



JOURNEES TECHNIQUES NATIONALES FRUITS ET LEGUMES BIOLOGIQUES

Les 3 et 4 décembre 2002
A Morlaix (Finistère)



Avec la participation financière de



CONSEIL GENERAL
FINISTERE
Penn-ar-Bed



SOMMAIRE

Mardi 3 décembre 2002 / Les composts : élaboration et qualité	3
Elaboration et qualité des composts	4
<i>Par B. LECLERC (ITAB)</i>	
Fertilisation organique, respect du sol et nutrition de la plante	10
<i>Par M. VIEL (Phalippou Frayssinet)</i>	
<hr/>	
Mardi 3 décembre 2002 / Arboriculture	13
La production de pomme a cidre en agriculture biologique : particularités et contraintes	14
<i>Par J.M. CAILLY (CA Normandie), N. DUPONT (CTPC), J.C. CARDON (CA Normandie)</i>	
Quelques clés pour aborder la biodynamie	18
<i>Par F. VANPOULLE (le Rheu)</i>	
Trempage dans l'eau chaude pour lutter contre la <i>gloeosporiose</i> des pommes	24
<i>Par C. COUREAU (Ctifl), C. LELIEVRE (La Morinière), G. BOMPEIX (Université Pierre et Marie Curie)</i>	
Prévoir l'abondance du Puceron cendré (<i>Dysaphis plantaginea passerini</i>) dans les vergers de pommiers	28
<i>Par J-L. HEMPTINNE et A. MAGRO (Ecole nationale de Formation agronomique)</i>	
Puceron cendré : réduction de l'inoculum à l'automne	33
<i>Par L. ROMET (GRAB)</i>	
<hr/>	
Mardi 3 décembre 2002 / Maraîchage	37
Variétés de conservation	38
<i>Par F. BOULINEAU (INRA – GEVES)</i>	
Réseau de criblage variétal en potagères agrobiologiques : les premiers résultats ...	43
<i>Par J-F LIZOT (ITAB) et J-P THICOIPE (Ctifl)</i>	
Des ressources génétiques de choux et choux-fleurs : vers quelles variétés pour l'agriculture biologique ?	47
<i>Par V. CHABLE (Ingénieur Agronome et Horticole)</i>	
La production de plant de pomme de terre 100 % biologique : vers une réalité	53
<i>Par F. TREHOREL (Aval-Douar Beo) et J. MARHIC (Bretagne-Plants)</i>	
Quelles semences en agriculture biologique	60
<i>Par Catherine MAZOLLIER (GRAB)</i>	

Mercredi 4 décembre 2002 / La biodiversité 62

Effets des pratiques agricoles sur la faune du sol et la décomposition de la matière organique 63
Par J. CORTET (Institut Méditerranéen d'Ecologie et Paléoécologie)

Arboriculture

Impact d'une haie et de bandes fleuries sur les auxiliaires des vergers de pommiers.. 72
Par G. VAN IMPE (Université catholique de Louvain), M. MIGON (Université catholique de Louvain), E. BRIBOSIA (PCF-Koninklijk Opzoekingsstation van Gorseem) et PH. LEBRUN (Université catholique de Louvain)

Effet des pratiques agricoles sur l'environnement 79
Par G. LIBOUREL (GRAB)

Maraîchage

Effets de la diversité des cultures sur les attaques de ravageurs 82
Par R. H. COLLIER, S. FINCH et H. BILLIALD (Horticulture Research International)

Effets de l'environnement proche sur la biodiversité entomologique en carottes de plein champ 87
Par P. COLIGNON, C. GASPAR ET F. FRANCIS (Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Gembloux)

Inventaire faunistique en culture d'artichauts 95
Par M. CONSEIL (IBB)

Elaboration d'un banc d'essai et caractérisations du procédé GEET de P. Pantone à reformage d'hydrocarbure 103
Par C. Martz

Les composts : élaboration et qualité
--

Elaboration et qualité des composts

Par Blaise LECLERC

Fertilisation organique, respect du sol et nutrition de la plante

Par M. VIEL

B. LECLERC
ITAB, commission agronomie - BP 16 - 84160 Cucuron

Résumé

La qualité des composts est liée à la nature des matières premières utilisées mais également au processus de compostage. Il est donc primordial de connaître d'une part la composition des matières premières mises à composter, d'autre part les différentes phases du compostage pour pouvoir intervenir le cas échéant sur l'évolution de ces matières premières au cours du compostage. Nous prendrons comme exemple le compostage des déchets verts.

Mots-clés : compost, qualité, déchets verts.

Introduction : les 4 phases du processus de compostage

Le processus de compostage peut être décomposé en 4 phases.

Plusieurs paramètres (température, pH, taux d'oxygène...) présentent des variations au cours du compostage. L'évolution de la température, qui exprime l'activité de la succession de populations microbiennes liées aux modifications du milieu, est la manifestation la plus perceptible de la dynamique du compostage. Elle permet de distinguer 4 phases :

- la phase mésophile est la phase initiale du compostage. Les matières premières sont envahies par les micro-organismes mésophiles indigènes (bactéries et champignons essentiellement), absorbant les molécules simples (sucres simples, acides aminés, alcools...) et transformant une partie des polymères (protéines, acides nucléiques, amidon, pectines, hémicellulose, cellulose...). Leur activité engendre une montée en température (de 10-15 °C à 30-40 °C), un dégagement important de CO₂ (d'où la diminution du rapport C/N) ainsi qu'une acidification. La dégradation de la cellulose durant cette phase est responsable de plus de 75 % de la perte de poids sec.

- la phase thermophile est atteinte, au centre du tas, à des températures élevées (de l'ordre de 60 à 70 °C pour les composts agricoles), auxquelles ne résistent que des micro-organismes thermotolérants ou thermophiles (arrêt de l'activité des champignons, développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles). Les pertes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH₄⁺), qui peut être volatilisé sous forme d'ammoniac (NH₃) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau, sont plus importantes au cours de cette phase. La libération de CO₂ peut entraîner, à la fin des phases thermophiles, jusqu'à 50 % de perte en poids sec.

Les hautes températures caractérisant la phase thermophile ne concernent que le centre du tas. Les matières présentes en bordure de tas doivent être reprises par un ou deux retournements. Après un retournement, on observe la succession des 3 phases précédentes ; les températures atteintes en phase thermophile sont cependant de moins en moins élevées au fur et à mesure des retournements. Cette technique permet de s'assurer que tous les éléments du tas subissent les différentes phases du compostage afin que le produit final soit homogène et entièrement assaini (cependant, selon le terrain et le réglage du retourneur d'andains, la base du tas n'est pas toujours correctement reprise).

- la phase de refroidissement est la phase intermédiaire entre la phase thermophile et la phase de maturation. Elle prend fin avec le retour à la température ambiante. Le milieu est colonisé de nouveau par des micro-organismes mésophiles. Ils dégradent les polymères restés intacts en phase thermophile et incorporent l'azote dans des molécules complexes.

- la phase de maturation présente peu d'activité microbiologique (recolonisation par des champignons) mais est adaptée à la colonisation par la macro-faune, en particulier les lombrics lorsque ceux-ci sont présents dans l'environnement du tas. Les matières organiques sont stabilisées et humifiées par rapport aux matières premières mises à composter. Le pH s'équilibre vers la neutralité (Godden, 1986).

Les trois premières phases sont relativement rapides par rapport à la phase de maturation et interviennent plusieurs fois en cycle après chaque retournement du tas.

Leur durée ainsi que l'amplitude des variations dépendent cependant des matériaux de départ et des conditions techniques dans lesquelles s'effectue le compostage. Les dates des retournements ne peuvent donc être fixées selon un calendrier précis, mais sont déterminées par la baisse de la température.

La phase de maturation se prolonge *a priori* jusqu'à l'épandage du compost. Rappelons que d'un point de vue réglementaire le temps de compostage + stockage ne peut pas dépasser 10 mois en plein champ (de la sortie du bâtiment à l'épandage), et parfois moins selon certaines réglementations départementales (2 ou 6 mois). On ne peut définir une durée de maturation puisque cette dernière dépend de la composition des matières premières. On peut cependant distinguer les composts de déchets ligno-cellulosiques (les fumiers), qui peuvent être utilisés au bout de 6 semaines (la phase de maturation est alors très courte, voire inexistante), des composts de déchets ligneux (les déchets verts par exemple) qui ne sont utilisés en général qu'au bout de 6 mois.

La tendance actuelle évolue vers un compostage court et une utilisation rapide pour éviter des stockages longs qui augmentent les risques de recolonisation superficielle du tas par des graines d'adventices et les pertes d'ions monovalents par lixiviation (K^+ , Na^+ , NO_3^- ...).

Intérêt et limites du compostage

Intérêt

L'intérêt du compostage est une somme d'avantages dont certains peuvent apparaître décisifs pour la prise de décision de passer ou non à sa mise en oeuvre. Dans tous les cas le compostage permet un stockage de carbone dans le sol plus important que dans le cas d'un simple apport de fumier. D'autres considérations propres à chaque situation entrent ensuite en ligne de compte dans le choix de composter ou non. Ainsi pour un éleveur les principaux objectifs du compostage pourront être l'assainissement du fumier et la diminution des doses à épandre, pour un céréalier achetant du fumier à l'extérieur le principal objectif pourra être un assainissement vis-à-vis des adventices, pour un arboriculteur le stockage de matières organiques pendant plusieurs années dans le sol, etc. En général c'est cependant le cumul de ces avantages qui déclenche la décision de faire du compost. Ces principaux avantages sont les suivants :

- la réorganisation de la matière organique sous forme de molécules plus stables,
- la réduction de volume, qui permet de compenser le surcoût apparent du compostage en diminuant les frais liés à l'épandage,
- la concentration en matière sèche et en éléments minéraux,
- l'assainissement vis à vis des adventices,
- l'assainissement vis à vis de la plupart des phytopathogènes,
- l'assainissement vis à vis de certains agents pathogènes et parasites des animaux,
- la destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires,
- l'absence d'odeur désagréable,
- l'homogénéité du produit fini, qui rend l'épandage beaucoup plus performant,
- la limitation des pertes d'azote nitrique par lessivage après épandage,
- la lutte contre les maladies des plantes.

Limites

Nous pourrions dans ce paragraphe reprendre tous les points que nous venons d'aborder pour montrer l'intérêt du compostage et en définir plus précisément les limites. Nous serions alors conduit à faire de nombreuses répétitions car nous avons vu que nombre de ces points sont liés à la montée en température au cours du compostage (notamment pour les effets sur l'assainissement) et au bon déroulement du processus (retournements efficaces).

Dans ce paragraphe, nous donnerons d'une part les limites du compostage même lorsque celui-ci est réalisé correctement, d'autre part quelques limites qui peuvent venir contrarier cette fois-ci la mise en place ou le bon déroulement du compostage.

Les éléments traces métalliques ne sont pas éliminés au cours du compostage. En effet la teneur en éléments traces métalliques (communément appelés « métaux lourds ») d'un compost dépend de la teneur initiale des matières premières en ces éléments. Comme la teneur en éléments fertilisants, elle augmente en concentration relative des autres éléments, à cause de la perte en matière organique ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$).

Beaucoup de composts peuvent présenter des teneurs importantes en éléments traces métalliques : les composts de déchets verts (notamment lorsqu'ils comportent des végétaux récupérés au bord des routes) ; les composts de déchets ménagers (grande variabilité des composants) ; les composts à base de boues de stations d'épuration ; les composts de fumiers ou les composts issus du traitement des lisiers de porcs, riches en zinc ou en cuivre (selon le type d'alimentation des animaux).

Les teneurs en cadmium, chrome, nickel, plomb, cuivre et zinc de 30 composts de déchets verts et d'autres matières premières d'origine animale ou végétale (feuilles, déchets de légumes, écorces, fumiers, etc.) provenant d'Allemagne, de France, d'Italie, de Suisse, des Pays-Bas, de Grèce, ont été déterminées et comparées aux teneurs relevées dans la littérature pour les composts d'ordures ménagères, ainsi qu'aux normes existantes dans les différents pays européens. Les résultats montrent que, excepté pour le cadmium, la majorité des composts analysés peuvent être considérés comme des composts de très haute qualité ou de haute qualité. Les composts classés comme contaminés ou de basse qualité le sont sur la base de leur teneur en cadmium. Les auteurs concluent que pour ces composts la qualité est définie par rapport à la contamination en cadmium des matières premières, et que les limites légales pour cet élément devraient être revues (Genevini *et al*, 1997).

Une fois le compost terminé, on peut réaliser des analyses afin de vérifier la teneur en certains éléments susceptibles d'être présents en quantités importantes selon l'origine des matières premières mises à composter. Etant donné le coût de certaines analyses, on peut également conserver des échantillons des matières premières à composter, ainsi que des échantillons du compost obtenu, afin de pouvoir pratiquer des contrôles ultérieurs pour rechercher les origines des teneurs trouvées, notamment auprès des fournisseurs des matières premières.

Un exemple : le compostage des déchets verts

Les déchets verts sont formés des résidus végétaux issus de l'entretien des jardins et espaces verts publics et privés. Ils sont donc constitués de tontes de gazon, de feuilles mortes, de tailles de haies, de branches d'élagage, etc., mais peuvent également contenir des indésirables tels que sacs plastiques, morceaux de bâches, fils de fer, débris divers, d'où l'importance du tri à effectuer avant le compostage (en général dans les déchetteries).

Les étapes du compostage des déchets verts

L'ADEME (1998) décompose la réalisation d'un compost de déchets verts en plusieurs étapes successives :

(1) Réception et stockage des déchets verts

Les déchets verts sont réceptionnés en vrac sur une aire spécialement réservée à cet effet.

(1.1) Contrôle

Un opérateur effectue un contrôle visuel des produits fournis par les producteurs et s'assure du respect du « cahier des charges » rédigé par l'exploitant (absences de souillures). Ce cahier des charges pourra contenir les éléments suivants selon les cas :

- absence de souches, troncs d'arbres et grosses branches ;
- absence de pierres ;
- absence de gazon tondu depuis plus de 8 jours ;
- absence d'impuretés diverses (plastiques...) ;
- absence de déchets de nettoyage de la voie publique...

L'application de ce cahier des charges permettra d'améliorer la qualité du produit entrant.

(1.2) Tri

Les corps étrangers grossiers (s'ils ne sont pas en quantité trop importante) sont retirés avant que le produit ne soit repris et stocké sur une hauteur de 2,5 à 3 m. Une benne permet de stocker les indésirables (terre, cailloux, sacs en plastique) avant de s'en débarrasser dans un centre dûment habilité (décharge, incinérateur).

(1.3) Suivi des produits réceptionnés

Un bordereau de livraison des déchets verts sera rempli pour chaque apport, précisant les volumes (ou les tonnages) et dans la mesure du possible, la nature des résidus reçus.

(1.4) Stockage

Certains déchets verts peuvent être stockés plusieurs semaines voire plusieurs mois sur la plate-forme dans l'attente du compostage. Il s'agit des déchets ligneux, très carbonés et foisonnants qui n'évoluent pas ou peu dans le temps, même broyés. Ce stockage est particulièrement intéressant pour gérer les arrivages ultérieurs des déchets verts très azotés et humides qui évoluent rapidement et spontanément, comme les gazons ou les déchets floraux. En effet le stock de déchets ligneux, constitué au moment de leur production (automne-hiver), permet de réaliser avec les déchets très azotés un mélange équilibré qui va bien se composter.

(2) Mélange/broyage/mise en andains

(2.1) Le mélange

Le mélange doit aboutir au rapport C/N le plus proche de 30-35 et à une humidité de l'ordre de 60 %.

(2.2) Le broyage

L'opération est en règle générale organisée sur l'aire de réception des déchets à l'aide :

- d'un chargeur équipé d'une fourche crocodile,
- d'un broyeur monté sur châssis routier ou agricole, pouvant avancer au fur et à mesure des besoins sur le chantier.

Le broyage s'accompagne éventuellement d'un arrosage des matières végétales afin d'atteindre le taux d'humidité adéquat de 60 %.

Un double broyage peut être nécessaire si le broyeur utilisé est peu performant.

Après le broyage, le compost est transporté sur l'aire de fermentation puis mis en andains de 2 à 3 m de hauteur.

(3) Dégradation aérobie active (2 à 3 mois) et retournement

Il s'agit des phases mésophiles, thermophiles puis de refroidissement. Les andains doivent être retournés relativement fréquemment pour apporter l'oxygène consommé par les micro-organismes, et humidifiés selon les besoins.

(4) Maturation (3 à 5 mois) et retournement

La consommation d'oxygène est plus faible et les andains peuvent être retournés moins souvent. Les arrosages sont arrêtés pour laisser le taux d'humidité atteindre un niveau compatible avec un bon criblage (de l'ordre de 40 %).

(5) Criblage du compost et stockage (0 à 3 mois)

Dans l'attente de l'opération de criblage, le compost stocké extérieurement est de préférence recouvert d'une bâche, ou mieux, stocké sous hangar. Le chantier nécessite un chargeur et un crible à tamis vibrant ou à tambour. Si le tri et le broyage ont été efficaces au départ, on peut se passer du criblage qui sert surtout à enlever les corps étrangers (plastiques, branches d'arbres, etc.). Le compost affiné est stocké sous abris jusqu'à commercialisation du produit, sur une hauteur de 3 m ou plus.

Qualité des composts de déchets verts

A partir de données recueillies sur 11 plates-formes de compostage de déchets verts en 1997, l'ADEME rapporte les observations suivantes (Wiar, 1997) :

- teneur en matière sèche : généralement comprise entre 50 et 60%, pour une moyenne de 55 % ;
- teneur en matière organique sur la matière sèche : fourchette très large allant du simple au triple (23 à 63 %), avec une moyenne de 41 % ;
- rapport C/N souvent proche de 15, mais on constate des écarts importants compris entre 8 et 28 ;
- pH : valeur assez stable, située entre 7 et 8, quels que soient les composts ;
- teneur en azote total de 1,5 % en moyenne, située entre 1 et 2,4 % ;
- parmi les autres éléments fertilisants, on notera la teneur élevée en calcium : 50 kg (CaO) par tonne brute. Toutefois les écarts sont également très importants : variation de 15 kg/t (minimum) à 79 kg/t (maximum). Le compost présente enfin une teneur notable en potasse (6,7 kg/t brute) et dans une moindre mesure, en phosphore.

Le **tri** et le **broyage** au départ sont primordiaux et déterminent l'évolution des matières. Plus le produit de départ est fin, et plus la durée de compostage est courte, plus la perte de masse sera importante et le compost final concentré en éléments (mais une granulométrie trop fine peut à l'inverse conduire à un manque d'aération par défaut de structure, donc ralentir le processus).

Les résidus de pelouses et feuilles enrichissent le compost en azote, phosphore et potassium. Un minimum de résidus ligneux garantit une évolution lente du compost dans le sol.

Les principaux éléments traces métalliques rencontrés dans les composts de déchets verts sont le chrome, le nickel, le plomb, provenant de l'usure du matériel de compostage ou de la pollution environnementale (circulation automobile). En raison de la grande diversité des installations et des matières mises à composter, la composition et la qualité du produit sortant peuvent varier considérablement.

Exemple de teneurs en éléments traces métalliques

Teneurs en éléments traces métalliques d'un compost de déchets verts, en comparaison du référentiel ECOFERT et des valeurs moyennes dans des composts de déchets verts (en mg/kg de MS) :

éléments	Compost de déchets verts *	Référentiel ECOFERT **	Valeurs moyennes dans des composts de déchets verts (ADEME, 1998)
Cadmium	0,17	1,5	0,5 - 1,5
Chrome	13,2	65	25 - 80
Cuivre	20,7	70	35 - 100
Mercure	0,032	0,6	0,1 - 1
Nickel	4,19	40	15 - 55
Plomb	3,87	45	45 - 140
Sélénium	< 0,15	-	0,1 - 0,3
Zinc	43,2	210	100 - 300

* source : *opération pilote de compostage de déchets verts sur des plates-formes décentralisées chez des agriculteurs du Sud Luberon*, rapport intermédiaire, mai 2002, GRAB, Avignon.

** pour les fumiers et composts sauf compost de déchets ménagers.

Références bibliographiques

ADEME (1998). Suivi d'une unité de compostage de déchets verts. ADEME, Département « déchets municipaux », Direction du Bâtiment et des Energies Renouvelables, collection connaître pour agir, 24 pages + 25 fiches.

