus grande productivité. Ces bénéfices seraient en grande partie liés à une augmentation de l'action des ennemis naturels dans les milieux diversifiés. De plus, certaines cultures associées, notamment associant une culture pérenne à une culture annuelle, constituent une variété de micro-habitats favorables aux ennemis naturels, leur apportant des refuges, des sites d'hivernage, ou une protection contre leurs propres prédateurs.

Concrètement, l'implantation d'une deuxième espèce végétale dans une monoculture peut avoir un rôle indirect dans la régulation des ravageurs par l'apport de ressources supplémentaires et complémentaires pour les ennemis naturels.

### **2.1. Apport de ressources supplémentaires**

Les ressources supplémentaires sont des hôtes ou des proies alternatives, qui ne présentent pas de danger pour la culture principale, et qui peuvent attirer et maintenir les populations d'ennemis naturels sur la parcelle, même en l'absence de ravageurs sur la culture principale. Ce mécanisme, qui s'appuie sur la spécificité des ravageurs et la polyvalence des ennemis naturels est tout à fait applicable aux pucerons, qui présentent fréquemment une grande spécificité. Les plantes de services fonctionnent alors comme des plantes relais. La présence de pucerons spécialisés sur une plante compagne d'une famille botanique différente de la culture principale permet une augmentation de la densité de prédateurs (coccinelles, forficules, carabes, syrphes, cécidomyies) qui vont ensuite assurer un contrôle des pucerons sur la culture principale.

### **2.2. Apport de ressources complémentaires**

Les ressources complémentaires sont des ressources nécessaires en plus des hôtes ou des proies à l'accomplissement du cycle des ennemis naturels, comme de la nourriture pour les adultes, des refuges ou des sites d'hivernage. Plusieurs groupes d'ennemis naturels des pucerons ne consomment des pucerons qu'à l'état larvaire, et consomment nectar, miellat ou pollen à l'état adulte (syrphes, cécidomyies, chrysopes, parasitoïdes). Le miellat des pucerons est la seule ressource sucrée disponible pour les adultes dans les parcelles en monoculture intensive jusqu'à la floraison, mais sa qualité nutritionnelle est plus faible que le nectar, et son accessibilité peut également être limitée chez certaines espèces de pucerons. Les ressources en nectar et pollen sont souvent concentrées dans les zones non cultivées en bordure des parcelles, ce qui implique de la part des adultes des déplacements importants, coûteux en énergie et risqués entre les bordures et la parcelle. La fourniture de nectar ou de pollen au plus près des plantes cultivées par l'implantation de plantes nectarifères ou pollinifères en association, peut permettre de réduire ces déplacements, d'attirer et de maintenir les ennemis naturels et d'augmenter leurs performances. Il a été montré chez des parasitoïdes de pucerons une augmentation de la longévité, de la fécondité et parfois du taux de parasitisme en présence de plantes nectarifères. Pour ce groupe, dont les adultes présentent des pièces buccales inadaptées au prélèvement de nectar dans de nombreuses fleurs, l'accessibilité de la ressource sucrée est un point crucial. Dans le cadre du projet INTRANBA, l'implantation de légumineuses présentant des nectaires extra-floraux, produisant en continu un nectar découvert et accessible est envisagée dans les parcelles de

brassicacées, dont la récolte avant floraison limite beaucoup la disponibilité des ressources sucrée pour les parasitoïdes au début de la saison.

### **3 IMPACT INDIRECT VIA LA PLANTE HOTE**

L'implantation de plantes d'espèces différentes juxtaposées au sein d'une même parcelle induit des processus de compétition et/ou de facilitation entre les plantes. Ces processus vont modifier la physiologie et la croissance de chacune des plantes, et donc indirectement influencer le développement des ravageurs sur ces plantes.

#### **3.1. La compétition**

La compétition entre les plantes pour la lumière, l'eau ou les nutriments (azote, phosphore, potassium) va entraîner une réduction de la productivité des plantes, ou la mise en place de stratégies adaptées à la compétition, comme la séparation des niches racinaires pour une meilleure utilisation de la ressource. Généralement, la compétition est associée à une réduction de la croissance des plantes et de leur qualité nutritionnelle, qui peut diminuer l'appétence pour les ravageurs et le taux de croissance des populations se développant sur la plante (Bukovinszki et al., 2004). La balance entre perte due à la compétition et perte due aux ravageurs est primordiale dans le choix des plantes et des implantations, cette compétition étant très liée à la distance séparant les plantes.