GENEVINI P.L., ADANI F., BORIO D., TAMBONE F. (1997). Heavy Metal Content in Selected European Commercial Composts. *Compost Science & Utilization*, Vol. 5, No. 4, 31-39.

GODDEN B. (1986). Etude du processus de compostage du fumier de bovin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136 pages + annexes.

WIART J. (1997). Qualité, maturité et efficacité agronomique des composts de déchets verts : synthèse de références. Session de formation : Valeur Agronomique des Composts. 17 au 21 mars 1997. Trie-Château. APCA/ADEME.

FERTILISATION ORGANIQUE <i>Respect du sol et nutrition de la plante</i>
--

M. VIEL
Docteur en agronomie
Phalippou Frayssinet

Le sol a besoin de vivre

Le sol est une composante majeure de la biosphère, au même titre que les milieux aquatiques et l'atmosphère avec lesquels il partage les caractères de complexité et de fragilité mis en évidence par les sciences modernes. Nous savons que le sol, comme tout modèle vivant, évolue en permanence sous l'effet des facteurs naturels, mais les actions de l'homme, la façon dont il utilise et exploite le sol, peuvent avoir pour conséquence d'accélérer considérablement ses évolutions et de provoquer des dégradations pouvant être irréversibles : érosion, déstructuration, rétrogradation biologique, acidification, encroûtement, pollution... Ces problèmes émergent de plus en plus, des études agronomiques nous imposent progressivement une autre vision du rôle des sols par rapport aux cultures et à l'environnement. Un forum scientifique réalisé par l'INRA en 1996 s'est avéré, après les interventions, justement intitulé « le sol, un patrimoine menacé ». Au centre des préoccupations se situe principalement la qualité biologique des sols. Elle constitue l'élément clé de leur fonctionnement et de leur fertilité, comme le souligne Rémy CHAUSSOD, directeur de recherche à l'INRA (1996) : « *on ne peut envisager d'agriculture durable sans chercher à préserver la qualité des sols. Les composantes biologiques, en interaction avec les propriétés physiques et physico-chimiques, participent très largement à la qualité globale du sol* ».

L'équilibre fertilisation

Dans cette approche, la fertilisation organique « moderne » a un rôle prépondérant à jouer en permettant à la fois d'alimenter le sol en matière organique génératrice d'humus et de vie microbienne et d'apporter aux plantes une nutrition complète et progressive

Les fertilisants naturels au stade industriel

Loin de ces origines empiriques, la fertilisation organique combine actuellement technologie et efficacité agronomique en bénéficiant des récentes recherches scientifiques. La fiabilité industrielle des fabrications démarre par l'utilisation de matières premières homogènes et concentrées provenant pour la plupart de l'agro-industrie : tourteaux de café et cacao, pulpes d'olives et de raisins, farines de plumes et de laines, farines de sang desséché et d'arêtes de poissons, bourres de laine... Elles sont associées méthodiquement aux matières plus traditionnelles, mais sélectionnées, que sont par exemple les fumiers de bergeries ou les guanos. Face à la diversité des produits organiques, nous disposons de systèmes analytiques performants qui permettent de déterminer leur richesse en éléments nutritifs pour la plante (N, P, K, Mg, Oligo-éléments,...), mais également leur concentration en substances humigènes (lignine et cellulose) constituant la matière organique stable ou humus du sol. Les procédés de fabrication ont également beaucoup évolué. Le compostage contrôlé assure la stabilisation et l'hygiénisation des amendements organiques avec des potentiels humiques 5 à 10 fois plus élevés que ceux des fumiers bruts. La précision des formulations et de l'homogénéisation des engrais organiques et organo-minéraux est assurée par des systèmes informatiques. Les présentations homogènes, en poudre ou en granulés bouchons, facilitent considérablement les apports avec tous types d'épandeurs, sans oublier le système de granulation à froid pour préserver la qualité organique et microbienne des produits.

Des produits normalisés

Pour être mis sur le marché, les fertilisants organiques doivent être conformes aux Normes Françaises homologuées AFNOR qui distinguent 3 grands types de produits définis de la façon suivante :

- Amendements organiques NFU 44051 :
Composés principalement de matières carbonées végétales fermentées ou fermentescibles, ils sont destinés à l'entretien ou à la reconstitution de la matière organique stable ou humus du sol. Ils doivent être constitués obligatoirement avec :
 - les éléments majeurs Azote, Phosphore et Potassium, entièrement d'origine organique
 - les teneurs totales déclarées en N , P₂O₅ et K₂O inférieures à 3 %.
- Engrais organiques NFU 42001 :
Composés de matières carbonées d'origine végétale et/ou animale, ils sont apportés au sol en vue de la nutrition des plantes et peuvent agir sur le sol en fonction de leur composition. Ils doivent être constitués obligatoirement avec :
 - Les éléments majeurs Azote, Phosphore et Potassium entièrement d'origine organique
 - Au moins une des teneurs totales déclarées N ou P₂O₅ ou K₂O égale ou supérieure à 3 %.
- Engrais organo-minéraux NFU 42001 ou NFU 42002/1 (+ oligos) :
Engrais simples azotés ou composés, dont les éléments nutritifs déclarés d'origine à la fois organique et minérale, sont obtenus par mélange et/ou combinaison chimique d'engrais ou produits organiques et minéraux. Ils doivent être constitués obligatoirement avec :
 - Au moins 1 % d'Azote organique
 - Au moins une des teneurs totales déclarées N ou P₂O₅ ou K₂O égale ou supérieure à 3 %
 - La somme des teneurs totales déclarées N+P₂O₅+K₂O égale ou supérieure à 7%

NB : les fertilisants organiques ne peuvent pas contenir de l'azote de synthèse organique (urée formaldéhyde, IBDU,...).

L'effet organique

Notre gamme est constituée des 3 types de fertilisants organiques qui sont élaborés spécifiquement pour agir aux différents niveaux du complexe sol – microorganismes - plante :

- Les amendements organiques : Constitués essentiellement de matières végétales à fort potentiel humique (fumiers de bergeries, tourteaux de café, bourres de laine), ils sont élaborés par compostage actif contrôlé aboutissant à la base organique compostée (VEGETHUMUS, utilisable AB). Les amendements organiques Phalippou-Frayssinet ont un « effet organique régénérateur » du sol avec la reconstitution du stock de matières organiques stables (humus), la formation du complexe argilo-humique (réservoir d'éléments fertilisants) et la stimulation des activités microbiennes (bio-oxydation, biosynthèse, mycorhize, compétition microbienne).
- Les engrais organiques : Composés de la base organique compostée (VEGETHUMUS) et de compléments organiques concentrés (guano d'oiseaux, farines de plumes hydrolysées et d'arêtes de poissons, extraits de vinasses de betteraves,...). Les engrais organiques ORGA (utilisables AB) combinent en fonction de leur formulation « l'effet organique régénérateur » du sol et « l'effet organique nutritif » caractérisé par une nutrition complète et progressive de la plante.
- Les engrais organo-minéraux : Associant base organique compostée et compléments organiques et minéraux concentrés les engrais organo-minéraux GUANOR (utilisables AB) permettent d'obtenir des équilibres nutritifs parfaitement adaptés aux besoins des plantes en assurant une progressivité de libération des éléments et un entretien organique du sol.

Le sol est un patrimoine précieux et complexe

A partir de ces fertilisants un nouvel ensemble de méthodes de fumure doit être développé et étudié dans une démarche de qualité. Cependant, compte tenu de la diversité des situations pédo-climatiques et de l'interactivité des phénomènes physico-chimiques et biologiques du sol, il est nécessaire de multiplier les études et les recherches. Dans cette logique nous développons un programme de recherche en collaboration avec les laboratoires des Instituts Agronomiques (INRA, ENSAM, IRD, CIRAD, ...) avec plus de 20 sites d'essais en cultures suivis par des techniciens des organismes agricoles (Chambres d'Agriculture, Comités Professionnels et Centres Techniques).

La conservation des sols cultivés exige une considération plus globale de leurs fonctionnements et l'adaptation de techniques culturales plus respectueuses des équilibres biologiques. L'attente du citoyen évolue à l'égard de son environnement. Nous devons rendre compatibles le maintien d'une agriculture performante et durable, la qualité de ses produits et la préservation de l'environnement.

ARBORICULTURE

La production de pomme a cidre en agriculture biologique : particularités et contraintes
Par J.M. CAILLY, N. DUPONT, J.C. CARDON

Quelques clés pour aborder la biodynamie
Par F. VANPOULLE

Trempage dans l'eau chaude pour lutter contre la *gloeosporiose* des pommes
Par C. COUREAU, C. LELIEVRE, G. BOMPEIX

Prévoir l'abondance du puceron cendre (*Dysaphis plantaginea passerini*) dans les vergers de pommiers
PAR J-L. HEMPTINNE & A. MAGRO

Puceron cendré : réduction de l'inoculum à l'automne
Par L. ROMET

LA PRODUCTION DE POMME A CIDRE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : PARTICULARITES ET CONTRAINTES

J.M. CAILLY (1), N. DUPONT (2), J.C. CARDON (1)

(1) Service Régional Cidricole, Chambre d'Agriculture de Normandie, 6 rue des Roquemonts, 14053 Caen.

(2) Centre Technique des Productions Cidricoles (CTPC), La Rangée Chesnel, 61500 Sées.

Résumé

Produire des pommes en agrobiologie à des fins de transformation peut sembler plus simple que pour celles destinées à une consommation en frais. En effet l'aspect général du fruit (calibre, coloration, déformations,...) n'est pas en pomme à cidre problématique tant qu'il n'y a pas d'incidence négative majeure sur la production ainsi que certaines qualités souhaitées au niveau du fruit (rendement en jus, sucre...). De plus les variétés cidricoles sont le plus souvent assez rustiques et greffées sur MM106, porte-greffe apportant la vigueur nécessaire en agriculture biologique.

Quelques difficultés ou contraintes sont néanmoins spécifiquement posées. Elles sont liées au plan technique à cette recherche de qualités particulières dans un contexte où la récolte est mécanisée au sol; sur un plan économique à une valorisation qui oblige à certaines limites en terme de temps de travail et investissements.

Mots-clés : pomme à cidre, agriculture biologique, rusticité des variétés, alternance, récolte au sol.

Introduction

Face au déclin du verger cidricole traditionnel implanté essentiellement dans le Nord-Ouest de la France, des producteurs se sont engagés, à partir des années 80, dans la plantation d'un verger spécialisé dit « basse-tige » sous contrats d'approvisionnements avec les unités de transformation.

Les arbres sont greffés sur MM106 à des densités d'environ 650 arbres par hectare.

L'atelier pomme à cidre ne représente très généralement qu'une partie de l'activité de l'exploitation. Il cohabite le plus souvent avec lait, viande ou céréales.

La production de pomme à cidre bio est encore plus récente. Son développement significatif apparaît dans les années 1996/97 en même temps que celui plus global de l'agriculture biologique. A ce moment, la plupart des transformateurs affichent une volonté de disposer d'un cidre biologique parmi leur panel de produits. Parallèlement, le mode de production bio suscite un intérêt chez plusieurs arboriculteurs déjà installés en conventionnel.

Produire des pommiers à cidre en agriculture biologique peut sembler plus « simple » qu'en pomme de table. L'absence de contraintes concernant le calibre, la coloration ou plus généralement l'aspect du fruit sont en effet un avantage. De plus les variétés utilisées, issues du verger traditionnel pour la plupart, ont été retenues pour leur rusticité. En verger conventionnel, 8 à 10 interventions sont réalisées en moyenne chaque année. Seule exception, la forte sensibilité des variétés cidricoles au Feu Bactérien qui a posé quelques problèmes au début des années 90 sur un verger qui était encore globalement jeune. Cette sensibilité a mené à l'interdiction de plantation de 5 variétés.

L'utilisation d'un porte-greffe plus vigoureux que le M9, est aussi un avantage certain pour une production en agriculture biologique.

Par contre, sur d'autres aspects techniques non seulement la pomme à cidre est confrontée aux mêmes problèmes que la pomme de table mais elle supporte aussi des contraintes supplémentaires.

L'alternance de production

Le pommier à cidre se caractérise par une forte alternance de production liée à une très grande capacité florifère et fructifère. L'éclaircissage manuel est économiquement inconcevable en verger commercial. Les essais menés avec des produits à action brûlante sur fleurs: savon potassique, huile minérale...ont jusqu'alors donné des résultats décevants. Le contrôle de la fructification par la conduite de l'arbre s'est de fait imposé comme une piste à explorer. L'adaptation, aux variétés cidricoles, des principes de conduite en port arqué et extinction développés par le groupe MAFCOT est étudié depuis plusieurs années déjà tant pour le verger bio que conventionnel. Quelques résultats d'intérêt ont été obtenus:

- la maîtrise précoce par l'arcure des branches fruitières basses permet une réduction efficace de la forte basitonie caractéristique aux cultivars cidricoles. On obtient de la sorte des frondaisons beaucoup mieux réparties en hauteur. D'un point de vue pratique, le passage entre rangs souvent problématique en conduite "trop libre" se trouve largement facilité.
- la pratique de l'extinction artificielle permet un retour à fleur significatif sur certaines variétés: Douce Moën, Petit Jaune
- la mécanisation, au moins partielle des opérations ne paraît pas être une utopie, tant au niveau de l'extinction: un système de brossage encore en cours d'étude a déjà donné quelques satisfactions; que de l'éclaircissage mécanique pour mise à 1 ou 2 fruits sur les bouquets restants: utilisation de secoueur pour chute de fruits à la récolte entre la 6^{ème} et 8^{ème} semaine après fleur.

L'entretien sur le rang

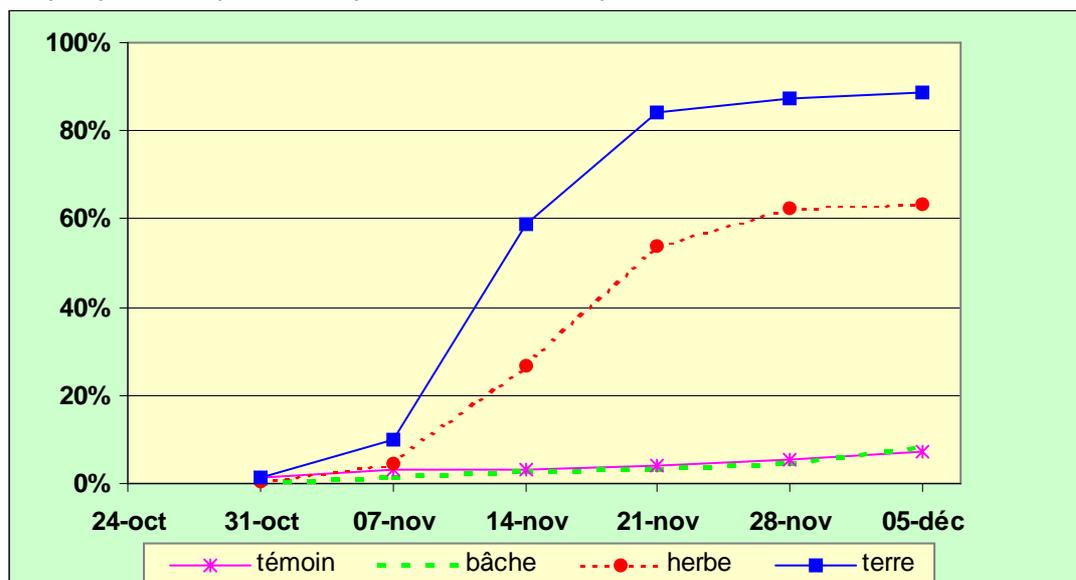
Le désherbage de la ligne est une nécessité pour le moins pendant la phase de développement de l'arbre. Son incidence n'est plus à démontrer. Elle a même été mise en évidence sur arbre haute-tige ! Les techniques proposées ces dernières années pour gérer le problème en vergers conduit selon un mode biologique, n'offrent pas la solution technico-économiquement satisfaisante pour la production de pommes à cidre.

- Les couvertures du sol: compost, toile synthétique, film plastique tressé...sont trop coûteuses (investissement + temps lié à la pose) et/ou posent des problèmes techniques: incompatibilité avec la récolte des fruits qui se fait mécaniquement au sol pour certaines, recrudescence de rongeurs.
- Les systèmes de binage mécanique présentent les mêmes inconvénients de coût que certains paillages. Il leur est en outre difficile d'assurer le double objectif, maintien d'un espace suffisamment propre jusqu'à la récolte et ramassage au sol (absence de pierres et cailloux et terre non remuée souhaitables)

Le nouveau concept de brosses venu d'Italie, retient actuellement l'attention. Il pourrait bien constituer l'avancée attendue pour gérer le désherbage en arboriculture bio cidricole.

Si le désherbage est nécessaire au bon développement de l'arbre, il est par contre pénalisant pour la conservation des fruits au sol.

Graphique 1 : impact de la pollution des fruits par le sol – Clos Renaux – année 2000



Ainsi les blessures provoquées par la chute naturelle et le contact avec la terre jouent beaucoup dans la plus ou moins bonne aptitude du fruit à se conserver. L'évolution des fruits étant moindre sur l'herbe, une réflexion est en cours sur l'intérêt et la faisabilité de pouvoir enherber la ligne lorsque l'arbre a atteint son volume adulte. Cet enherbement serait total ou partiel afin de faciliter l'entretien près du tronc.

Conservation des fruits au sol et récolte

La récolte mécanique au sol, est le plus souvent réalisée en deux ou trois passages. Le délai des fruits au sol et la durée de stockage après récolte et avant brassage sont autant de facteurs qui favorisent le développement de pourritures.

Les sept plus fréquentes espèces pathogènes répertoriées dans les vergers de pommes à cidre sur fruits au sol sont : *Monilia fructigena*, *Gloeosporium fructigenum*, *Alternaria sp*, *Phytophthora cactorum*, *Penicillium expansum* et *Fusarium fructigenum* et *oxysporum*.

Des tests organoleptiques ont mis en évidence, quelque soit le type de champignon, qu'à partir de 4% de jus infestés, l'échantillon présentait une saveur étrangère et désagréable comparé à un jus sains.

Au-delà de cette déviation aromatique du jus, se pose un problème de réglementation avec le cas de la patuline. Cette toxine est produite essentiellement par *Penicillium expansum*.

Le taux maximum autorisé dans les produits agroalimentaires est actuellement de 50 ppm.

Dégradée au cours de la fermentation, cette mycotoxine peut être présente dans les jus de pommes et le pomeau.

Évaluée sur jus de pommes, la réduction de la durée de stockage des fruits a nettement minimiser le problème.

Face à cela, des travaux sont en cours afin d'évaluer la situation en pomme à cidre.

Par ailleurs une étude sur la faisabilité de récolter les pommes à cidre sur réceptacle ou sur bâches est en cours en collaboration avec le CREMAN (Centre Régional d'Expérimentation du Machinisme Agricole de Nérac) et la société SOMAREF.

Conclusion

La diversité des contextes d'installation et de suivi des parcelles de pommes à cidre en mode agrobiologique a permis, ces dernières années de clairement mettre en évidence les limites du système, mais aussi les conditions de sa faisabilité. Certaines difficultés rencontrées sont propres au fait d'être en bio, mais la plupart d'entre elles se posent finalement aussi en culture conventionnelle.

Les voies d'amélioration étudiées sont compatibles avec la production biologique: éclaircissage "non chimique", récolte sur réceptacle ou enherbement sous l'arbre rendant l'entretien de la ligne moins problématique. Cela laisse augurer de la possibilité de pouvoir proposer à moyen terme, un itinéraire technique plus fiable. Mais est ce finalement là le seul et principal problème aujourd'hui posé à la filière cidricole biologique?

Références bibliographiques

DUPONT N., CARDON J.C., LAURI P.E., 2002 – Alternative à l'éclaircissage chimique par la conduite de l'arbre. *2^{ème} conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux*. Annales communications affichées: 211-215

CTPC, CREMAN, 2002 – Récolte des fruits à cidre sur réceptacle. Bilan des travaux engagés entre 1999 et 2001.

FRATONI F., 1996 – Réception des pommes à cidre en usine . Incidence des fruits pourris sur la qualité des lots.

F. VANPOULLE

arboriculteur, formateur au CFPPA du Rheu (35), vice-président de « Culture bio », Crotigné
35580 GUICHEN. vanpouille.frederic@wanadoo.fr

Résumé

Nous pouvons attendre d'une biodynamie professionnelle un enracinement plus profond ainsi qu'une amélioration de la structure des sols. Sur la partie aérienne des plantes, le préparat biodynamique 501 apporte un « effet lumière », une photosynthèse accrue, se traduisant sur les arômes, la brillance, le taux de sucre. La biodynamie agit aussi sur la circulation des sèves. En arboriculture, les potentialités sont là, mais il ne faut pas trop en attendre côté maladies.. Car il manque de producteurs professionnels et de recherche. La biodynamie est aussi basée sur des conceptions élargies du vivant qui pourraient entraîner une révolution scientifique.

Mots- clé : biodynamie, arboriculture, racine, photosynthèse, qualité

Introduction : les tribulations d'un néo-arbo !

J'espère simplement faciliter votre réflexion et votre (éventuel) démarrage en biodynamie. Car le mien, il y a 10 ans, n'a pas été simple ! Une difficulté a été de concilier les 2 approches conventionnelle et biodynamique. Une seconde de hiérarchiser les problèmes. La troisième d'apprendre une **certaine technique biodynamique** : ainsi

- j'ai dynamisé trop lentement pendant 2 ans, ce qui équivaut à quasiment rien !
- j'ai dynamisé de l'eau encore trop chlorée
- j'ai pulvérisé les préparats biodynamiques 500 et 501 avec l'atomiseur servant à la bio alors qu'ensuite j'ai compris l'inadéquation d'une telle pratique !

C'est ainsi qu'une année en août j'ai comparé des feuilles ayant reçu du 501 à des témoins. Ouf ! C'est plus brillant, moins mat, cela correspond à ce qui est affirmé. Mais l'année suivante, apparemment dans les mêmes conditions, aucune différence...

Plus d'un biodynamiste n'a guère plus de résultats que s'il était seulement en bio, à cause de problèmes liés à la qualité ou à l'utilisation des préparats.

Mais la biodynamie se professionnalise petit à petit, sous l'influence de praticiens, de conseillers, notamment des australiens.

1 - Les outils biodynamiques

Les préparats biodynamiques 500 et 501

Ces 2 préparats complémentaires peuvent être fabriqués par soi-même ou achetés. Toute la chaîne d'utilisation doit être très soignée :

- qualité des préparats
- le stockage (boîte spéciale avec de la tourbe sèche non radioactive)
- la dynamisation (qualité de l'eau, eau tiédie, brassage vigoureux pendant une heure)
- la pulvérisation (pulvérisateur ne servant qu'à cela, avec une pompe à membrane)

Car, comme nous le dit Alex Podolinsky, biodynamiste australien, **il y a de nombreuses façons d'inactiver les préparats.**

Nous avons maintenant un guide pratique précis permettant d'éviter les principales erreurs, ainsi que du matériel (dynamiseur, kit de pulvérisation, préparats) ad hoc.

Le 500

Il est fabriqué à base de bouse transformée dans une corne de vache enterrée d'octobre à Pâques. Son odeur est neutre, on ne reconnaît pas la bouse. Il s'utilise à 120 g par ha, après dynamisation une heure.

Le 500 améliore l'enracinement : les racines sont plus actives, plus divisées et plus profondes (voir annexe n°1)

le 500 améliore la structure du sol (voir annexe n°2)

Mais aussi, inversement et comme n'importe quel engrais, il a besoin d'une bonne structure de départ pour agir efficacement.

Le 501 /

Il est fabriqué à base de quartz transparent.. Il s'utilise à 5 à 10 g par ha après dynamisation une heure. C'est le complément du 500.

Il y a un « effet lumière », il y a augmentation de l'évapotranspiration (A. Podolinsky), de la photosynthèse (Podolinsky) et de la protéosynthèse. L'effet est visible sur le port de certaines plantes (- particulièrement la vigne ; et moindre verse des céréales), la brillance, les couleurs, les arômes et les sucres...(Si vos arbres, comme une partie des miens, sont trop touffus, cela se verra moins...)(voir annexe 3).

Les préparats du compost

Pour Rudolf Steiner (initiateur de la biodynamie), l'objectif de la fertilisation est de vivifier le sol. Pour cela, il prône des matières premières d'origine vivante, en particulier des fumiers compostés avec 6 préparats spécifiques. Un équilibre chaleur, air, eau est recherché, on cherche à ne pas dépasser 45 à 50 ° Celsius, pour ne pas avoir une cuisson et rester dans le domaine du vivant (« pas de fièvre »). Deux stades -« coprins » puis « vers de fumier »- sont des indices du bon déroulement du compostage.

Les conditions de départ étant adéquates, on rajoute à faible dose (quelques grammes par m cube, mélangé avec du vieux et bon compost) les préparats 502 (base achillée millefeuille), 503 (base camomille matricaire), 504 (ortie compostée un an), 505 (base écorce de chêne), 506 (base fleurs de pissenlit) et 507 (jus de fleurs de valériane).

Il s'agit d'orienter et d'harmoniser les fermentations du compost. Selon Podolinsky, cela oriente vers une matière organique de nature colloïdale, j'ai envie de dire humus colloïdal.

Des innovations

- ❑ Maria Thun, éditrice du « calendrier des semis », a mis au point, après plusieurs années de recherche, notamment sur les problèmes de pollution radioactive, le « compost de bouse ». Ce compost de bouse, (à base de bouse, des préparats du compost, de basalte et de coquilles d'œufs), permet une reconversion plus rapide .
- ❑ Alex Podolinsky, pour les grandes surfaces australiennes ne recevant pas de compost, a conçu le « 500 préparé » qui amène aussi les impulsions des préparats du compost. Cet outil semble plus puissant que le 500

Depuis 2 ans, j'utilise ce 500 préparé. Plusieurs témoignages en confirment l'intérêt, en Europe et en Australie.

Avoir une utilisation cohérente et convergente de ces outils

Il s'agit d'abord d'améliorer ses sols en terme de structure, stabilité structurale, profondeur d'enracinement, qualité et quantité d'humus. Par exemple : sous-solage initial, rotation avec des prairies longues durées, modes de pâturage et de fauche facilitant l'enracinement profond et l'enrichissement par les racines se décomposant, mode d'irrigation, utilisation des préparats.

Et il s'agit d'apprendre à utiliser les préparats à bon escient, en apprenant à percevoir leurs effets. Ainsi, une année très pluvieuse entraînera l'utilité de plus de 501 (effet lumière, + effet « asséchant », + resserrement des tissus)

Quelques effets complémentaires de la biodynamie

--Les préparats 500 et 501 agissent sur la circulation des sèves. Cela apparaît dans la dynamique d'enracinement, la meilleure photosynthèse, la recherche de verticalité. Les problèmes liés à des blocages de sèves, par exemple un coup de froid au printemps, entraînant notamment des pucerons, pourront se résoudre ou s'atténuer grâce au 501 ou au 500.

--Le 501 agit sur la protéosynthèse (transformation des nitrates et acides aminés solubles en protéines...), grâce à l'effet photosynthèse. Comme d'autres outils (cf. les travaux de Chaboussou), le 501 aura un effet sur les problèmes liés à des excès d'azote soluble (pucerons, phytopes, acariens...)

--une bonne structuration du sol, sans semelle de labour, aurait un impact sur les insectes comme les chenilles.

- Globalement, **si la première étape d'amélioration des sols est effective, ce qui suppose d'abord d'être bon agriculteur**, on peut espérer des améliorations en terme de santé des cultures et des animaux, de qualité des produits (voir exemple annexe 4) et de rendements.

2 - Quelques aspects arboricoles

La biodynamie française en arboriculture en est à ses débuts. Nous sommes très peu nombreux et les résultats pas forcément à la hauteur de ce qu'on pourrait attendre (en tout cas chez moi). Mais me semble-t-il, les potentialités sont importantes :

- en terme de qualité gustative et visuelle des fruits
- en terme de moindre pression de maladies et de problèmes d'insectes
- en terme de régularité, voire d'augmentation de rendement
- de compréhension renouvelée des relations sols/plantes/ maladies, ravageurs/ qualités...

Cependant, et jusqu'à preuve du contraire, il ne faut pas trop en attendre !!! Ainsi, les effets anti-tavelures sont insuffisants.

Il faut appliquer les procédures habituelles bio de protection des plantes en même temps que la biodynamie.

Pour une reconversion

- garder des témoins (plusieurs rangées) non biodynamiques pour comparer
- Commencer avec le 501 à l'automne, après la récolte, après 15h GMT. Cela permet un « mûrissement d'automne » des feuilles. (Couleurs d'automne) Il semble que cela favorise le passage des réserves de la feuille au bois et aux racines.
- Un 501 le matin avant la récolte rend le fruit plus ferme et plus coloré. Au contraire, le soir, cela le dessèche (communication personnelle de François Bouchet, c'est très visible sur pêche)
- Essayer d'améliorer la structure du sol, c'est notamment le problème des roues de tracteurs qui tassent.
- Il faut tout de suite adopter la « méthode australienne », me semble-t-il. (C'est à dire, dynamiseur « à l'australienne » avec brassage vigoureux, en cuivre ; pulvé réservé à cela avec pompe à membrane, qualité de l'eau qui est chauffée, utilisation du 500 préparé. Avec un inter-rang enherbé, introduire du trèfle blanc, bien gérer votre enherbement dans le sens de l'approfondissement et de l'enrichissement des sols. Utiliser le 501, sinon vous risquez un excès d'azote soluble et des problèmes pucerons.)

De nombreuses expérimentations à mener

Les possibilités de la biodynamie ont besoin d'être essayées et expérimentées par plus de monde et de façon plus rigoureuse. Ainsi Podolinsky utilise un mélange 500 préparé/ 501 dans les cas graves de blocage de sève. François Bouchet (conseiller viticole) prône « urtica 500 », du 500 dynamisé avec de la tisane d'ortie, en début de problèmes pucerons. D'autres (Xavier Florin) utilisent la valériane seule ou avec un préparat pour limiter les effets du gel,

ou à la St Jean pour limiter l'alternance. Le préparat 505 à base d'écorce de chêne aurait un effet pour limiter les maladies. De même pour la prêle (insuffisante, peut-être à dynamiser et à utiliser au bon moment, ou à combiner à de l'ortie et très peu de cuivre...)
Il faudrait vérifier l'effet des dates de récoltes sur la conservation. (garder plus longtemps les récoltes en « jour fruit »)... etc.

3 - Un élargissement des conceptions agronomiques classiques

Des paradigmes différents : La physique d'Einstein procède d'un paradigme différent de celui de Newton ; la médecine chinoise procède d'un paradigme différent de celui de la médecine occidentale. De même la biodynamie procède d'un paradigme différent de celui de l'agriculture classique, cela **élargit** les conceptions classiques.

---Ainsi, à la notion de substances, la biodynamie ajoute **la notion de forces de vie** : forces de vitalité et forces de structuration. L'observation active doit permettre de les approcher, de même que nous voyons le vent ou les forces magnétiques par leurs effets. Les « tests sensibles » comme les cristallisations sensibles sont aussi des images permettant d'approcher et d'étudier ces forces dans les végétaux, les aliments...etc.

--- Par exemple, de la même manière que pour comprendre une boussole on doit faire appel à une notion large de champ magnétique terrestre, pour Steiner, on ne peut comprendre les plantes sans les insérer dans le système solaire et stellaire.

---Les substances sont porteuses de forces : l'oxygène porte l'éthérique, l'azote porte l'astral, le carbone porte la forme... Le calcium transmet les forces de la Lune, de Mercure et de Jupiter en relation avec l'eau. C'est en lien avec la reproduction et les problèmes de maladies fongiques. La silice, en relation avec la chaleur, est porteuse des influences de Mars, Jupiter et Saturne, et c'est cela qui fait la qualité nutritionnelle des aliments, ainsi que leurs couleurs.

---Pour Rudolf Steiner, les engrais chimiques solubles rendent les plantes « **sourdes** » aux influences cosmiques et aux influences de leur environnement. Cela voudrait dire que les expérimentations en agriculture conventionnelle ne peuvent pas être extrapolées en bio ou biodynamie. **Il faut expérimenter sur des terres en bio et biodynamie**

« Pour une perception active »

Nous connaissons ou reconnaissons notre environnement en combinant 2 facultés : nos **diverses perceptions et notre pensée**. Ainsi nous reconnaissons un pommier en associant des perceptions à un concept « pommier ». Chacun développe ses observations de par sa profession et son implication. Il s'agit ici de renforcer ces observations, d'être attentif à d'autres aspects pour arriver petit à petit à des observations comme « l'effet du 501 » (brillance, arômes, parfums, port, couleurs...) ou « effet du 500 », puis arriver à ressentir le « besoin de 501 » ou le besoin d'eau ou...etc.

Il s'agit d'intensifier perceptions et processus de la pensée, de la compréhension .

Mais pour Podolinsky, si un agriculteur professionnel ne voit pas les effets de sa pratique biodynamique, c'est que les préparats ont été inactivés à un moment ou un autre de la chaîne d'utilisation.

Quels rapports avec l'anthroposophie ?

La biodynamie est née des propositions de Rudolf Steiner à des agriculteurs qui le questionnaient. Rudolf Steiner est avant tout un explorateur du monde et du vivant, avec une méthode qu'il propose à chacun d'utiliser . Il décrit les résultats de son exploration, notamment par les empreintes et symptômes laissés dans le monde perceptibles à nos sens...*Cette méthode d'exploration (« boussole ») et cette description (« carte ») est à confronter à notre propre carte du monde et aux diverses cartes du monde existantes (science classique, nouveaux développements scientifiques comme la biophysique, apports d'autres civilisations ou d'autres méthodes comme l'homéopathie...)*

La méthode d'exploration et la carte du monde constituent «l'anthroposophie » (= sagesse de l'homme) Elle aborde de très nombreux sujets et voit le monde et l'homme comme « corps, âme, esprit ». Mais il ne faut pas se faire peur avec ces mots ! Savez-vous que dans une simple chaise il y a une idée , une idée de chaise que nous reconnaissons. Une idée, c'est une réalité , oui une réalité non pas matérielle, mais spirituelle...(voir annexe 5)

Chacun peut faire de la biodynamie sans pour autant s'intéresser à l'anthroposophie.

Les premiers biodynamistes y venaient souvent par l'anthroposophie. Une nouvelle génération y vient avec d'autres références culturelles et avec plus de professionnalisme .

CONCLUSIONS : à chacun de les tirer individuellement et peut-être collectivement...

Bibliographie et adresses

Quelques documents sont importants à étudier :

- 1) MASSON Pierre « Guide pratique de la biodynamie » à l'usage des agriculteurs.. 36 pages. Edité par le Mouvement de Culture Biodynamique Colmar.
- 2) PODOLINSKY Alex « L'agriculture bio-dynamique, agriculture de l'avenir ». Edité par le Mouvement de Culture Biodynamique. 48 pages.
- 3) LUST Volkmar « Production bio-dynamique de fruits et de légumes », édition Ulmer. quelques problèmes de traduction. (disponible par le MCBBD)
- 4) STEINER Rudolf« Le cours aux agriculteurs », éditions Anthrosophiques Romandes (Genève) (disponible par le MCBBD)
- 5) VANPOULLE Frédéric « Propositions pour l'arbo biodynamique » 8 pages. Sur forum de discussion internet de arbobio info.

Quelques adresses

- Mouvement de Culture Bio-dynamique 5 place de la Gare 68 000 Colmar 03 89 24 36 41, fax 03 89 24 27 41 ; e-mail : Biodynamis@wanadoo.fr (nombreuses publications)
- Syndicat d'Agriculture biodynamique (même adresse)
- « Soins de la terre » Vernoux 49 370 Becon les Granits 02 41 77 46 11 fax 02 41 77 43 37 (conférences)
- Pour les préparats : MCBBD service préparations les Crêts 71 250 Château tel 03 85 59 31 95 fax 03 85 59 31 95
- Machines à dynamiser et autres matériels : Ecodyn , Vernoux , 49 370 BECON les Granits, tel 02 41 77 46 11 fax 02 41 77 43 37.

Il y a 2 conseillers professionnels ayant une longue expérience d'agriculteur : Pierre Masson et François Bouchet (ancien viticulteur- société « Terre en devenir » basée en 49)

Annexe 1 « effets racinaires »

article de biodynamis n° 32 p 59 et 60 « stimulation des racines dans le sol par les préparations biodynamiques"+extrait biodynamis 31 p 57 effet sur racines de lisier avec ou sans préparats (voir page 25)

Annexe 2 : « effet structure »

- Les essais suisses « D.O.C. » de l'IRAB comparent depuis plus de 21 ans bioDynamie, Bio (Organique) et Conventionnel. Les résultats montrent visiblement des différences de structure du sol et de stabilité structurale en faveur de la variante biodynamique. Ces différences s'accroissent depuis quelques années depuis que de meilleures préparations ont été introduites...Une autre différence importante est liée à la dynamique du phosphore dans le sol (enzymes, en faveur de la biodynamie).
- Alex Podolinsky insiste beaucoup sur la structure du sol, à la fois condition d'action des préparats puis conséquence. (Voir photos de son document référencé en bibliographie).

Demeter , en Australie, est attribué sur des critères pratiques tels que la bonne structure des sols, la bonne odeur des fumiers animaux ou de la laine de mouton.

- François Bouchet cite de nombreux exemples en viticulture, dont des comparaisons biodynamie en reconversion, bio et conventionnel montrant beaucoup moins d'érosion pour la biodynamie (après des orages). J'ai aussi connaissance d'un contre-exemple où un travail de sol avait entraîné une forte érosion

Annexe 3 : « effet lumière »

- Une culture semi-expérimentale d'oignon plus ou moins ombrée, recevant ou non du 501, a montré clairement par les tests de cristallisations sensibles des différences. Le 501 augmentait « l'effet lumière » des cultures ombragées. Il y a une « signature » biodynamique dans les images de cristallisations sensibles (travaux de Marie-Françoise TESSON- association Présences).
- Maria Thun décrit une expérience qu'elle a menée en Allemagne du Nord : Du blé ombré par un filet donne du grain incapable de germer. Par contre, dans les mêmes conditions, avec du 501, le blé donne du grain capable de germer.
- Des tests de « bioluminescence » (travaux du physicien Fritz Popp) appliqués à des légumes biodynamiques italiens. montraient une émission de lumière supérieure d'environ 50% vis à vis de légumes bios. Par contre dans les premières années des essais DOC suisse, il n'y avait pas de différences entre les 3 variantes... (biodynamie mal appliquée ? Podolinsky ne voyait aucune différence, lors de sa visite, avant les améliorations de pratiques...).
- Je ne connais pas de travaux scientifiques sur les effets arômes et sucres, même s'il y a des impressions dans ce sens. Dans les essais DOC suisse, il y a toutefois des tests gustatifs en faveur de la biodynamie.

Annexe 4 : « effets qualités »

Voir précédemment +

Dans le document « La recherche bio-dynamique, méthodes et résultats » de Herbert Koepf, il est cité plusieurs travaux de thèses dont une de El Saïdi (1982). Une comparaison bio, biodynamie complète (colonne 4), conventionnel montre une grosse différence de conservation d'épinards après 8 jours côté nitrates,nitrites, et vitamine C en faveur de la biodynamie. (tableau p 61 de ce livre).

« expérimentation de plein champ sur la qualité de l'épinard » (El Saïdi 1982)

variante	compost (« bio »)	compost +502 à 507	compost +500 et 501	compost + 500+501 + 502 à 507	NPK
% matière sèche	9,4	10,8	11,3	10,7	9,9
nitrate mg/100g	107	74	62	69	741
nitrite ,mg/100g	0,7	0,6	0,6	0,6	2
nitrite après 4 jours	1,1	0,7	1,1	0,7	2,4
nitrite après 8 jours	7,6	1,4	2,2	0,5	22
vitamine A	38	32	31	32	42
id après 4 jours	25	34	29	34	45
id après 8 jours	21	32	20	35	26
vitamine C	737	625	766	932	570
id après 4 jours	167	193	487	196	67
id après 8 jours	22	109	40	223	3

Annexe 5 : l'œuvre de Rudolf Steiner

Rudolf Steiner, autrichien mort en 1925, de formation scientifique (Ecole polytechnique de Vienne) a laissé une œuvre importante.