#### **3.2. Les processus de facilitation**

La facilitation correspond aux interactions positives se mettant en place entre les plantes en association. Le cas le plus connu et le plus appliqué est celui des associations impliquant une plante fixatrice d'azote comme la plupart des légumineuses. L'azote, déposée dans le sol au niveau des nodosités est ensuite transférée à la culture principale, ce qui entraîne une augmentation de la croissance et de la teneur en azote. Le projet INTRANBA a ainsi permis de montrer un gain en matière sèche de 29% pour des colzas en association avec une féverole par rapport à une monoculture. Ces modifications de la nutrition de la plante hôte peuvent affecter l'investissement dans les systèmes de défense, l'appétence pour les pucerons, et la croissance des populations de pucerons (Ponti et al., 2004).

### **PERSPECTIVES**

La réduction du nombre de pucerons a été observée dans de nombreuses associations et particulièrement bien étudiée pour les associations impliquant une brassicacée (Hooks and Johnson, 2003). Les mécanismes impliqués sont multiples et il est souvent difficile de déterminer la part de chacun dans la réduction des populations de pucerons. Les associations permettant de dissimuler visuellement la plante hôte, ou d'augmenter l'action précoce des ennemis naturels semblent les plus prometteuses. Le choix des espèces et des variétés de plantes compagnes, de l'implantation spatiale et temporelle et de la distance entre les plantes doit être adapté à chaque culture en prenant en compte le compromis entre ces gains et la réduction de la productivité due à la compétition. La modélisation peut permettre d'optimiser chacun de ces paramètres pour proposer des systèmes de cultures associées maximisant la productivité et limitant les intrants.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- MALEZIEUX E. et al. (2009) Mixing plants species in cropping systems : concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, n°29, 43-62

- HOOKS C.R.R and JOHNSON M.W. (2003) Impact of agriculture diversification on the insect community of cruciferous crops. *Crop protection*, n°22, 223-238
- FINCH S. and COLLIER R.H. (2000) Host-plant selection by insects – a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. *Ent. Exp. Appl.*, n°96, 91-102
- PONTI L. et al. (2007) Effects of crop diversification levels and fertilization regimes on abundance of *Brevicoryne brassicae* and its parasitisation by *Diaeretiella rapae* in broccoli. *Agric. For. Entomol.*, n°9, 209-214
- BUKOVINSZKY T. et al. (2004) Plant competition in pest-suppressive intercropping systems complicates evaluation of herbivore responses. *Agric. Ecosys. Env.*, n°102, 185-196
- COSTELLO M.J. and ALTIERI M.A. (1995) Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* on broccoli grown in living mulches. *Agric. Ecosys. Env.*, n°52, 187-196

# **FORUMS THEMATIQUES**

**JEUDI 8 DECEMBRE**

**14h00**



# TRANSFORMATION DES LÉGUMES BIO

**Organisation : Violaine Canevet**

Chargée de mission Recherche

InterBio Bretagne

*violaine.canevet@interbiobretagne.asso.fr*

Le Forum se déroulera en deux temps :

- Un premier temps axé sur une **présentation générale de la filière et du marché des légumes Bio frais et transformés** en France et en Bretagne (30 minutes) par l'Agence Bio et Inter Bio Bretagne.

- Un deuxième temps consacré à une **table ronde** autour du thème « **Transformation des légumes Bio et qualité** » (2 heures).

La table ronde fera intervenir plusieurs entreprises en lien avec la transformation des légumes biologiques, qui témoigneront de leurs attentes, observations et expériences.

## **1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA FILIÈRE ET DU MARCHÉ DES LÉGUMES BIO FRAIS ET TRANSFORMÉS**

Intervention à deux voix : Présentation de la filière et du marché des légumes frais et transformés en Bretagne (par Inter Bio Bretagne) et au niveau national (par l'Agence Bio).

Durée : 30 minutes (20 minutes de présentation, 10 minutes d'échange).

## **2 TABLE RONDE SUR LE THEME « TRANSFORMATION DES LÉGUMES BIO ET QUALITÉ »**

### 2.1. Introduction des intervenants

Pour chaque intervenant : rapide présentation de l'entreprise et lien avec la thématique.

Les intervenants :

#### **- Bretagne Bio Equité**

Outil coopératif breton dédié à la transformation et la commercialisation de fruits et légumes bio à destination des professionnels de la restauration collective / *Témoignage du coprésident de l'Association des Producteurs de Fruits et Légumes Bio de Bretagne (APFLBB), sociétaire de Bretagne Bio Equité*

#### **- Cuisine Centrale de Bruz**

27% de produits Bio (en valeur d'achat), 200 000 repas par an / *Témoignage du responsable de restauration de la Ville de Bruz - 35*

#### **- Groupe Léa Nature - Naturenvie SAS**

Société familiale et indépendante créée en 1993, « expert des actifs naturels et bio » déclinés dans 4 métiers : beauté, alimentation, santé, et maison / *Témoignage du Responsable Qualité Prévention Alimentaire*

#### **- Geffrault (sous réserve de confirmation)**

Entreprise spécialisée dans la fabrication de pommes de terre cuites, sous vide, prêtes à l'emploi (sous différentes découpes) / *Témoignage (à préciser)*

#### **- Grossiste (sous réserve de confirmation)**

Plusieurs possibilités ont été évoquées, sans pouvoir être confirmées jusqu'à présent (Team Ouest, Pomona, Hame Hasle).