■ **Des nombreux livres et conférences** issus de son observation/ exploration du monde selon sa méthode « anthroposophique » :

--- **un livre philosophique** « philosophie de la liberté » justifiant sa méthode de connaissance fondée sur une intensification personnelle des perceptions et du processus de la pensée. La pensée pouvant être observée elle-même, c'est une porte s'ouvrant pour des perceptions sûres d'ordre spirituel. Monisme et dualisme. Individualisme éthique...

--- **des livres et conférences sur sa méthode de connaissance** dont Goethe avait donné les prémisses pour l'observation du monde végétal. Exemples de titres : « Culture pratique de la pensée », « L'initiation ou comment acquérir des connaissances sur les mondes supérieurs », « chemin vers une connaissance de soi » etc. Chacun pourrait développer de nouveaux sens et accéder aux 3 facultés appelées par Steiner « Imagination », « Inspiration », « Intuition ».

--- **des conférences et livres sur ses explorations dans de nombreux domaines** touchant au vivant (« l'âme animale »), à la société (« éléments fondamentaux pour la résolution du problème social »), à l'éducation, à la médecine et à l'alimentation, à l'histoire et à l'évolution de la conscience humaine, à la culture et à l'art, aux sciences, à la spiritualité et aux religions (« théosophie », « foi, amour, espérance », commentaires des évangiles...), aux périodes d'avant et d'après vie...etc. etc.

■ **Des méthodes ou approches pratiques** dans l'éducation (près de 500 écoles Steiner dans de nombreux pays), la pédagogie curative (pour enfants et adultes « à problèmes »), la médecine (conception de l'homme et des maladies, médicaments anthroposophiques), l'agriculture, l'eurythmie...

■ **Une « Université Libre des Sciences de l'Esprit »** appelée Goetheanum, en Suisse, et des groupes dans divers pays, continuant une recherche et un enseignement dans les divers domaines cités.

■ **Des individus** qui apprécient les éclairages de Steiner et les utilisent pour mieux comprendre le monde et eux même. Ou qui les utilisent comme moyens de « développement personnel », sans exclusivité.

Pour Steiner, nous sommes entrés depuis la Renaissance dans une nouvelle période caractérisée par le développement de l' « âme de conscience ». Les individus cherchent de plus en plus des réponses personnelles fondées sur leurs propres ressentis et recherches et moins sur les affirmations d'autorités quelconques. Les acquis de la rigueur scientifique peuvent s'appliquer à d'autres domaines, ceux doués d'âme et d'esprit...(soi-même, le vivant...). Pour moi, c'est éminemment moderne, même s'il faut balayer de nombreux préjugés venant du scientisme et du matérialisme ambiant...

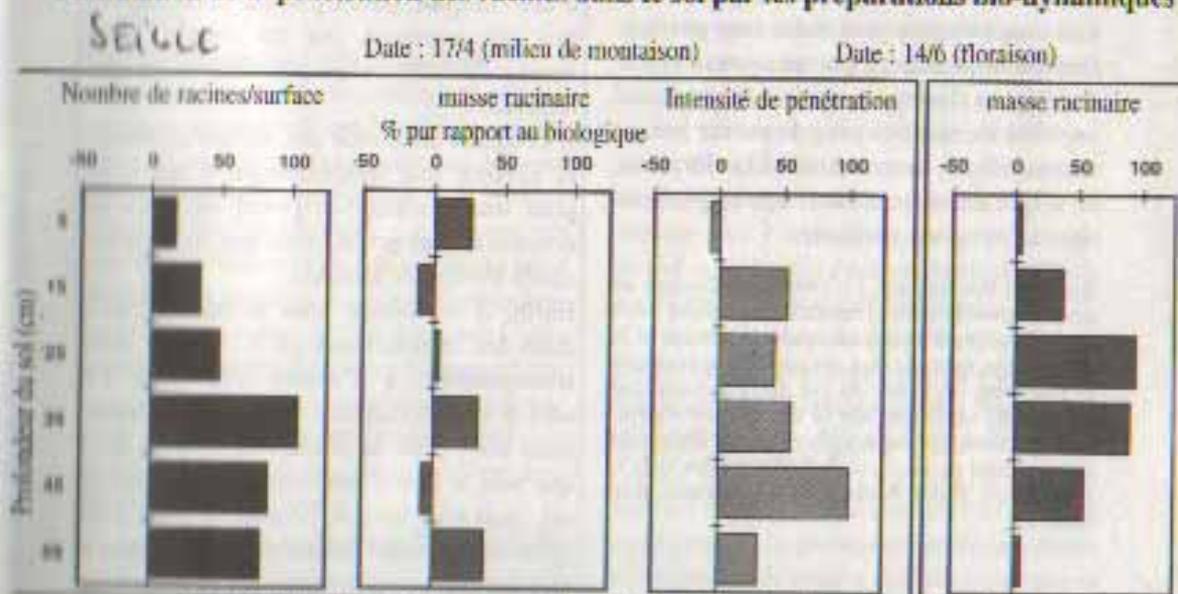
Pour Steiner l'anthroposophie doit permettre de relier la tête, au cœur, et aux mains, c'est à dire la pensée, la sensibilité et la volonté. Elle doit contribuer à « connaître l'esprit, réchauffer les cœurs, raffermir les volontés ». Pour moi, c'est profondément humain.

Stimulation du développement des racines dans le sol par les préparations bio-dynamiques

Dans une série d'essais, on a examiné l'influence des préparations bio-dynamiques sur la croissance des racines. Les résultats obtenus lors d'un travail de thèse (MAHNKE 1991) sur du seigle d'hiver cultivé dans le cadre de la comparaison de fertilisation effectuée à Darmstadt furent statistiquement significatifs et sont résumés dans le tableau ci-contre. La méthode expérimentale (forage central) consiste à mesurer deux paramètres à six profondeurs distinctes du sol : le nombre de racines par surface de sol fouillé (cm²) et la masse racinaire dans le volume de sol correspondant (g/l). Il était frappant de constater qu'en particulier dans les couches plus profondes du

sol, le nombre de racines fut presque doublé suite à l'application des préparations bio-dynamiques, alors que la masse racinaire ne fut que peu influencée. Le quotient de ces deux grandeurs indique le degré de finesse du système racinaire ou l'intensité de pénétration du chevelu racinaire. Une supériorité des variantes traitées avec les préparations se manifeste nettement ici aussi. Si on tente d'appréhender ces résultats de manière plus qualitative, on peut dire que, sous l'effet des préparations bio-dynamiques, la plante forme un système racinaire plus fortement différencié, avec lequel elle pénètre le sol qui l'environne de manière intense, en le "palpant", en quelque sorte. Ce phé-

Stimulation de la pénétration des racines dans le sol par les préparations bio-dynamiques



Les préparations bio-dynamiques stimulent la pénétration des racines dans le sol. Ce sont particulièrement les couches profondes du sol qui sont intensément explorées par un système racinaire plus fin (nombre de racines plus important avec la même masse racinaire).

milieu montaison. Nombre à élève à la floraison.

TREMPAGE DANS L'EAU CHAUDE POUR LUTTER CONTRE LA *GLOEOSPORIOSE* DES POMMES

C. COUREAU⁽¹⁾, C. LELIEVRE⁽²⁾, G. BOMPEIX⁽³⁾

⁽¹⁾ Ctifl / La Morinière,

⁽²⁾ La Morinière

⁽³⁾ Université Pierre et Marie Curie

Les *Gloeosporioses* (pour les phytopathologistes : taches lenticellaires dues à *Phlyctaena vagabunda* essentiellement) représentent une des principales causes de pourritures de pommes en cours de conservation. Parasite latent, la contamination a lieu au verger, dans les un à deux mois précédant la récolte. Des traitements antifongiques au verger, positionnés régulièrement permettent de limiter l'apparition de cette maladie en cours de stockage. Cependant, en fonction des conditions climatiques et de la sensibilité de certaines variétés, des traitements post-récolte peuvent être effectués. Le thiabendazole est la seule molécule homologuée pour un usage post-récolte par douchage, trempage ou thermonébulisation. Ce produit n'est bien évidemment pas utilisable en agrobiologie, de plus certains cahiers des charges « distributeurs » en « Production Fruitière Intégrée » interdisent les traitements post-récolte. Il est donc important d'étudier des méthodes de lutte alternatives contre le *Gloeosporium* après la récolte. De plus, il est à noter que certaines souches de *Gloeosporium* ont été identifiées comme résistantes au thiabendazole.

Depuis 1998, Une étude est menée à la station de La Morinière concernant la thérapie appliquée après récolte sur pomme, en collaboration avec M. Bompeix, professeur de phytopathologie à l'université de Paris VI. Cette méthode de lutte avait déjà été étudiée dans les années 1970. Elle fut abandonnée à l'arrivée des fongicides synthétiques comme le thiabendazole, efficace et plus facile d'utilisation.

Les essais réalisés ont dans un premier temps permis de définir la température optimale de traitement pour les principales variétés sensibles à la maladie et cultivées dans le bassin Nord- Val de Loire. Les températures testées s'échelonnent de 47 à 52°C. Les meilleures efficacités ont été observées aux températures s'étageant de 49°C à 52°C. A ces températures, le développement des *Gloeosporioses* sur pommes est largement ralenti comparé aux fruits non traités. A 48°C l'efficacité est équivalente ou légèrement plus faible. A 47°C les résultats sont nettement moins concluants. Dans la majorité des essais réalisés à la station de La Morinière, les fruits traités au thiabendazole développent autant, ou plus de *Gloeosporioses*, que les lots traités par thérapie. Il semble que l'efficacité de la matière active ne soit pas totale. Ce manque d'efficacité est du à la présence de souches résistantes. Il est à noter que ces souches vont persister durant de nombreuses années même si le verger est devenu labellisé « agriculture biologique ». En effet les chancres sur rameaux, sources de l'inoculum, n'ont aucune raison de disparaître spontanément une fois installés.

Une étude de sensibilité variétale aux températures de traitement a été réalisée. Après un trempage à 52°C, on observe des brûlures sur l'épiderme de la majorité des variétés cultivées couramment. Cette brûlure n'est pas observée immédiatement après traitement mais apparaît en cours de conservation. En fonction des variétés ou des températures testées, les symptômes sont plus ou moins accentués. Un jaunissement accentué et homogène sur toute la surface de l'épiderme peut être observé ou dans les cas les plus graves, une tache brune avec nécrose de l'épiderme. A 50°C, une phytotoxicité n'apparaît pas systématiquement. Certaines variétés sont plus sensibles que d'autres et au sein d'un même clone, l'apparition de brûlure diffère en fonction du verger ou de l'année de récolte. Certains aspects physiologiques du fruit entrent probablement en jeu par rapport à sa sensibilité à la température de trempage.

Des traitements thermiques ont été réalisés avec adjonction de produits naturels ayant une propriété antifongique. Les résultats obtenus ne sont pas pleinement satisfaisant. L'effet obtenu n'est pas systématiquement plus efficace qu'un simple traitement à l'eau chaude à même température. Pour une durée de conservation courte, l'addition de substances naturelles antifongiques ne semble pas nécessaire. En revanche, pour une longue conservation, il est possible de regagner quelque pourcent d'efficacité.

Les études concernant la thermothérapie en post-récolte seront poursuivies. En effet, il est nécessaire d'optimiser le couple temps – température en vue d'aboutir à la meilleure efficacité possible pour chaque variété. Nous souhaiterions trouver un adjuvant naturel permettant de limiter la sensibilité aux brûlures des pommes et / ou une substance naturelle antifongique améliorant l'efficacité du trempage. Des essais sont aussi entrepris concernant le traitement de la poire.

Les résultats obtenus ont permis de démontrer l'intérêt d'un tel traitement en station fruitière, surtout en agrobiologie. D'ailleurs certaines structures utilisent ce process depuis de nombreuses années. Cette méthode demande une maîtrise technique sans faille, au risque de brûler le lot traité. En particulier, le plus important est de ne pas dépasser le seuil de température caractéristique de chaque variété. La société Xéda nous a permis de tester un immerseur de palox couplé à une chaudière au fioul. Les résultats sont satisfaisants même si quelques modifications sont à envisager. Une société Hollandaise commercialise depuis peu un immerseur de palox à chaud. L'outil technique est réalisable si la profession le souhaite.

Ce traitement efficace contre le *Gloeosporium* a aussi montré son intérêt pour lutter contre d'autres maladies fongiques de conservation comme le *Monilia*, le *Phytophthora* et surtout contre une maladie physiologique particulièrement importante : l'échaudure de prématurité. Le cas du *Botrytis* n'est encore parfaitement clair en termes d'efficacité. En revanche, le *Penicillium expansum*, espèce naturellement thermotolérante, est très difficilement contrôlé par thermothérapie.

PREVOIR L'ABONDANCE DU PUCERON CENDRE (*DYSAPHIS PLANTAGINEA*
PASSERINI) DANS LES VERGERS DE POMMIERS

J-L. HEMPTINNE & A. MAGRO

Ecole nationale de Formation agronomique, Laboratoire d'Agro-écologie (Jeune Equipe
0027JE1), BP 87, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

Résumé

L'analyse des captures de pucerons cendrés des pommiers par un piège à succion a permis de comprendre la dynamique de population de ce puceron. Il est dès lors envisageable d'utiliser les connaissances acquises pour construire un outil de prévision des effectifs de ce puceron.

Mots-clés : Puceron cendré, *Dysaphis*, dynamique de population, prévision, lutte

Pourquoi prévoir les épidémies de pucerons ?

Bien que les pucerons soient présents chaque année sur leurs plantes hôtes, leur abondance varie fortement d'une année à l'autre. Ces variations d'abondance sont bien mises en évidence par les captures de pucerons par les pièges à succion. En Bretagne, l'année 1978 fut particulièrement favorable aux pucerons cendrés ; 1016 individus furent capturés par le piège à succion de Le Rheu. Par contre, en 1993, cette espèce fut très rare et 13 individus seulement furent attrapés (Hemptinne et al., 2003a). Au delà de l'aspect spectaculaire de l'opposition de ces deux chiffres, la Figure 1 montre que l'importance des populations de pucerons fluctue selon un rythme relativement régulier. Ces insectes sont rares toutes les 5 ou 7 années. Dans l'intervalle, les effectifs de pucerons croissent rapidement, connaissent une période de stabilité puis décroissent rapidement.

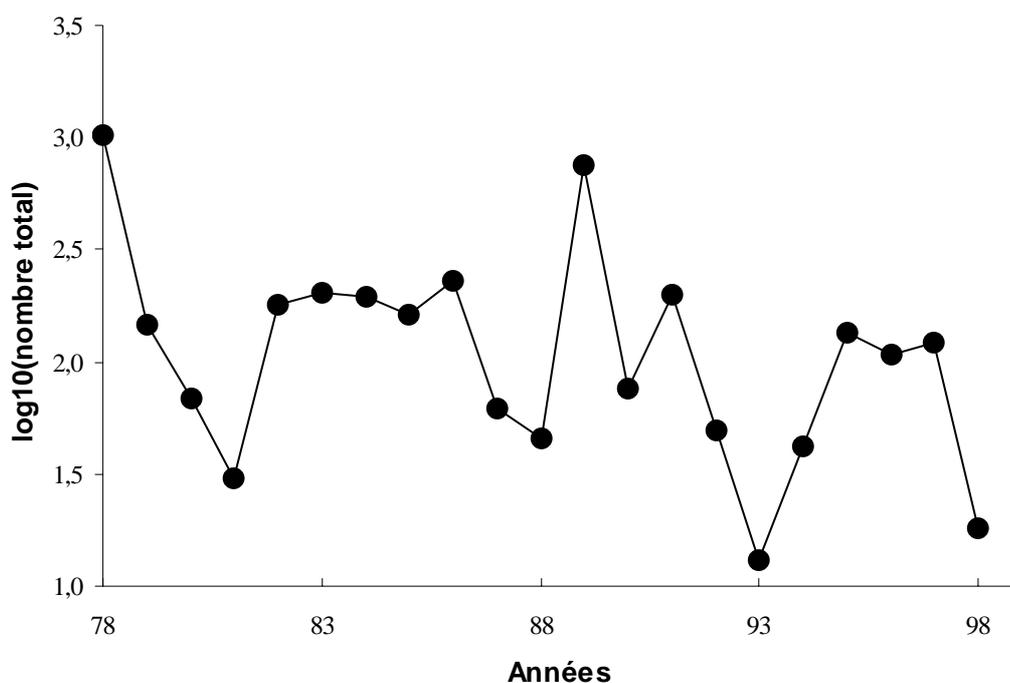


Figure 1. Variation des captures annuelles de pucerons cendrés par le piège à succion de Le Rheu (d'après Hemptinne et al., 2003a).

Le cas du puceron cendré des pommiers n'est pas unique et les effectifs de nombreuses espèces de pucerons varient de manière similaire (Dixon, 1998). Puisque l'abondance de ces insectes change de manière si spectaculaire, il est sans doute inutile de les combattre au cours des années où ils sont peu nombreux.

La dynamique de population des pucerons

L'objectif de la dynamique de population est d'identifier les mécanismes de régulation des populations et de comprendre comment ils provoquent les variations d'effectifs des populations. Ces mécanismes agissent sur la natalité et la mortalité provoquant ainsi des variations démographiques pendant un intervalle de temps donné. Dans un souci de simplification, l'émigration et l'immigration sont respectivement incorporées à la mortalité et à la natalité. La dynamique de population des pucerons paraît difficile en raison du cycle de vie complexe de ces insectes, au cours duquel se succèdent des formes très diverses (Figure 2).

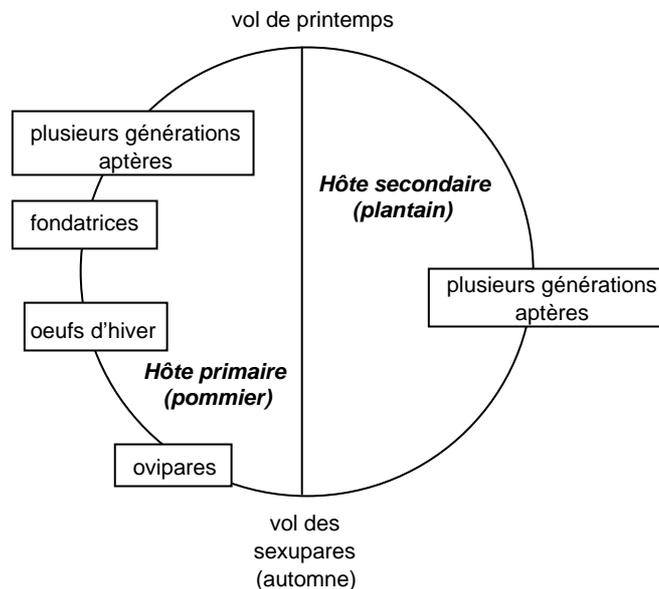


Figure 2. Représentation schématique du cycle de vie du puceron cendré du pommier.

La complexité de l'histoire naturelle des pucerons ne doit pas obscurcir le problème qui se pose. Supposons que l'on ait compté les pucerons pendant plusieurs années. On connaît donc le nombre de fondatrices (F_t) au début de l'année t et au début de l'année $t+1$ (F_{t+1}). La comparaison de ces deux nombres donne une idée de l'importance relative de la natalité et de la mortalité. Si F_{t+1} est plus grand que F_t , alors le nombre de naissance a été plus important que le nombre de morts pendant l'année écoulée. Il serait cependant utile de pouvoir estimer plus précisément la natalité et la mortalité. Pour ce faire, prenons en considération les ovipares (O), femelles sexuées pondant des oeufs sur l'hôte primaire à la fin de l'automne. Le nombre d'ovipares à la fin de l'année t (O_t) dépend du nombre de fondatrices au début de cette année (F_t) et du taux de reproduction (R) enregistré au cours de cette période de temps. Comme les fondatrices et leurs descendantes se reproduisent par parthénogenèse, la population de pucerons avant la naissance des ovipares est un ensemble d'individus identiques. Le taux de reproduction décrit l'accroissement de ce clone. Une équation simple décrit la relation entre le nombre d'ovipares et de fondatrices et le taux d'accroissement du clone :

$$O_t = F_t \cdot R \quad (1),$$

ou, de manière plus simple :

$$\log O_t = \log F_t + \log R \quad (2).$$

Il faut évidemment tenir compte de l'action de la mortalité que nous appellerons provisoirement M. L'équation (2) devient :

$$\log O_t = \log F_t + \log R - \log M \quad (3).$$

Chez les pucerons, les causes prépondérantes de mortalité sont liées à la compétition pour les ressources alimentaires. Lorsque les pucerons sont nombreux à exploiter une plante, la compétition provoque une réduction graduelle de la taille des individus et corrélativement de leurs ovaires et de leur fécondité. En conséquence, le taux de reproduction du clone décroît. Dernier élément à prendre en compte, la compétition amplifie la tendance à la migration. A travers cette rapide évocation de la compétition, il est clair que le nombre initial de fondatrices joue un rôle prépondérant : plus elles sont nombreuses et plus la compétition risquera d'être intense. On peut modifier l'équation (3) en remplaçant le terme M par une expression qui traduit le lien existant entre la compétition et le nombre de fondatrices :

$$\log O_t = \log F_t + \log R - x \log F \quad (4).$$

Pour comprendre les causes de variation du nombre de fondatrices entre les années t et t+1, il faut formuler une équation décrivant la relation entre le nombre d'ovipares (O_t), leur fécondité moyenne (R'), le taux de survie des œufs (M') et le nombre de fondatrices au début de l'année suivante (F_{t+1}). Cette équation ressemble à l'équation (4) :

$$\log F_{t+1} = \log O_t + \log R' - \log M' \quad (5).$$

Trois remarques doivent être formulées.

1. Il suffit de deux équations, la (4) et la (5), pour analyser les fluctuations d'abondance des pucerons. Les informations nécessaires sont le nombre de fondatrices et d'ovipares ainsi que des estimations des taux d'accroissement et de mortalité.
2. Les expériences et les simulations mathématiques qui ont été réalisées sur les pucerons montrent que la principale cause de régulation démographique de leurs populations est leur abondance. Dans le jargon de l'écologie, on parle d'une régulation « densité-dépendante ». Les ennemis naturels de ces insectes jouent un rôle négligeable (Dixon, 1998). Cela signifie que les populations fluctuent de la même manière quelle que soit l'abondance des ennemis naturels. Cependant, ces derniers peuvent modifier l'amplitude de ces fluctuations.
3. Le climat joue un rôle important dans la dynamique de population des pucerons. Il module l'action des facteurs intrinsèques (Dixon, 1998).

Le cas du puceron cendré

Les populations du puceron cendré des pommiers ont été analysées en tenant compte des principes qui viennent d'être énoncés (Hemptinne et al., 2003a). Les captures de pucerons par le piège à succion du Rheu (INRA) ont été utilisées comme source d'information sur les fluctuations des effectifs des populations de pucerons. Notre analyse fut donc basée sur le nombre de pucerons ailés capturés lors de leurs deux migrations : à la fin du printemps ou du début de l'été lorsqu'ils quittent les pommiers pour les plantains; celle de l'automne lorsqu'ils retournent vers les pommiers. Cette source d'information est fiable car elle constitue une très bonne approximation des effectifs de pucerons sur leurs plantes-hôtes (Dixon, 1998).

L'étude de la dynamique du puceron cendré comporte trois étapes : l'examen des captures annuelles, des captures lors du vol d'automne et lors du vol du printemps.

L'analyse des captures annuelles totales, de 1979 à 1999, par le test de Bulmer indique que la « densité dépendance » joue probablement un rôle prépondérant dans la régulation démographique de ce puceron. C'est un résultat logique et prévisible car il montre que la dynamique de population du puceron cendré est similaire à celle d'autres pucerons (Dixon, 1998). Toutefois, cette analyse ne permet pas de savoir quand et comment la régulation est réalisée.

Les captures d'automne sont positivement corrélées à celles du printemps : plus il y a de pucerons volant au printemps, plus grandes seront les captures en automne. Cette relation est décrite par l'équation de régression suivante :

$$\log(\text{automne}) = 1,15 + 0,48 \log(\text{printemps}) \quad (6),$$

(r = 0,48 ; P = 0,026).

La qualité statistique de cette équation augmente si on tient compte des précipitations enregistrées pendant les 10 jours qui précèdent la migration printanière :

$$\log(\text{automne}) = 1,16 + 0,37 \log(\text{printemps}) - 0,22 (\text{précipitations}) \quad (7),$$

(r = 0,64 ; P = 0,009).

L'équation (7) indique que les pluies sont un facteur défavorable lorsque les pucerons s'apprêtent à quitter les pommiers. L'impact des pluies à ce moment est conforme aux observations de Bonnemaïson (1959).

Les captures du printemps. Deux équations de bonne qualité statistique prédisent le nombre de pucerons qui seront capturés lors de la migration printanière. En premier lieu, les captures du printemps sont positivement corrélées à celles de l'automne précédent ainsi que par la température moyenne du mois d'octobre de cet automne :

$$\log(\text{printemps}) = 0,34 + 0,36 \log(\text{automne}) + 0,10 \log(\text{température octobre}) \quad (8),$$

(r = 0,56 ; P = 0,035).

En deuxième lieu, les captures du printemps sont déterminées par deux facteurs climatiques : la température moyenne du mois d'octobre de l'automne précédent et la vitesse moyenne du vent pendant le vol automnal :

$$\log(\text{printemps}) = 3,04 - 0,57 \log(\text{vent}) + 0,09 \log(\text{température octobre}) \quad (9),$$

(r = 0,63 ; P = 0,010).

Ces deux équations confirment les observations de Bonnemaïson (1959). Des vents violents provoquent de fortes mortalités parmi les migrants de l'automne. De plus, les pommiers perdent leurs feuilles plus tard si le climat est clément en octobre. Les sexupares et les ovipares disposent ainsi de plus de temps pour se nourrir et développer leurs ovaires. En conséquence, leur fécondité sera probablement plus élevée.

Conclusions

1. La dynamique de population du puceron cendré du pommier est similaire à celle d'autres pucerons. La « densité dépendance » est probablement le principal facteur de régulation démographique et des facteurs climatiques jouent un rôle modulateur.
2. Les équations présentées montrent qu'il est possible de prédire le nombre de pucerons cendrés.
3. Ce travail doit être poursuivi pour devenir un outil de gestion des populations de pucerons cendrés. . Premièrement, la manière selon laquelle opère la « densité dépendance » est encore inconnue. De même, on ignore quand elle agit. Deuxièmement, les équations prédisent le nombre de pucerons volant mais pas le nombre de pucerons sur les pommiers. Troisièmement, la dynamique de population est expliquée par des équations de régression. Cela signifie que les prévisions sont conditionnées par l'ampleur des variations démographiques enregistrées de 1979 à 1999.

4. Pour transformer ce travail en un outil de gestion des populations de pucerons cendrés, il faut réaliser des expériences pour mettre en évidence la manière dont agit la « densité dépendance ». Ce travail est actuellement en cours. Il faut également compter les pucerons sur les pommiers ainsi qu'on le fait depuis deux années en Normandie. Les œufs, les fondatrices et les sexupares sont dénombrées et le taux d'accroissement des colonies de pucerons est également calculé (Hemptinne et al., 2003b).

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à ONIVINS et au Centre Technique des Productions Cidricoles pour le soutien qu'ils leur accordent.

Références bibliographiques

Bonnemaison, L. 1959. Le puceron cendré du pommier (*Dysaphis plantaginea* Pass.). Morphologie et biologie – Méthodes de lutte. *Annales des Epiphyties*, n°10, 257-320.

Dixon, A. F. G. 1998. *Aphid Ecology. An optimization approach*. Chapman & Hall, 300 pp.

Hemptinne J-L., Magro A., Maureau, A., Hullé M. et Dixon, A. F. G., 2003a - *Development of a forecasting system for the integrated pest management of Dysaphis plantaginea*. Proceedings of the Symposium "Aphids in the new Millenium", Rennes, Septembre 2001.

Hemptinne J-L., Magro A., Maureau A., PRIMAULT J., Dupont N., Cuvier P., CARDON J-C., THIERY D. et BICHE D, 2003b - *A project on the population dynamics of Dysaphis plantaginea Passerini and on the development of an integrated pest management of that pest*. 2^{ème} Conférence Internationale sur les Moyens Alternatifs de Lutte contre les Organismes Nuisibles aux Végétaux, LILLE – 4, 5, 6 et 7 mars 2002.

PUCERON CENDRE : REDUCTION DE L'INOCULUM A L'AUTOMNE

L. ROMET

GRAB – Site Agroparc – BP 1222 – Bât B - 84911 Avignon cedex 9

Tél. : 04 90 84 01 70 – Fax : 04 90 84 00 37

arboriculture.grab@freesbee.fr

Je ne reviendrais pas en détail sur le cycle biologique du puceron cendré dans cette intervention, puisqu'il devrait être largement abordé dans l'intervention concernant les niveaux de populations de ce ravageur. Sachez quand même que le puceron cendré, comme tous les pucerons dioéciques, effectue son vol de retour vers l'hôte primaire à l'automne.

La gestion « classique » de ce ravageur

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

L'historique

Jamais jusqu'alors la piste du vol de retour n'avait été creusée. C'est désormais chose faite et ce depuis 1997 par le GRAB, avec la participation active de quelques partenaires.

Tout est parti de la lecture méticuleuse et de la compréhension du cycle biologique du puceron cendré :

Ce sont des individus sexupares ailés qui migrent vers l'hôte primaire. Ces sexupares, comme leur nom l'indique vont donner par parthénogénèse des individus femelles aptères prêtes à s'accoupler avec les mâles ailés.

Ces sexupares qui migrent ont besoin de feuilles pour former la génération d'individus sexuels

Ces femelles sexuées issues des ailés ont besoin de feuilles pour se nourrir avant de devenir mature et pondre des œufs.

Mais alors, s'il n'y avait plus de feuilles ? ? ?

Les expérimentations

96-97 ; INRA Gotheron ; Smoothie ; 3 ^{ème} feuille	
Programme phytosanitaire contre pucerons et résultats :	
<ul style="list-style-type: none">• <u>fin octobre 96</u> : le verger est séparé en 2 : le coté Ouest est complètement défolié manuellement, l'autre coté sert de témoin.• <u>19/02/97</u> : stade B : traitement à l'huile de pétrole à 18 l/ha• <u>25/02/97</u> : stade B+ : traitement à l'huile de pétrole à 12 l/ha	
observation le 12/03/97 : stade D-D2	Partie défoliée : présence de pucerons sur 9 % des arbres. Partie témoin : présence de pucerons sur 17 % des arbres.
<ul style="list-style-type: none">• <u>28/03/97</u> : stade F : traitement à base de roténone + pyrèthres + butoxyde de pypéronil• <u>30/04/97</u> : stade I : traitement à base de roténone + pyrèthres + butoxyde de pypéronil• <u>02/05/97</u> : stade J : traitement à base de roténone + pyrèthres + butoxyde de pypéronil	
observation le 13/05/97 : stade J	Partie défoliée : présence de pucerons sur 3 % des arbres. Partie témoin : présence de pucerons sur 5 % des arbres.

Conclusions de l'essai

- 1) il n'y a pas eu de différences significatives entre les 2 modalités, l'attaque de pucerons cendrés ayant été modérée cette année,
- 2) les pucerons ont pu migrer d'arbres témoin vers les arbres effeuillés, masquant éventuellement l'effet de la défoliation,
- 3) le procédé semble irréalisable sur l'échelle du verger (plusieurs heures pour 1250 m²).

98-99 ; essai GRAB sur le site du CEHM (34) ; Baujade ; 1 ^{ère} année de reconversion but de l'étude : rechercher une date optimale de défoliation observer les effets de la défoliation sur la croissance des arbres et le taux de nouaison
<ul style="list-style-type: none">• <u>22/10/98</u> : 30 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement.• <u>05/11/98</u> : 30 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement. Par ailleurs 30 arbres servent de témoin• pas de traitements insecticides sur la parcelle d'étude.
observation le 27/04/99 : nombre de foyers de pucerons cendrés sur l'ensemble des 30 arbres : Partie défoliée le 22/10/98 : 3 foyers Partie défoliée le 05/11/98 : 3 foyers Partie témoin : 83 foyers
observation le 31/03/99 : taux de floraison : aucune différence significative entre les modalités.
observation le 26/05/99 : taux de nouaison : aucune différence significative entre les modalités. Partie défoliée le 22/10/98 : 69,4 % Partie défoliée le 05/11/98 : 64,7 % Partie témoin : 70,2 %
observation le 07/02/00 : croissance des arbres 99-00 : aucune différence significative entre les modalités.

Conclusions de l'essai

- 1) les 2 dates de défoliation ont amené une baisse de pression très significative du puceron cendré.
- 2) les défoliations ne semblent pas avoir d'incidence néfaste ni sur la floraison, ni sur la nouaison, ni sur la croissance des arbres.

99-00 ; essai GRAB chez un producteur de Loriol (26) ; Idared ; 5 ^{ème} feuille but de l'étude : rechercher une date optimale de défoliation Programme phytosanitaire contre pucerons et résultats :
<ul style="list-style-type: none">• <u>20/10/99</u> : 5 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement.• <u>05/11/99</u> : 5 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement.• <u>17/11/99</u> : 5 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement. Par ailleurs 5 arbres servent de témoin non traité 5 autres (1 arbre par répétition) reçoivent 3 traitements d'un mélange huile blanche (1 l/hl)+ BB (600 g/hl)• <u>07/03/00</u> : stade B : huile blanche (30 l/ha) + roténone (3 l/ha)• <u>13/03/00</u> : stade C-C3 : huile blanche (30 l/ha) + roténone (3 l/ha)
observation le 09/05/00 : aucun foyer de pucerons cendrés n'a été observé cette année sur cette parcelle

Conclusion de l'essai : pas de pucerons = pas de conclusion

99-00 ; essai GRAB chez un producteur de Loriol (26) ; Garnet et Sunburst ; 7^{ème} feuille
essai sur puceron noir du cerisier

Programme phytosanitaire contre pucerons et résultats :

- 06/10/99 : 12 arbres (3 arbres par répétition) sont complètement défolié manuellement.
Par ailleurs 12 arbres (3 arbres par répétition) servent de témoin non traité
12 autres (3 arbres par répétition) reçoivent un mélange huile blanche (3 l/hl) + BB (625 g/hl)
- pas de traitements insecticides du producteur sur la parcelle d'étude.

observation le 09/05/00 : nombre moyen de foyers de pucerons noirs du cerisier par arbre :

Partie défoliée le 06/10/99 :	0,5
Huile blanche + BB :	1,25
Partie témoin :	3,5

Conclusion de l'essai : tendance intéressante pour la défoliation mais pas de différences significatives.

99-00 ; essai GRAB sur le site de la SERFEL (30) ; Fidélia ; 12^{ème} feuille
essai sur puceron vert du pêcher

Programme phytosanitaire contre pucerons et résultats :

- 14/10/99 : 4 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement.
Par ailleurs 4 arbres (1 arbre par répétition) servent de témoin non traité
- pas de traitements insecticides sur la parcelle d'étude.

observation le 23/03/00 : nombre moyen de foyers de pucerons verts du pêcher par arbre :

Partie défoliée le 14/10/99 :	0
Partie témoin :	0

Conclusion de l'essai : pas de pucerons = pas de conclusion

00-01 ; essai GRAB chez un producteur de Mollégès (13) ; Granny Smith ; 7^{ème} feuille, conversion 2^{ème} année
essai sur puceron cendré

Programme phytosanitaire contre pucerons et résultats :

- 30/10/00 : 21 arbres (1 arbre par répétition) sont complètement défolié manuellement.
Par ailleurs 21 arbres (1 arbres par répétition) servent de témoin non traité
- pas de traitements insecticides du producteur sur la parcelle d'étude.

observation le 10/04/01 : nombre moyen de foyers de pucerons cendrés par arbre :

Partie défoliée le 30/10/00 :	0,14
Partie témoin :	2,76

observation le 09/05/01 : nombre moyen de foyers de pucerons cendrés par arbre :

Partie défoliée le 30/10/00 :	0,81
Partie témoin :	10,81

observation le 06/06/01 : charge en fruits des arbres : aucune différence statistique entre témoin et arbres défoliés sur la première année de récolte après la défoliation.

Conclusion de l'essai

- 1) la défoliation pratiquée a amené une baisse de pression très significative du puceron cendré.
- 2) la défoliation ne semble pas avoir d'incidence néfaste sur la nouaison.
- 3) compter ¼ d'heure par arbre pour la défoliation manuelle

02-03 ; essai GRAB chez un producteur de Mollégès (13) ; Granny Smith ; 9^{ème} feuille, AB 1^{ère} année
essai sur puceron cendré

But : tester des produits limitant l'appétence des feuilles de pommier par un film protecteur

Essai grande parcelle : 4 grands blocs de 3500 m² chacun

4 modalités : Argile kaolinite (95 %) ; Témoin non traité ; Argile kaolinite (70 %) ; Témoin eau

- prévision de traitements aux huiles d'hiver par le producteur au printemps 2003.

Conclusion

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

C'est pourquoi le GRAB se concentre désormais sur des produits naturels ayant plus un effet de barrière physique, limitant ainsi l'appétence des feuilles et les dépôts des œufs de pucerons.

La piste de produits totalement défoliant n'est pas exclue, mais elle s'intègre moins dans le respect du cycle végétal naturel qui nous est cher.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'ensemble des partenaires, stations expérimentales et producteurs qui nous ont permis de réaliser ces essais sur leur site. Certains d'entre eux ont accepté de ne pas traiter leur parcelle avec des huiles et des insecticides en saison. Ils ont pris des risques pour nous et pour l'arboriculture biologique, nous les en remercions infiniment.

MARAICHAGE

Variétés de conservation

Par François BOULINEAU (INRA – GEVES)

Réseau de criblage variétal en potagères agrobiologiques : les premiers résultats

Par Jean-François LIZOT (ITAB) et Jean-Pierre THICOIPE (Ctifl)

Des ressources génétiques de choux et choux-fleurs : vers quelles variétés pour l'agriculture biologique ?

Par Véronique CHABLE (Ingénieur Agronome et Horticole)

La production de plant de pomme de terre 100 % biologique : vers une réalité

Par Fabrice TREHOREL (Aval-Douar Beo) et J. MARHIC (Bretagne-Plants)

Quelles semences en agriculture biologique

Par Catherine MAZOLLIER (GRAB)

VARIETES DE CONSERVATION

F. BOULINEAU
INRA - GEVES

Rappels réglementaires

Toute semence appartenant à une espèce listée dans les directives européennes...

70/458 – Espèces légumières – Semences → 45 espèces listées,

92/33 – Espèces légumières – Plants → idem ci-dessus + 4 espèces,

70/457 – Espèces agricoles – Semences → 81 espèces listées,

... ne peut être commercialisée que sous un **nom de variété**.

Toutes les variétés doivent être **inscrites au catalogue officiel** de l'Union européenne, compilation des catalogues nationaux des 15 pays membres.

Actuellement, environ 12000 variétés d'espèces légumières sont inscrites au catalogue UE (dont 2500 variétés françaises) et 16000 variétés d'espèces agricoles (dont 5000 variétés françaises).

La notion de variété

Les directives citées préalablement prévoient que pour être inscrite, une variété doit répondre aux exigences prévues, à savoir :

- être DHS (Distincte, Homogène et Stable) pour les espèces légumières,
- être DHS et avoir un bon niveau agronomique (VAT : Valeur Agronomique et Technologique) pour les espèces agricoles.

Toutes les variétés inscrites ont donc été :

- jugées quant à leur homogénéité qui doit être suffisante,
- caractérisées au travers d'une description variétale,
- contrôlées quant à leur stabilité,
- évaluées en terme de valeur d'utilisation pour les espèces agricoles,
- conservées au travers d'un échantillon de référence stocké au GEVES.

Toutes ces procédures ont été mises en place pour garantir les intérêts des utilisateurs de semences, agriculteurs ou maraîchers, et pour permettre à la filière de juger objectivement de différents éventuels.

Nouvelles évolutions

Devant le développement de concepts tels que la préservation de la biodiversité, l'écologie, la conservation du patrimoine génétique..., le parlement européen, au travers de deux nouvelles directives publiées en 2002, permet de déroger à la réglementation catalogue en introduisant, dans certains cas précis, les notions de :

	<u>Espèces légumières</u> (2002/55)	<u>Espèces agricoles</u> (2002/53 et 98/99)
→ <u>variétés de conservation</u> :	Article 44-2-a	Article 20-3-a
→ <u>variétés à usage amateur</u> :	Article 44-2-b	=
→ <u>mélanges variétaux</u> :	Article 48-1-b	98/95 et directives de commercialisation par espèce.