## 2.2. Table ronde « Transformation des légumes Bio et qualité »

Durée : 2 heures

Deux axes de discussion sont proposés.

### → **Matière première**

Quelles attentes des transformateurs par rapport à la qualité de la matière première ?

### → **Procédés de transformation**

Quels procédés de transformation pour protéger et/ou valoriser les caractéristiques des légumes Bio ?

# CALENDRIER DES PERIODES INDICATIVES DE PREMIERE MISE EN MARCHÉ DES VARIETES DE POMMES ET POIRES BIOLOGIQUES

*Mélise Willot,  
Chargée de mission Fruits et Légumes, Viticulture  
FNAB  
mwillot@fnab.org*

## RESUME

LA FNAB anime depuis 10 ans une commission nationale fruits à pépins. Elle est composée d'arboriculteurs bio représentant leur Groupement Régional d'Agriculture Biologique et/ou leur organisation économique. Il s'agit d'un lieu d'échange pour créer une connaissance partagée de la production et des filières (bilan de campagne organisé tous les ans), pour mieux comprendre les spécificités de chaque bassin et favoriser leurs complémentarités.

Cette commission a également élaboré un calendrier des périodes indicatives de première mise en marché des variétés de pommes et poires biologiques. Ce travail a été initié par les GRAB et organisations économiques de producteurs bio du Nord et de l'Ouest, puis débattu avec des représentants de l'ensemble des régions productrices. La résultante est un compromis entre bassins de production tenant compte des différentes précocités.

Il est à destination des arboriculteurs bio, tout particulièrement des récemment convertis, et de leur organisation économique. Il fait référence à une cinquantaine de variétés de pommes et une dizaine de poires. Pour chacune, est indiqué un mois de début de mise en marché conseillé en fonction de sa capacité de conservation et de sa période optimale en termes de qualité organoleptique. Des informations relatives aux conditions de conservation sont également précisées.

Les indications de ce calendrier permettent de réfléchir les complémentarités entre variétés au niveau de la ferme : planter des variétés précoces, de mi-saison et de conservation pour étaler ces périodes de mise en marché et sécuriser ainsi sa production et sa commercialisation. Il permet également de favoriser les complémentarités entre régions, l'objectif étant d'éviter que toutes les variétés soient mises en marché en même temps entraînant une chute des prix, alors que les pommes et poires bio vont manquer par la suite. C'est un outil bien entendu évolutif.

Le respect de ce calendrier a un effet structurant à plusieurs niveaux :

- Il **encourage la valorisation de la grande diversité de pommes et poires bio**. Il s'agit de faire valoir cette biodiversité ayant un intérêt pour l'environnement (maintien de variétés locales, anciennes, biodiversité cultivée, ...), mais également pour la sécurisation des fermes (réduction des risques agronomiques et économiques, variétés plus adaptées à la bio, aux territoires, ...). Cette biodiversité a également un fort intérêt pour les consommateurs : vaste palette de goût, de texture, d'utilisation, ...
- S'il est **associé à de bonnes conditions de récolte et de stockage, il garantit des pommes et des poires bio exprimant toutes leur caractéristiques organoleptiques**, une des attentes fortes des consommateurs, qui joue en faveur de l'acte de rachat



- il s'agit d'**encourager au stockage et à l'échelonnement des mises en marchés des variétés**, pour être à même de répondre à la demande de pommes et poires (origine France) en fin de saison qui à ce jour n'est que partiellement satisfaite (mars à juin). Associé à l'augmentation de la disponibilité de pommes bio suite aux conversions de 2008, il offre l'opportunité d'y répondre avec des volumes plus réguliers et de qualité
- L'échelonnement des mises en marché permet également de **maintenir des prix rémunérateurs pour les producteurs tout au long de la campagne**.

Aujourd'hui, la commission a la volonté d'associer les opérateurs de l'aval, expéditeurs et distributeurs, dans cette démarche pour avoir un véritable effet levier et réfléchir ensemble à une communication vers les consommateurs autour de cet outil.

Le calendrier est téléchargeable sur le site de la FNAB :

[www.fnab.org/images/files/actions/filieres/poster-fruit-pepin-FNAB2010.pdf](http://www.fnab.org/images/files/actions/filieres/poster-fruit-pepin-FNAB2010.pdf)

# Pommes et poires bio, à chacune son début de commercialisation

## VARIÉTÉS & CARACTÉRISTIQUES

### Les variétés primeurs

Début de commercialisation d'août à fin octobre

### Caractéristiques

Récolte à maturité  
Capacité de conservation limitée  
Au maximum 1 mois de conservation en fruitier (bâtiment isolé et ventilé, non réfrigéré) et 2 à 3 mois en chambre froide (froid normal)

### Les variétés de mi-saison

Début de commercialisation de novembre à fin décembre

### Caractéristiques

Récolte à maturité  
Capacité de conservation moyenne  
Au maximum 4 à 5 mois de conservation en chambre froide (froid normal) et 6 à 7 mois en chambre froide avec atmosphère contrôlée

### Les variétés de conservation

Début de commercialisation de janvier à fin mai

### Caractéristiques

Récolte à maturité  
Longue conservation  
Jusqu' à fin mai en chambre froide avec atmosphère contrôlée

## PÉRIODE OPTIMALE DE DÉBUT DE MISE EN MARCHÉ

### Août

**Pommes**

Akane  
Cardinal  
Delcorf®  
Early-Gold  
Elsler  
Gala  
Initial®  
Prouette  
Ozark gold  
Priam®  
Rouge de Barroux  
Reine des Reinettes  
Springgold

**Poires**

Louise-Bonne  
William's



### Septembre

**Pommes**

Cox  
Harmonie®  
Danabel  
Falstaff  
Golden  
Jubilé®

**Poires**

Beurré-Hardy



### Octobre

**Pommes**

Belle de Boskoop  
Calville Blanc  
Canada  
Chariteclerc,  
Charoen  
Jonagold  
Melrose  
Mutsu  
Pichournette-Pinova®  
Primiera  
Querina ou Florina®  
Reinette du Canada  
Topaz  
Rouge américaine  
(Starkimson, Early Red One®)

**Poires**

Comice  
Conférence  
Harrow Sweet  
Président Herron  
Général Leclerc



### Novembre

**Pommes**

Crimson Crips®  
Garny-Smith



### Décembre

**Pommes**

Cabarette  
St Germaine  
Choupette®  
(Dalinette®)  
Idared  
Kent  
Pilot  
Reinette Clochard

**Poires**

Passé-Crassane



### Janvier

**Pommes**

Ariane®  
Braeburn  
Juliet®  
Paille de Loup  
Reinette du Mans  
Rosa Sweet

**Poires**

Angelys®



### Février

**Pommes**

Fuji



### Mars

**Pommes**

Delis d'or (Goldrush®)



Les périodes maximales et les modalités de conservation sont précisées à titre indicatif. La capacité de conservation des fruits est conditionnée par leur niveau de maturité à la récolte, les conditions de récolte, l'état sanitaire et les conditions de stockage. Ces éléments aspects doivent être réalisés pour offrir des fruits de qualité à la sortie du stockage, capables de se conserver sur les états, puis chez les consommateurs.

Légende : ® = Variété déposée.



Institut Technique de  
l'Agriculture Biologique

## Fédérer les expertises, Développer les techniques en AB

149, rue de Bercy  
75 595 PARIS Cedex 12  
Tél.: 01.40.04.50.64  
[www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr)



## Recherche spécialisée en arboriculture, maraîchage et viticulture biologiques

Maison de la Bio  
Agroparc – BP 1222 - 84 911 AVIGNON Cedex 9  
Tél. : 04 90 84 01 70  
[www.grab.fr](http://www.grab.fr)



## Coordination des programmes de développement, et la promotion des produits biologiques bretons

33 av. Winston Churchill - BP 71612  
35016 Rennes Cedex - Tél.: 02 99 54 03 23  
[www.interbiobretagne.asso.fr](http://www.interbiobretagne.asso.fr)

Les **Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques** sont organisées tous les ans dans une région différente, par l'ITAB et le GRAB en partenariat avec les structures régionales et départementales impliquées dans l'agriculture biologique.

Ces journées, au travers de **conférences, ateliers et visites de fermes innovantes**, sont un lieu d'échanges et de convivialité destiné aux acteurs de la filière.

### Objectifs :

- faire le point sur les dernières innovations techniques
- identifier les problèmes rencontrés par les producteurs et les besoins en expérimentation
- mener une réflexion globale sur l'organisation des filières
- développer les relations entre agriculture conventionnelle et biologique
- permettre des échanges de connaissances et savoir-faire