Toutes ces mesures dérogatoires sont fixées selon la procédure visée à l'article 46, paragraphe 2, (Recours au Comité Permanent des Semences pour en arrêter les modalités d'application).

Des procédures d'admission simplifiées sont en cours de mise en forme afin d'utiliser au mieux des informations fournies par les demandeurs.

Un groupe de travail se penche actuellement sur la façon d'enregistrer ces variétés tout en conservant la cohérence du système d'inscription actuel.

Les variétés de conservation ou "Land races" dans le texte anglais....

Définition

a) de races primitives et de variétés qui sont traditionnellement cultivées dans des localités et régions particulières et qui sont menacées d'érosion génétique, sans préjudice des dispositions du règlement (CE) n° 1467/94 du Conseil du 20 juin 1994 concernant la conservation, la caractérisation, la collecte et l'utilisation des ressources génétiques en agriculture.

Admission au catalogue

2. Des conditions particulières sont fixées selon la procédure visée à l'article 46, paragraphe 2, pour tenir compte de l'évolution de la situation en ce qui concerne la conservation in situ et l'utilisation durable des ressources génétiques des plantes grâce à la culture et à la commercialisation de semences.

Dans le cas visé au paragraphe 2, point a), les races primitives et variétés sont admises conformément aux dispositions de la présente directive. En particulier, les résultats d'essais non officiels et les connaissances acquises sur la base de l'expérience pratique au cours de la culture, de la reproduction ainsi que de l'utilisation et les descriptions détaillées des variétés et les dénominations qui s'y rapportent, notifiées à l'Etat membre concerné, sont pris en considération et, s'ils sont concluants, dispensent de l'examen officiel. Une fois admise, cette race primitive ou cette variété figure en tant que "variété de conservation" dans le catalogue commun.

Conditions d'admission

- être menacée d'érosion génétique,
- ne pas être inscrite au catalogue UE ou protégée dans un pays de l'UPOV,
- si la variété a été inscrite ou protégée, être radiée depuis plus de 5 ans,
- être naturellement adaptée à une région ou un territoire et y avoir été traditionnellement cultivée,
- être "identifiable", avoir un niveau d'homogénéité suffisant (mais inférieur à celui requis pour le catalogue) pour permettre l'identification de la variété et lui assurer une certaine stabilité.

Procédures d'admission

- Dossier fourni par le demandeur comprenant :
 - le nom de l'espèce,
 - l'indication de la région d'origine,

- la dénomination de la variété,
- une description basée sur des caractères morphologiques ou autres permettant l'identification de la variété,
- le niveau d'érosion génétique,
- un schéma de maintenance.

Tous ces renseignements sont sous la responsabilité du demandeur. Ils peuvent être vérifiés par les services officiels au travers de demande d'essais particuliers.

→ Echantillons de référence conservés par les services officiels.

Commercialisation

- Une fois admise, la variété figure au catalogue UE comme "variété de conservation".
- L'admission est valable 10 ans et pourra être renouvelée sur demande du demandeur.
- La dénomination de la variété de conservation devra suivre les règles en vigueur.
- La maintenance de la variété de conservation devra se faire dans la région d'origine, (ainsi que la production de semence ? Point encore en débat).
- Des quantités "appropriées" de semences seront définies au niveau national.
- Les semences seront commercialisées conformément à la réglementation "semences standard".

Quelques exemples

- Populations bretonnes de choux fleurs d'hiver.
- Populations de chicorées type Chioggia (*C. Intybus*) dans la région de Venise.
- Population d'endives (Ch. de Witloof) dans le Nord de la France et en Belgique.

Situation en France

Pas de variétés de conservation actuellement recensée.

Variétés pour amateurs

Définition

b) Variétés sans valeur intrinsèque pour une production végétale commerciale mais mises au point pour être cultivées dans des conditions particulières.

Dans le texte français, dont le produit de la récolte ne doit pas être commercialisé.

Admission au catalogue

2) Des conditions particulières sont fixées selon la procédure visée à l'article 46, paragraphe 2, pour tenir compte de l'évolution de la situation en ce qui concerne la conservation in situ et l'utilisation durable des ressources génétiques des plantes grâce à la culture et à la commercialisation de semences.

Conditions d'admission

- ne pas être inscrite au catalogue de l'UE ou protégée dans un pays de l'UPOV,
- si la variété a été inscrite ou protégée, être radiée depuis plus de 5 ans,
- être une variété ancienne (ou créée spécialement pour ce type de marché. Point encore en débat et non retenu dans le règlement français),
- être destinée aux jardiniers "non professionnels"
 - déclaration du distributeur → mention spéciale
 - petites unités de conditionnement

- quantités limitées au niveau national (non repris dans le règlement français)
- être identifiable et avoir un niveau d'homogénéité suffisant (mais inférieur à celui requis pour le catalogue), pour permettre l'identification de la variété et lui assurer une certaine stabilité.

Procédures d'admission

→ Dossier fourni par le demandeur comprenant :

- le nom de l'espèce
- la dénomination de la variété
 - une description basée sur les caractères morphologiques ou autres permettant l'identification de la variété,
 - une déclaration de maintenance comprenant le nom et l'adresse du mainteneur.

Tous ces renseignements sont sous la responsabilité du demandeur, charge à lui d'assurer la maintenance de la variété qui doit rester conforme à sa description d'origine et donc à l'échantillon conservé.

→ Echantillons de référence conservés par les services officiels.

Commercialisation

- une fois admise, la variété figure au catalogue UE comme "variété pour amateurs"
- l'admission est valable 10 ans et pourra être renouvelée sur demande d'un mainteneur. Une variété pour amateur sera radiée de la liste s'il s'avère qu'elle est identique à une variété normalement inscrite ou à une variété de conservation.
- Les semences seront commercialisées conformément à la réglementation "semences standard".

Situation en France

- Arrêté du 19 mars 1999 ouvrant un registre annexe au catalogue officiel pour des variétés destinées aux jardiniers amateurs.
- Coûts DHS réduits (demi droit administratif, soit 223.45 €).
- Environ 250 variétés actuellement inscrites ou en cours d'inscription.

Mélanges variétaux a des fins de conservation

Définition

Conditions dans lesquelles les semences peuvent être commercialisées en ce qui concerne la conservation in situ et l'utilisation durable des ressources génétiques des plantes, y compris les mélanges de semences d'espèces qui contiennent aussi des espèces énumérées à l'article 1^{er} de la directive 2002/55/CE qui sont associées à des habitats naturels et semi-naturels spécifiques et sont menacées d'érosion génétique.

Dérogation pour pouvoir commercialiser des semences en mélange contenant des espèces listées dans les directives UE.

EXEMPLE : mélange de semences correspondant à "la prairie de la Vallée de l'Authion". Ce mélange contenant des carottes et des chicorées ne pourrait être commercialisé que si les graines de carotte et de chicorées appartenaient à une variété cataloguée. Cet article permet de déroger à cette règle.

Conditions d'admission

- être en association dans un habitat naturel ou semi-naturel,
- être menacé d'érosion génétique,
- être utilisé dans le cadre de la préservation d'un habitat naturel.

Procédure d'admission

→ Dossier fourni par le demandeur comprenant :

- une déclaration de provenance du mélange,
- le niveau d'érosion génétique,
- les méthodes utilisées pour conserver la diversité génétique du mélange.

→ Echantillon de référence conservé par les services officiels.

Situation en France

Pas d'exemples actuellement recensés à l'exception peut-être de semences pour bordures d'autoroute ou jachères contrôlées.

RESEAU DE CRIBLAGE VARIETAL EN POTAGERES AGROBIOLOGIQUES : LES PREMIERS RESULTATS
--

J-F LIZOT (ITAB) et J-P THICOIPE (Ctifl)

ITAB, Maison des Agriculteurs B, Mas de Saporta CS 50023, 34875 Lattes cedex Tél : 04 67 06 23 40

Fax : 04 67 06 55 75 mail : lizot.itab@wanadoo.fr

SERAIL-CTIFL, 123 Chemin du Finday 69126 BRINDAS Tél : 04.78.87.97.59 Fax : 04.78.87.90.56

mail : Thicoipe.Ctifl.Serail@wanadoo.fr

Le réseau national de criblage variétal en potagère est coordonné conjointement par l'ITAB et le Ctifl. Il s'appuie sur le réseau des stations régionales, les centres du Ctifl et les CTR-CTS (Centres Techniques Régionaux et Spécialisés) de l'ITAB. Des coordinateurs (du Ctifl et du réseau CTR-CTS) ont été désignés pour chaque espèces. Des protocoles ont été définis ou sont en cours d'établissement pour chaque espèce (conditions de l'essai, variétés à tester etc.), l'intérêt étant de tester une même variété dans des conditions agroclimatiques différentes et de pouvoir comparer et exploiter les résultats obtenus.

14 espèces sur 40 référencées sont retenues pour ce réseau : Aubergine, Carotte, Céleri, Choux (chou pommé, chou fleur,...), Concombre, Courgette, Epinard, Haricot, Melon, Salades (laitues, mâche), Poireau, Poivron, Pomme de terre, Tomate. La mise en place des essais dans les régions a eu lieu essentiellement ce printemps. Les essais sont réalisés sur parcelles bio ou en 2^{ième} année de conversion, en station ou chez les producteurs, avec par ordre de priorité des semences bio, non traitées et traitées. Le groupe de travail s'est réuni le 25 septembre 2002 pour un bilan de campagne.

L'objectif de ce réseau est de :

- déterminer par espèces les variétés les mieux adaptées à l'agriculture biologique et à multiplier en priorité,
- définir par espèces les critères variétaux recherchés en bio,
- actualiser la liste des structures semencières qui commercialisent des semences ainsi que celles qui l'envisagent, en appui avec le GNIS,
- faire le point sur les offres en quantité par espèce et par variété disponibles en 2002,
- référencer les structures réalisant des recherches et des expérimentations et/ou possédant les compétences pour le faire,
- harmoniser les méthodes d'expérimentations, en station et chez le producteur,
- référencer et faire le point sur les recherches / expérimentations déjà réalisées,
- coordonner la diffusion des résultats,
- travailler sur la définition d'axes de sélection variétale et le choix des variétés à multiplier avec les établissements semenciers et les obtenteurs, en fonction des résultats du travail de criblage.

Parmi les variétés testées, celles s'avérant les plus adaptées sont listés dans le tableau ci-dessous. Il convient de se renseigner auprès de vos techniciens régionaux pour un choix local.

Carotte botte	TANCAR – PUMA - NAPOLI
Carotte nantaise conservation	STARKA - BOLERO - CHAMBOR
Céleri rave conservation	PRESIDENT - MONARCH - CISKO
Chicorée frisée	MONACO - (VALDO)
Chicorée scarole	AVANCE - SANTEL
Chou blanc cabus	LANGE DIJK - LENNOX F1 - DE BRUNWICK - BRADY (F1) - CAID – GUARD
Chou de Milan	CLARISSA – OUASSA - GROS DES VERTUS - MILA
Chou rouge	LECTRO
Chou fleur hiver	BELOT – PIERROT
Chou fleur hiver tardif	NEDELEC – JEF – VOGUE – ALPEN - BRODEN - MEDAILLON
Chou fleur automne	SPACESTAR
Concombre abri automne	ARAMON– TYRIA – DEFENSE
Concombre abri printemps	ARAMON – PALLADIUM - DR 8935 - TORIL
Courgette	CORA
Epinard	PALCO F1
Fenouil	(ARGO)
Haricot vert	HELDA - (WEINLANDE RIN)
Laitue Batavia blonde abri printemps	ANGIE – SPRINTIA – ARGELES
Laitue Batavia blonde abri automne	<i>80-18 – THALIE – NOEMIE - BVA 352</i>
Laitue Batavia rouge abri Hiver	<i>COLORIA – KAMIKAZE – CHEROKEE - (MAGENTA) - (SPARTA)</i>
Laitue feuille de chêne	<i>VALDAI – KRISTO</i>
Laitue pommée beurre	<i>LEANDRA – ANTARA – CELIA - CAMBRIA - ARMOR</i>
Laitue pommée beurre abri automne	<i>SERENADE – ELOÏSE – ARMORE - BRA 66</i>
Mâche	<i>VITT – TROPHY – JUWABEL – DANTE</i>
PdT Chair Blanche	EMERAUDE – NATURELLA
PdT Chair Ferme	CHARLOTTE – DITTA – ALTESSE
Pdt Chair Jaune à peau Rose	DESIREE – FRANCELINE
Persil	GRUNE PERLE – RINA
Poireau	ALKAZAR – ARDEA – FARINTO - KRISTINA – ARKANSAS – SELIMA - AXIMA – ASTOR - (TADORNA)
Radis	RAXE
Tomate ronde palissée Plein champ	ESTIVA FI - FERNOVA FI - COBRA

caractères gras : variétés dont il existe des semences biologiques

caractères normaux : variétés dont il existe des semences non traitées

caractères italiques : variétés testées avec des semences traitées

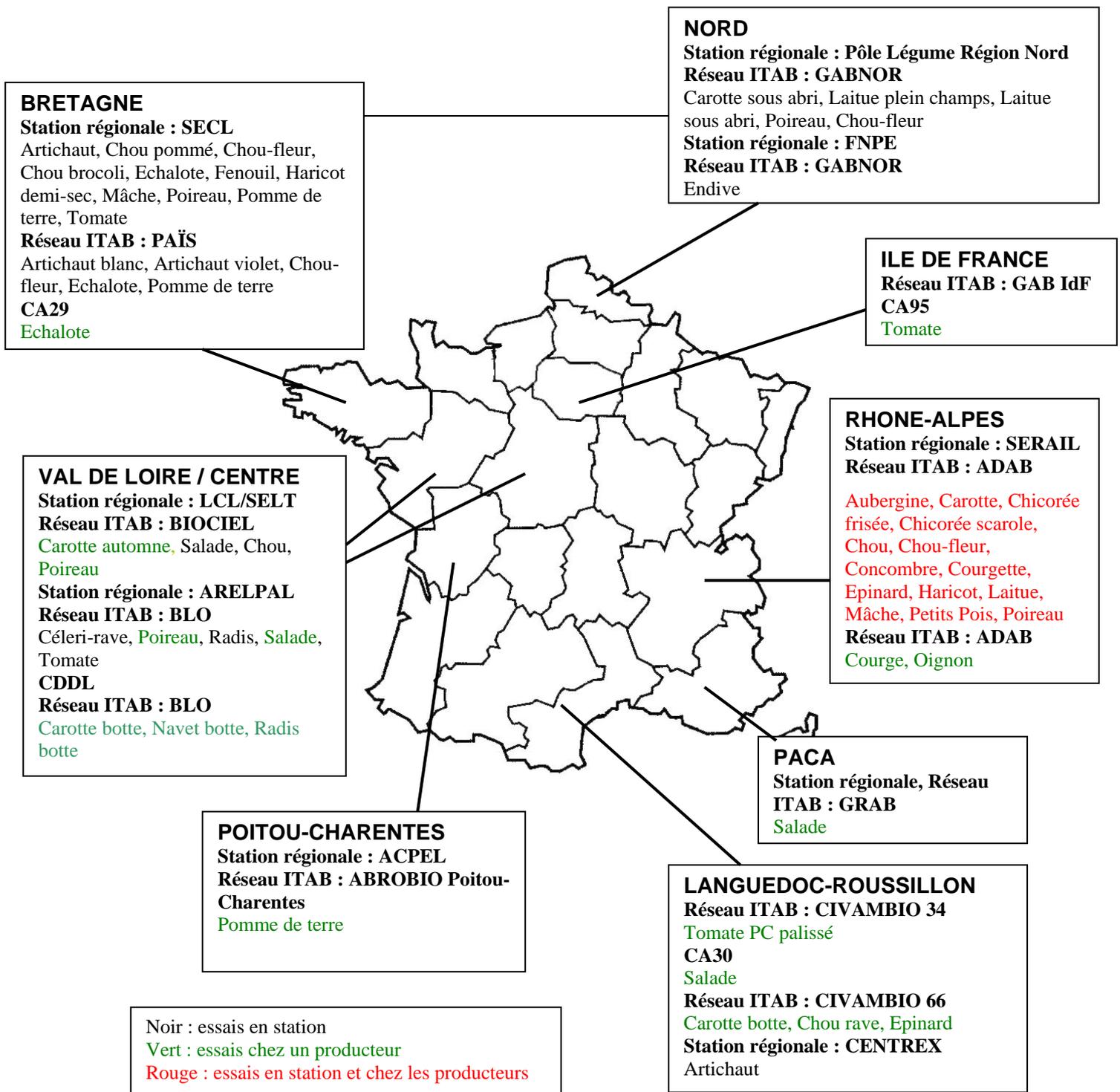
entre parenthèses : variétés à revoir

Variétés choisies comme témoin pour la poursuite des essais de comparaison variétale

ESPECE	VARIETE
CAROTTE	STARKA BOLERO (Conservation) NAPOLI (Précoce, botte)
CELERI RAVE	PRESIDENT MONARCH
CONCOMBRE	ARAMON (Val de Loire) TIRIA (Sud-Est)
COURGETTE	TOSCA (Plein champ) CORA (Tunnel)
ECHALOTTE	LONGOR Longue MIKOR 1/2 longue ARVRO 1/2 longue
EPINARD	SYMPHONY
FRAISE	GARIGUETTE (non remontante) MARA DES BOIS (remontante)
MACHE	VITT
POMME DE TERRE	CHARLOTTE (chair ferme) NATURELLA (chair blanche) DESIREE (chair jaune à peau rose) OSTARA (primeur)
RADIS	SALTO (demi long hiver abri) FLUO (demi long été) RONDAR (Rond Hiver) ENERGIC TINTO NEVADAR (rond été)
TOMATE	PAOLA (Nord - serre) CADENCE (Val de Loire) FELICIA (sud) BALI (Plein champ palissée)

La prochaine réunion du groupe de travail est prévue le 18 mars 2003.

**RESEAU NATIONAL ITAB-CTIFL
CRIBLAGE POTAGERES BIOLOGIQUES 2002**



DES RESSOURCES GENETIQUES DE CHOUX ET CHOUX-FLEURS : VERS QUELLES VARIETES POUR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE ?

V. CHABLE
Ingénieur Agronome et Horticole

Résumé

La création variétale des 50 dernières années est souvent allée à l'encontre des objectifs de l'agriculture biologique qui demande à la variété de participer à l'équilibre écologique d'un système de production. Les variétés modernes de choux et choux-fleurs n'ont pas leur place en AB (nombreux hybrides F1 homogènes avec CMS, stérilité mâle cytoplasmique issue de fusions protoplastes). Un projet conjoint INRA et professionnels bretons représentés par IBB (Inter Bio Bretagne), a initié une évaluation des ressources génétiques pour l'espèce, point de départ de tout programme de sélection. Maintenant, la question de savoir avec quels moyens pourra se concrétiser la création de variétés biologiques avec leur qualités écologiques et économiques. Les professionnels sont prêts à poursuivre le travail, mais quelle recherche pourra les accompagner pour dynamiser le potentiel d'innovation que représente la création variétale pour l'AB ?

Mots-clés : Sélection, agriculture biologique, ressources génétiques, choux, biodiversité

Introduction

Au cours des 50 dernières années, l'amélioration des plantes cultivées a connu trois évolutions principales (Hervé Y., 2002) :

- la généralisation de variétés fixées (homogène génétiquement), pour la quasi totalité des espèces importantes,
- l'intégration des biotechnologies pour augmenter le « gain génétique » par unité de temps, créer de nouveaux caractères et faciliter le maintien des variétés,
- la dissociation entre la sélection créatrice et la production de semences.

Les conséquences sont à plusieurs niveaux :

- une standardisation des produits, une diminution de la biodiversité,
- une rupture avec les processus naturels,
- une dépendance des agriculteurs vis à vis des entreprises semencières qui se concentrent de plus en plus et protègent leurs variétés par les artifices biotechnologiques.

L'évolution des systèmes de culture est liée à celle des variétés et vice-versa. Or, « la bio est plus qu'un mode de production, elle est un mode de développement » (FNAB Info, 2002). Ces propos recueillis à l'Assemblée générale de la FNAB à Poitiers en mars de cette année, posent bien la dimension éthique de l'agriculture biologique. Ainsi l'évolution de l'amélioration des plantes va à l'encontre des projets de la filière biologique qui privilégie l'homme dans son environnement social et écologique. En reprenant les termes des responsables de la FNAB, nous retrouvons des objectifs opposés aux résultats de la sélection végétale des dernières décennies :

- « En bio, il n'y a pas de modèle unique ». « Elle n'est pas une diversification, elle est diversifiée. »
- « Nous cherchons à promouvoir un mode d'agriculture réfléchi dans la durée, veillant à être cohérent avec les principes fondamentaux que sont les équilibres des écosystèmes, des territoires, le respect des cycles naturels, le bien-être animal, la préservation de la biodiversité et des paysages, la création d'emplois, de liens sociaux et de solidarité. »
- « les bio doivent être acteurs de l'évolution de leur produits », « l'autonomie est la préoccupation majeure du paysan agrobiologiste »

Evolution des choux vers la gamme variétale actuelle

A travers l'histoire des choux, nous percevons celle des plantes cultivées. La forme sauvage se rencontre sur les côtes européennes, en particulier pour la France, sur la falaise de la région d'Etretat. Les hommes et les terroirs ont modelé de nombreux « morphotypes ». Les choux cultivés sont connus dès l'antiquité et se caractérisent tous par l'hypertrophie d'un organe et une grande variabilité de couleur, de forme et de goût, selon les régions de diversification. Nous avons ainsi des formes variées de choux fourragers, choux de Bruxelles, choux pommés, choux raves, choux-fleurs... Actuellement, une toute petite partie de ce patrimoine créé à travers les siècles et les pays est connu du public.

L'Italie a conservé la plus grande diversité de choux-fleurs en Europe : elle possède des types de formes et couleurs souvent ignorés aujourd'hui. Le chou-fleur breton, dit type 'Roscoff', résulte d'un travail d'adaptation des producteurs léonards depuis la fin du XVIII^{ème} siècle. Les variétés-populations qu'ils entretenaient et échangeaient, ont été abandonnées il y a peu de temps. Elles ont cessé d'être l'image de leur travail et de leur terroir pour se standardiser.

La première variété hybride F1 de chou-fleur d'hiver, créée à partir de type Roscoff, a été inscrite en 1983. L'objectif était d'homogénéiser les variétés pour faciliter la production et la distribution du produit par les circuits commerciaux. On peut remarquer qu'en chou-fleur d'hiver, les variétés populations ont côtoyé pendant longtemps des hybrides F1, la durée de sélection des hybrides étant très longue pour les choux-fleurs d'hiver. Les choux-fleurs d'automne, de culture plus récente en Bretagne, ont une origine plus variée (Nord de l'Europe, Italie, Australie). Ils sont souvent autofertiles, alors que l'espèce est préférentiellement allogame. Pour ce groupe de chou-fleur, la création d'hybrides F1 ne pouvait être réalisée qu'avec le recours à des stérilités mâles. La présence de stérilité mâle est fréquente chez les plantes, mais seules les stérilités mâles cytoplasmiques (CMS) présentent des avantages évidents pour le sélectionneur (stabilité, facilité d'introduction et de multiplication). Aucune stérilité mâle cytoplasmique spontanée n'a été décrite chez les choux et elle a été introduite par fusion de protoplastes en 1989 à l'INRA de Versailles, à partir d'un radis (Pelletier et al, 1989). Elle a ensuite été diffusée chez de nombreux sélectionneurs privés, qui l'ont introduite chez la plupart des formes de choux sélectionnés aujourd'hui. Cette CMS constitue également un moyen efficace de protection des variétés vis à vis des concurrents puisque l'hybride est alors mâle stérile et ne peut donner de graines.

Une approche de la « variété biologique » : valeurs agronomique, économique et culturelle

Le système agricole conventionnel et ses circuits de commercialisation à grande échelle ont donc favorisé un modèle variétal où les qualités économiques sont prédominantes (diminution des coûts de production et de distribution). Les objectifs et les méthodes de sélection ont été définis dans ce but.

L'agriculture biologique ajoute des dimensions écologique et sociologique à la fonction économique. Elle est intrinsèquement durable et basée sur l'équilibre écologique. Les objectifs de sélection deviennent alors complexes où la création variétale doit s'interroger sur :

- la place de la plante dans un peuplement végétal : favoriser la biodiversité pour assurer l'équilibre écologique au sein de la parcelle (rhizosphère, bio-agresseurs et auxiliaires...),
- la définition du produit à commercialiser : qualités, image terroir.

La biodiversité est un mot clé en bio. L'essai DOC de la FiBL en Suisse (FiBL, 2001) montre qu'un écosystème résistant et bien adapté se distingue par une grande diversité d'espèces. La chaîne alimentaire est fermée et les éléments nutritifs s'y trouvent avant tout sous forme biologique. C'est la biomasse microbienne, notamment les micorhizes, qui assure la liaison de la plante avec le sol. Elle favorise aussi les échanges entre espèces. Par ailleurs, la

présence des auxiliaires est largement favorisée par des peuplements diversifiés. Ainsi, il a été montré que des mélanges variétaux et mélanges d'espèces avaient une résistance accrue aux changements de l'environnement (Wolfe MS, 2001). La prise en compte de l'ensemble de ces critères conduisent à une approche globale de la sélection où la connaissance agrologique est essentielle.

On retrouve aussi le terme de biodiversité quand on aborde les produits commercialisés. Pour les choux, la standardisation des produits a réduit le nombre de types présents sur les marchés. On retrouve les 3 mêmes formes de chou pommé (blanc, rouge, Milan) sur tous les marchés français, les formes locales (Lorient, Pontoise, Louviers...) ne sont plus connues des producteurs et consommateurs, seulement par des amateurs et producteurs bio sur les marchés forains. L'agriculture biologique a un rôle à jouer pour la préservation et la promotion des produits du terroir.

L'AB cherche aussi rester cohérente dans ces méthodes de sélection qui respecteront la biologie florale de l'espèce et l'intégrité de la plante. Les méthodes de sélection devront s'appuyer sur les recommandations de l'IFOAM (Lizot et al., 2002). Les biotechnologies, support de la création variétale actuellement, ont peu de place dans un schéma de création de variétés biologiques.

Assurer la transition « 2004 » et préparer l'avenir

Revenons aux choux. Actuellement, les producteurs bio ont surtout à leur disposition les variétés hybride F1. Ces variétés ont déjà deux handicaps : (1) ils sont le plus souvent reproduits et protégés grâce à un système de stérilité mâle cytoplasmique, non autorisé selon les préconisations IFOAM, (2) la production bio de semences est délicate avec les lignées parentes très « consanguines » (situation génétique très préjudiciable à la vitalité des porte-graine).

En 30 ans, le passage du tout « population » au tout « hybride » a été progressif. Aussi, on se trouve devant une situation où il faut rechercher les variétés les plus adaptables au temps présent et construire l'avenir en essayant de réunir les moyens d'une sélection de variétés biologiques.

Dans un premier temps, pour éviter les CMS, il existe sur le marché des hybrides F1 reproduits grâce à l'auto-incompatibilité, système biologique assurant naturellement l'allogamie dans l'espèce. Aussi, au moment où les hybrides se sont imposés, il existaient des variétés populations dont le produit avait des qualités agronomiques et économiques de valeur égale à celles des hybrides mis sur le marché. Certaines sont encore sur le catalogue officiel des variétés.

Aujourd'hui, les réseaux d'essais variétaux, coordonnés nationalement par l'ITAB et le Ctifl, prennent en charge l'évaluation des variétés disponibles sur le marché. Ce travail est aujourd'hui primordial pour déterminer les variétés actuelles candidates à la production de semences bio.

Les variétés biologiques, sélectionnées spécifiquement, ne pourront pas apparaître sur le marché avant plusieurs années même si les programmes de sélection démarraient dès maintenant.

La première étape d'un travail de sélection consiste en l'évaluation des ressources génétiques disponibles pour l'espèce.

Un programme INRA-CIAB (Comité Interne pour Agriculture biologique), en collaboration avec IBB (Inter Bio Bretagne) sur la PAIS (Plate forme agrobiologique d'IBB à Suscinio) a initié ce travail d'évaluation. La plupart des variétés populations observées ne sont plus commercialisées mais seulement conservées dans des « banques de gènes » européennes. Pendant la première année du projet, nous avons détecté des variétés populations de bon

niveau qui pourraient retrouver un intérêt avec un minimum de travail de sélection pour le chou-fleur d'automne (2 sur 31 observées), (voir tableau 1). Pour les choux pommés, les variétés populations de choux pointus et de Lorient montraient une bonne adaptation agronomique mais la question était de savoir comment le marché peut maintenant accepter ces choux. Le travail se poursuit encore cette année, avec une quarantaine de chou-fleur d'automne, et une trentaine de chou-fleur d'hiver, populations fermières conservées au congélateur dans la collection de l'INRA, certaines depuis 25 ans.

Comment préparer l'avenir ?

Les « ressources génétiques » ne vont pas fournir tout ce dont l'agriculture biologique a besoin. Les variétés anciennes ne correspondent pas toujours aux critères agronomiques et économiques actuels. **Les variétés spécifiques et novatrices sont à créer.**

Donc, l'avenir est d'abord dans les mains des producteurs et de leurs organisations, avec l'appui des consommateurs et des distributeurs. Les semenciers ne trouveront pas souvent leur intérêt dans un marché aussi diversifié, au moins pour des plantes maraîchères et légumières telles que les choux et choux-fleurs.

- A court et moyen terme (5 à 10 ans), les variétés issues des « ressources génétiques » sont un point de départ pour réadapter rapidement de variétés populations anciennes, en faisant le point sur l'existence ou non des droits d'obtention qui les protègent. Qui va organiser la sélection conservatrice, la production et la distribution ?

- A long terme (10 à 20 ans), la variabilité observée montre un potentiel de diversification et d'adaptation à exploiter. La dynamique d'évolution de la plante commencée il y a des siècles peut être reprise par la filière biologique.

Pour l'AB, le type variétal ne sera pas unique. Il devra s'adapter à la biologie de l'espèce, à la faisabilité de la production de semences, aux besoins d'homogénéité du produit et d'hétérogénéité du fonds génétiques pour optimiser le peuplement. Nous pouvons citer les variétés populations et les composites pour une plante allogame comme les choux.

Deux exemples de variétés biologiques peuvent illustrer ce propos. Le tableau 1 prend le cas d'une variété déjà adaptée mais dont l'homogénéité pour la qualité reste à améliorer. Cette situation favorable demande quand même plusieurs années d'expérimentation avant d'assurer une diffusion de la variété. Le tableau 2 montre un exemple où on voudrait créer un nouveau type de produit.

Il faut prendre conscience que ces schémas ne sont qu'indicatifs et seront soumis à des modifications au cours de la sélection. Nous travaillons sur des caractères où l'interaction avec le milieu est très forte. Le sélectionneur doit en permanence s'adapter et être prudent pour juger de la stabilité d'un caractère. Seules les répétitions d'année en année permet d'affiner son jugement. Le nombre de cycles de sélection et le nombre de plantes à garder par cycle seront à déterminer pour chaque variété.

Tableau I - Un schéma de maintenance et d'adaptation de variétés populations de chou

un exemple : adaptation d'une variété population autofertile de chou-fleur d'automne 'Bola de Neve' à la Bretagne.

- ressource génétique : variété vendue au Brésil, appartenant au groupe Erfurt (première origine connue, 1660 en Allemagne)
- méthode de sélection : sélection massale et généalogique maternelle

année	expérimentation sur le terrain	travaux sur les porte-graine
2001	- première observation sur le terrain (80 plantes) - sélection de 10 plantes	bouturage des plantes retenues
2002-2003		maintien et production de graines par croisement deux à deux : objectif 2000 graines minimum
2004	- expérimentation sur 2 sites - sélection des plantes plus adaptées ou choix de plantes parmi les 10 premières sélectionnées	
2005	répétition des expérimentations sur deux sites	selon les résultats, production de semences en cellule de multiplication avec des plantes de sélection 2004 ou 2001
2006	essai chez les agriculteurs, si confirmation de la qualité de la variété en 2005, sinon, poursuite ou abandon de la sélection	poursuite des essais de pré-multiplication : mise au point production de semences
2007	répétition des essais chez les agriculteurs	multiplication pour distribution aux agriculteurs
2008	commercialisation des graines	

Tableau II – Un schéma de création de variétés biologiques

Un exemple original de création de chou-fleur d'automne de couleur auto-incompatible, à partir du type di Jesi (couleur jaune, forme pyramidale arrondie) et du type macerata (couleur verte, forme globuleuse), adaptée à la Bretagne.

- Ressources génétiques : populations italiennes de chou-fleur
- Méthodes de sélection : création de variété composites

année	expérimentation sur le terrain	travaux sur les porte-graine	observations complémentaires
2002	observation des populations italiennes et sélection pour la qualité de la pomme, l'état sanitaire global de la population	bouturage des plantes retenues	
2003		croisements deux à deux	
2004		multiplication des plantes issues des croisements en cellule de multiplication, avec pollinisation par les insectes	
2006	- expérimentation avec un grand effectif - choix de plusieurs plantes	bouturage des plantes retenues	plusieurs types de pomme peuvent être intéressants, ainsi que

	pour un type de pomme (caractère « économique »), puis les regrouper par caractères végétatifs (feuillage, racines) ou « écologiques » voisins (tolérance maladies, bioagresseurs, rhizosphère)		des précocités différentes plusieurs variétés sont potentiellement possibles
2007		production de graines en cage (ou manuellement) à partir des groupes de plantes	
2008-2010	- expérimentation avec un grand effectif - choix des groupes sélection des plantes au type choisi dans les descendance de chaque groupes	bouturage des plantes choisies	- le choix d'un groupe répond à la recherche de caractères « écologiques », - ils pourront être complémentaires entre composants
2009-2011		idem 2005	
2012	quand on obtient une certaine stabilité du produit, on retient 3 ou 4 groupes, et au moins 3 plantes par groupe	bouturage des plantes choisies	
2013		production en cellule de multiplication bouturage des plantes choisies	
2014	essai chez les agriculteurs	bouturage des plantes parents de composants	il est possible de fixer la variété ou continuer de la faire évoluer.
2015	essai chez les agriculteurs	bouturage des plantes parents de composants	
2016	commercialisation		

Les moyens

Des producteurs de choux-fleurs en Bretagne semblent prêts s'investir dans cette activité créatrice qui, traditionnellement, était de leur ressort. Nous avons commencé à travailler ensemble sur la définition d'idéotypes variétaux. Toute la filière doit s'investir et préparer les distributeurs et consommateurs à un élargissement de la gamme des produits.

Une difficulté résidera dans l'organisation de la distribution des semences et son adaptation aux réglementations en vigueur. Comment faire évoluer la législation pour qu'elle reste au service du producteur, et compatible avec des critères de qualité des semences et du cahier des charges AB ?

Par ailleurs, les critères de qualité des semences biologiques est à définir. Le règlement européen (2092/91/EC) imposant l'utilisation des semences bio pour l'AB a vraiment un intérêt biologique dans la mesure où des semences biologiques devraient présenter une vitalité supérieure aux semences conventionnelles. Mais comment le mesurer et donc le garantir ?

L'activité de sélection reprise par les producteurs eux-mêmes pourrait être dynamisée par un investissement original de la recherche (publique ou privée). Une sélection vraiment novatrice ne s'improvise pas. Il existe aussi une perspective passionnante d'évolution des techniques de production biologique avec la création variétale. Elle peut être un moyen de faire évoluer les associations d'espèces en maximisant les synergies entre elles par une sélection simultanée des espèces cultivées ensemble. Cette synergie passe par la

microbiologie du sol. La rhizosphère est un lien vital entre la plante et son milieu. Comment optimiser la vie du sol et donc la pérennité d'un système biologique par une meilleure connaissance de l'interaction plante - rhizosphère et améliorer son efficacité à travers la création variétale.

La recherche publique maintient une activité de conservation des « ressources génétiques » mais avec peu de moyens. Actuellement, il existe des difficultés conceptuelles pour aller plus loin, pour démarrer un véritable travail de création dans une approche globale et donc pluridisciplinaire, avec toutes les compétences existant à l'INRA (génétique, protection des plantes, agronomie, microbiologie des sols...).

Conclusion

Comment organiser la recherche pour la bio ? Elle trouve timidement sa place actuellement à l'INRA. Elle doit s'insérer dans les questions génériques de l'Institut qui « préfère traiter des questions de recherche spécifiques que ce système de production soulève plutôt que d'accompagner un cahier des charges particulier ». Nous sommes à un moment où deux voies d'approche scientifique doivent se séparer et se respecter : nous n'aborderons pas un système de production biologique avec les concepts et les méthodes développées pour une agriculture industrielle, même si des connaissances fondamentales restent les mêmes.

En reprenant la question du titre « vers quelles variétés pour l'agriculture biologique », nous y ajoutons une autre question « avec quelles méthodes ? ». Un des thèmes majeurs de recherche en amélioration des plantes aujourd'hui est la résistance génétique aux maladies. Avec une approche agriculture biologique, face au problème des maladies des plantes, on ne cherchera pas spécifiquement des gènes de résistances chez les plantes, mais il s'agira de comprendre quel est le déséquilibre du milieu qui a favorisé le développement d'un bioagresseur. La réponse sera à chercher conjointement chez la plante et le milieu. Si l'agriculture industrielle est tant confrontée aux problèmes sanitaires, c'est qu'elle a détruit les facteurs d'équilibre du milieu.

Ainsi, le devenir de l'agriculture biologique est, aujourd'hui, dans sa force de conviction à imposer son droit à la différence sur le plan scientifique.

Références

FiBL 2001 - Le bio améliore la fertilité du sol et la biodiversité. Résultats de 21 ans d'essai DOC. Dossier IRAB, n°1, mai 2001, 16p.

FNAB info 2002 - Dossier ; la bio : plus qu'un mode de production, un mode de développement, n°63, 2^{ième} trimestre : 17-21.

LIZOT J.F., LAMMERT VAN BUEREN E., WILBOIS K.P., LUTTIKHOLT.L., WOODWARD L. 2002 - La production de semences biologiques. *Alter Agri* 52 : 19-21.

HERVE Y. 2002 - Evolution des méthodes d'amélioration des plantes au cours des 40 dernières années : faits saillants. Colloque INRA-ITAB, Sélection végétale et Agriculture Biologique, Paris, 4 juin 2002.

PELLETIER G., FERRAULT M., LANCELIN D., BOULIDARD L. 1989 - CMS *Brassica oleracea* cybrids and their potential for hybrid seed production. *XIIth Eucarpia Congress, Göttingen 11/7, Vorträge für Pflanzenzüchtg* : 15.

WOLFE M.S. 2001 - Species and varietal Mixture. In : *Organic cereals and pulses*, eds D Younie, BR Taylor, JP Welsh & JM Wilkinson, Chalcombe Publications Lincoln UK : 229-49.

LA PRODUCTION DE PLANT DE POMME DE TERRE 100 % BIOLOGIQUE : VERS UNE REALITE

F. TREHOREL⁽¹⁾, J. MARHIC⁽²⁾

(1) Aval-Douar Beo*, La Maison de Pays, rue de la Fontaine, 22 530 Mûr de Bretagne

(2) Bretagne-Plants, Roudouhir, 29460 Hanvec

Résumé

La production de plant de pomme de terre biologique implique de respecter à la fois les exigences sanitaires du règlement technique G.N.I.S./ S.O.C. et celles du cahier des charges de l'agriculture biologique. En outre, celui-ci imposera, à partir du 1^{er} janvier 2004, que le plant conventionnel soit multiplié au moins une année dans les conditions de l'agriculture biologique. Cette solution, qui paraissait la plus simple, n'est pas sans poser de problèmes. Il a donc été engagé en 2000 un programme d' « Etudes en vue de l'élaboration d'un système de production de plant de pomme de terre biologique » qui a notamment porté en 2001 sur l'évaluation technico-économique de différents schémas de production et sur l'évaluation environnementale de différents sites de production. Ce travail préliminaire a abouti à l'élaboration d'un schéma qui se veut réaliste sur le plan technique et économique et à sa mise en place en 2002.

Mots clés : agriculture biologique, pomme de terre, plant, schéma de production, maîtrise sanitaire.

Introduction

Dans le cas de plantes à multiplication végétative comme la pomme de terre, la production de plant est conditionnée par la maîtrise des problèmes phytosanitaires. Elle fait donc l'objet d'une réglementation très stricte et de toute une organisation de la production, qui s'étend sur six à neuf années (sous l'égide de la Fédération des Producteurs de Plants de Pomme de Terre ou F.N.P.P.P.T. et en Bretagne de Bretagne-Plants) et qui lui permet d'accéder à une certification délivrée par les services officiels (SOC, SPV). La production de plant de pomme de terre biologique est également soumise à ce règlement technique, en plus du fait qu'elle se doit de répondre aux exigences du cahier des charges de l'agriculture biologique (A.B.). En outre, celui-ci imposera, après expiration d'une dérogation prenant effet le 31 décembre 2003, que le plant conventionnel soit multiplié au moins une année dans les conditions de l'agriculture biologique afin qu'il puisse bénéficier du label 'AB'. Cette solution, qui pour beaucoup paraissait la plus simple dans la mesure où jusqu'à présent la faisabilité d'une filière entièrement 'bio' n'était pas démontrée, n'est pas sans poser de problèmes. En effet, dans ces conditions et dans la mesure où la récolte est issue de matériel de multiplication conventionnel, il ne sera plus possible pour les producteurs de plant de commercialiser leur "dessus de plant" (pomme de terre d'un calibre supérieur à ceux pratiqués en production de plant) sur le marché de la pomme de terre de consommation biologique. Il devra donc être replanté, même si les planteuses utilisées actuellement ne sont pas adaptées, ou être commercialisé sur le marché conventionnel, ce qui induit une baisse de l'approvisionnement du marché de la pomme de terre biologique ainsi qu'une perte financière pour les producteurs de plant (jusqu'à 30 à 40 % de "dessus de plant"). Par ailleurs, il faut préciser que la première génération de plant cultivée dans le cadre de ce schéma de sélection sanitaire est issue, dans sa quasi-totalité, de la culture *in-vitro*. Par conséquent, si cette dernière devait être interdite par le cahier des charges, le schéma proposé ne répondrait plus aux exigences. Enfin, ce plant issu de plusieurs années de culture dans les conditions de l'agriculture conventionnelle réclame une période « d'habitation » au mode de production biologique et son état sanitaire répond aux moyens

de lutte mis à disposition des producteurs dits classiques par l'agrochimie. L'efficacité de méthodes de lutte biologiques destinées à traiter le symptôme d'une maladie n'étant pas équivalente, l'agrobiologiste s'en trouve pénalisé (en particulier concernant le rhizoctone).

Il a donc été engagé en 2000 un programme d' "Etudes en vue de l'élaboration d'un système de production de plant de pomme de terre biologique". Les critères d'élaboration de ce schéma étaient qu'il devait répondre à la fois aux exigences du règlement technique imposé par les Services Officiels de Contrôle (S.O.C.), et du cahier des charges 'AB'. Mais il devait également s'avérer réaliste sur le plan technique et économique, de même que les producteurs de plant souhaitaient qu'il ne fasse pas appel à la micro-propagation *in-vitro*.

Nous évoquerons ici les travaux menés en 2001 sur l'évaluation technico-économique de différents schémas de production de plants de pomme de terre biologique ainsi que sur l'évaluation environnementale de différents sites de production de plants de prébase biologiques qui ont conduit à l'élaboration et à la mise d'un schéma de production en 2002.

Matériel et méthodes

1. Evaluation technico-économique de différents schémas de production de plants de pomme de terre biologique

L'enquête réalisée en 2000 auprès des producteurs de plant de pomme de terre biologique mettait en évidence leur volonté de s'inscrire dans un schéma n'ayant pas recours à la multiplication *in-vitro* ; la plupart proposant un schéma qu'ils connaissent, à savoir le schéma de sélection sanitaire généalogique ou "schéma familles". Celui-ci a été utilisé de façon généralisée jusqu'en 1976, année où les conditions climatiques ont fortement favorisé la multiplication et la dissémination des pucerons, ce qui a entraîné un nombre important d'infections virales. De ce fait, il a été décidé de "sécuriser" la production par la mise au point d'une méthode rapide et permettant de multiplier le matériel végétal dans des conditions contrôlées. Cette technique, dite de micropropagation *in-vitro* est aujourd'hui à l'origine de la quasi-totalité du plant produit en France (figure 1). Cependant, afin de respecter le choix des producteurs et d'anticiper une éventuelle interdiction de la culture *in-vitro* par le cahier des charges "bio", il pouvait être proposé trois autres schémas de production :

- le schéma de sélection sanitaire généalogique ou "schéma familles" (figure 2) dans lequel la descendance des tubercules constituant la première génération (ou « têtes de familles ») préalablement vérifiés indemnes des principaux virus et bactéries de la pomme de terre est individualisée durant les trois générations suivantes puis peut être mélangée pour constituer des lots commerciaux ;
- le schéma de sélection linéaire simplifié où les « têtes de familles » sont mélangées dès la première génération. Dans ce cas, et alors que le schéma « familles » peut s'étaler sur 9 années, il n'est autorisé que sept reimplantations successives ;
- et le schéma "boutures *in-vivo*", identique au schéma pratiqué actuellement excepté que les boutures sont prélevées sur des plantes entières et cultivées en conditions naturelles.

Nous avons par conséquent décidé de réaliser une évaluation technico-économique de ces différents schémas afin de déterminer lequel serait le plus approprié. Compte tenu des moyens dont nous disposons et de l'intérêt porté par les producteurs au schéma « familles », le travail a porté essentiellement sur ce dernier.

Concernant le volet technique, le protocole a été le suivant : nous avons prélevé 50 tubercules dans la collection nationale présente à la station de Bretagne-Plants à Hanvec, et ceci pour chacune des 23 variétés cultivées en "plant bio" en Bretagne en 2000. Le choix de la collection nationale se justifie notamment par le fait qu'elle est maintenue d'année en année de façon végétative. Nous avons par conséquent pris en compte la demande des producteurs souhaitant que nous travaillions avec des clones n'étant pas issus de la multiplication *in-vitro*.

Rappelons que la mise en place de la culture doit permettre, selon le principe de ce schéma, d'individualiser la descendance de chacun des tubercules-mères. Pour cela, nous les avons planté à des intervalles de 50 cm sur le rang avec des inter-rangs classiques de 75 cm environ et ce, dans des parcelles n'ayant jamais reçu de pommes de terre afin de limiter les contaminations éventuelles par des pathogènes telluriques et notamment celui responsable du rhizoctone.

Par ailleurs, pour soustraire la culture aux contaminations virales imputables aux pucerons, nous avons, juste avant la levée, couvert les cultures avec du film "Insect proof". La pose de ce film sur des arceaux métalliques, afin de constituer des tunnels nantais, a été retardée au maximum grâce à deux buttages recouvrant les plantules émergentes et faisant offices de binages. En effet, pour éviter de découvrir et donc d'introduire des pucerons dans le tunnel, il nous a semblé préférable d'assurer un désherbage le plus rigoureux et le plus tardif possible avant de couvrir et de laisser en l'état jusqu'à la récolte, d'autant plus que nous recherchons davantage une qualité sanitaire qu'un résultat agronomique. En outre, sur le plan sanitaire, la lutte contre le mildiou a été assurée à l'aide d'application de Bouillie bordelaise associée à un adjuvant terpénique à raison respectivement de 6kg et 0,7L / ha tous les 7 jours.

2. Evaluation environnementale de différents sites de production de plants de prébase biologiques

La production de plant de prébase notamment, est soumise à un règlement technique très exigeant, en particulier du point de vue des contaminations virales (tous virus en végétation, inférieur à 0.1 %). Il convient donc, en l'absence d'insecticides naturels utilisables à grande échelle, de privilégier des sites défavorables à la multiplication et à la dissémination des pucerons, principaux vecteurs de virus, soit des milieux avec un climat frais, humide et venté. En l'occurrence les zones géographiques du Centre Bretagne et des Monts d'Arrée répondent, selon les expériences passées (réf. Bretagne-Plants), à ces critères. Cependant, nous tenions à le vérifier et le cas échéant, à évaluer dans quelle mesure ces milieux permettraient de maintenir une culture saine.

Pour cela, nous avons placé un "piège jaune" à Paule (22) dans le Centre Bretagne, aux abords d'une parcelle de plant de pomme de terre biologique. Ceci en plus des 3 pièges disposés chaque année dans des parcelles de plant de pomme de terre situées dans les principales zones de production que sont Pleyber-Christ (29) et Pontivy (56) ainsi qu'à la station de Hanvec (29) afin d'émettre des avertissements aux producteurs en cas de risque pour les cultures. Ce type de piège permet de capturer les pucerons et ainsi de suivre les vols sur une saison de culture en réalisant des prélèvements et des comptages réguliers. De cette manière nous pouvons comparer l'importance des populations de pucerons dans ces 4 sites répartis sur les 3 départements bretons traditionnellement producteurs de plant.

Résultats et discussion

1. Evaluation technico-économique de différents schémas de production de plants de pomme de terre biologique

L'étude économique du schéma « familles », pris à titre d'exemple, laisse apparaître qu'il faut investir environ 7 670 € par hectare (tests réalisés selon le règlement technique GNIS-SOC + coûts de production selon les chiffres fournis par les producteurs) pour un objectif moyen de 55 000 plants à l'hectare, avant de pouvoir commercialiser ces "souches" sur le marché du plant (récolte F4). Ce montant comprend les générations de renouvellement mises en place chaque année. En effet, il paraît nécessaire, au moins dans un premier temps, afin de sécuriser au maximum la production, de renouveler tous les ans le matériel de départ. Par conséquent, lorsque l'on cultive le matériel F4, 5 générations F0, 4 générations F1, 3 générations F2 et 2 générations F3 ont vu le jour. Et si l'on rapporte ce chiffre aux besoins actuels de la production de plant en Bretagne, cela nous amène à un investissement d'environ 49 000 € (Tests + coûts de production). Cependant, si l'on considère que cet investissement s'effectue sur 5 ans et que chaque ferme dispose en moyenne de 4 hectares de plant nous arrivons à une somme de 6 150 €/ha. Il faut en plus considérer que dans le système actuel, les producteurs investissent approximativement 3 300 € dans l'achat de leur plant chaque année. Ce qui nous fait envisager une surcharge de 2 850 € par an durant 5 années et par ferme.

En ce qui concerne les autres schémas de production, il est difficile de chiffrer les différences de coûts et probablement inutile aux vues des approximations nécessaires à la réalisation de ce type d'étude. Par contre, compte tenu du montant estimé de l'investissement, il apparaît important de considérer les contraintes techniques de ces différents schémas et de privilégier le plus simple.

En l'occurrence, au cours de l'expérimentation sur la culture de plants biologiques selon le schéma « familles » et utilisant un film « anti-insectes » il est ressorti que le développement de la culture avait été plutôt favorisé par la présence du film, et que le développement des adventices n'avait pu le contrarier qu'en fin de cycle. Cependant, il convient de préciser que les conditions climatiques plutôt sèches des mois de mai et juin de l'année 2001 ne leur ont pas permis d'exprimer la pleine mesure de leur pouvoir concurrentiel sur la pomme de terre. Par conséquent, il semble préférable de privilégier des densités de plantation plus élevées (4 tubercules par mètre linéaire au lieu de 2) comme dans le cas d'un schéma linéaire, afin d'assurer un meilleur recouvrement du sol et limiter ainsi de façon significative l'émergence de ces « mauvaises » herbes, dans le cas notamment d'années pluvieuses. Ceci d'autant plus que les interventions de sarclage sous le film (90 cm de hauteur) se révèlent des plus difficiles. Il est par ailleurs entendu que les plants mis en terre sont préalablement prégermés.

Une autre satisfaction a résidé dans la résistance du film aux vents forts et dans la qualité de pénétration des traitements fongicides appliqués en pulvérisation. Des traitements qui se sont par ailleurs révélés très efficaces dans la mesure où aucun foyer de mildiou n'a été constaté. Nous avons par ailleurs noté l'observation suivante : la pluie se trouve interceptée par le film, elle ruisselle, puis une partie seulement traverse les perforations et tombe enfin sur le feuillage, ce qui a pour effet de limiter les forts lessivages et donc d'améliorer la persistance du produit sur les feuilles.

Il est également ressorti que l'étape la plus contraignante dans ce type de mise en place réside dans l'opération de récolte. En effet, chaque "pied", de chacune des quatre premières générations et de chaque variété doit être récolté séparément, donc manuellement, puis identifié par un numéro et un code variétal. Cette exigence de temps, du fait de l'impossibilité de mécaniser et dans la mesure où l'on souhaite répondre à une demande variétale

diversifiée plaide donc également en faveur du schéma linéaire simplifié où les tubercules-fils d'une même génération et d'une même variété peuvent être mélangés.

Enfin, les notations et analyses effectuées sur la récolte n'ont pas permis de mettre en évidence de symptôme de rhizoctone mais ont révélé la présence de quelques virus. Leur présence, sporadique, a été imputée à des infections primaires dans la mesure où il n'a pas été effectué d'indexage, en l'occurrence coûteux, sur les plants mères pour cette expérimentation. Ces résultats, jugés intéressants et encourageants pour l'assurance d'une qualité sanitaire satisfaisant aux exigences du règlement technique et aux besoins des producteurs demandent toutefois à être confirmés.

En ce qui concerne le schéma basé sur le bouturage *in-vivo*, il nécessite, du fait de la fragilité du matériel de première génération et de sa descendance un équipement et un suivi jugé conséquent. Toutefois, du fait de la possibilité de multiplier des plantes en grande quantité sur une courte période, il pourrait s'avérer intéressant pour pallier au déclassement de certains clones pour des raisons sanitaires et ainsi de s'assurer d'un approvisionnement régulier et de qualité. Il conviendra cependant de conduire au préalable un travail d'expérimentation spécifique sur ce mode de multiplication.

2. Evaluation environnementale de différents sites de production de plants de prébase biologiques

Il ressort du graphique de la figure 3 que la dynamique des populations de pucerons est très fluctuante et ce sur des laps de temps très courts. On note également que ces variations sont relativement synchrones d'un site à l'autre. Cependant, on constate des différences nettes en terme d'effectifs. En effet, si l'on compare les résultats de chacun des sites avec la moyenne calculée sur l'ensemble, il apparaît que la zone de Hanvec présente des effectifs de pucerons supérieurs aux autres et qu'à contrario, le poste de Paule a vu, sur la durée de la culture, le nombre de pucerons capturé le plus faible ; les sites de Pleyber-Christ et de Pontivy présentant une situation intermédiaire.

Ces résultats confirment donc l'intérêt des zones géographiques du Centre Bretagne et des Monts d'Arrée pour les conditions de milieu défavorables qu'elles offrent à la multiplication et à la dissémination des pucerons.

Il s'agit cependant d'une évaluation des populations totales de pucerons, il serait à l'avenir souhaitable de compléter ce travail par un dénombrement des espèces de pucerons dont le rôle vecteur est connu pour la pomme de terre. De plus, une étude sur plusieurs années est nécessaire compte tenu des variations inter annuelles probables.

Conclusion

Aux vues des avantages et des inconvénients de chacun des trois schémas, et prenant en compte les besoins évalués en terme d'investissement, il est ressorti très clairement que le schéma le plus adapté à la production biologique, dans un délai relativement court, s'avérait être le schéma de sélection linéaire simplifié.

Il a en outre été convenu, à partir des résultats expérimentaux, en accord avec les producteurs de plant biologique (de Bretagne), Bretagne-Plants et les Services Officiels de Contrôle :

- que les trois premières générations (X 01, X 02 et X 03) seraient produites dans des sols avec des rotations en pomme de terre extrêmement longues et sous film « Insect proof ». La première génération ayant été au préalable vérifiée indemne des principaux virus et bactéries de la pomme de terre ;
- que la production de ces trois premières générations serait réalisée par l'association Aval-douar Beo, pour le compte de Bretagne-Plants (l'Etablissement Producteur Régional selon la convention S.O.C. / F.N.P.P.P.T.) ;
- que les deux générations suivantes (X 04, X 05) seraient cultivées de façon classique en zone à faible pression parasitaire, soit d'après l'expérience accumulée et les résultats de l'évaluation environnementale, la région du Centre Ouest Bretagne ;
- que les deux dernières générations (X 06, X 07) pourraient être produites dans les bassins de production traditionnels ;
- que les contrôles et la certification seraient assurés par Bretagne-Plants ;
- que le suivi scientifique, technique et économique seraient réalisés par Aval-douar Beo, en partenariat avec Bretagne-Plants, et discuté avec tous les acteurs concernés au sein de la commission créée à cet effet ;
- que les commandes de « souches » seraient faites au mois de novembre de l'année N, pour une livraison possible au printemps de l'année N+4. Il est prévu que les variétés protégées puissent être cultivées, à partir de l'année 4, chez des producteurs en contrat avec l'attributaire ou l'obtenteur.

A partir des résultats obtenus et face à la volonté des producteurs de plant de pomme de terre biologique de Bretagne de devenir sans plus attendre autonome du point de vue de leur approvisionnement en matériel de départ et de disposer de plants adaptés à leur mode de culture, il a été décidé la mise en place de ce schéma dès 2002.

Les premières observations et analyses sur les 28 variétés pour lesquelles des « souches » ont été commandées, font état d'un système de production très convainquant en matière d'enherbement, de résultats agronomique et sanitaire avec seulement quelques symptômes de mildiou, de rhizoctone, de gale commune sur quelques plantes ou tubercules.

Toutefois, ces premiers résultats ne constituent qu'une étape dans l'élaboration d'un schéma de production répondant à des objectifs de qualité, d'organisation et de compétitivité économique au niveau national et européen.

Aussi, des travaux complémentaires sont d'ores et déjà en cours et portent notamment sur la maîtrise du cortège parasitaire (rhizoctone, mildiou, pucerons, etc.), le système de culture, les interactions entre génotype et environnement dans le cadre d'un programme I.N.R.A. / A.C.T.A. en association avec l'I.N.R.A., l'A.C.T.A. et la F.N.P.P.P.T..

C. MAZOLLIER (GRAB)

GRAB : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique Agroparc
BP 1222 84911 Avignon Cedex 09

Résumé

Dans le règlement européen de l'agriculture biologique (règlement CEE 2092/91 modifié), l'utilisation de semences et de matériel de reproduction végétative issus de l'Agriculture biologique est obligatoire. Cependant, jusqu'au 31 décembre 2003, en cas d'indisponibilité avérée, il existe une dérogation temporaire et autorisée sur justificatifs pour l'utilisation de semences d'origine conventionnelle, non traitées après récolte, et même traitées (dans certaines conditions). Les organismes génétiquement modifiés ne peuvent pas être utilisés.

Mots Clés : semences, agriculture biologique, réglementation, guide de lecture, organismes de contrôle.

Le règlement européen **CEE / 2092/91 (article 6)** précise que seules les semences biologiques sont utilisables en agriculture biologique.

Cependant, une dérogation permet, jusqu'au **31 décembre 2003**, l'utilisation des semences conventionnelles non traitées en cas de non disponibilité en semences biologiques; à défaut de celles-ci, les semences traitées sont exceptionnellement utilisables, avec certaines restrictions. C'est l'autorité compétente de l'Etat membre qui accorde cette dérogation.

En France, le « guide de lecture » de l'agriculture biologique, établi en mai 2002 sous l'égide du Ministère de l'Agriculture, précise de façon détaillée la réglementation actuelle en matière de semences : le tableau de la page suivante reprend les éléments figurant dans ce guide de lecture : ceux-ci constituent la référence de base pour les organismes de contrôle, en ce qui concerne la nature et le nombre de traitements autorisés.

1 – Semences issues de l'agriculture biologique : leur utilisation doit être prioritaire :

Comme l'indique le tableau, il peut s'agir de semences achetées auprès de producteurs de semences agréés ou de semences auto produites en AB.

2 – Dérogation : utilisation de semences conventionnelles traitées / non traitées :

- L'organisme de contrôle ne demande pas à l'agriculteur une déclaration préalable sur l'utilisation de semences non biologiques : l'évaluation de la non-disponibilité se réalise lors du contrôle réalisé chez l'agriculteur par l'Organisme de contrôle.
- L'organisme de contrôle se réserve la possibilité de sanctionner un producteur ayant utilisé des semences conventionnelles traitées et disposant d'une attestation écrite de non disponibilité en semences biologiques ou conventionnelles non traitées, s'il est avéré qu'il y a disponibilité de semences biologiques ou conventionnelles non traitées dans la région.
- L'organisme de contrôle vérifiera la nature des semences utilisées par culture, mais il pourra moduler l'application des sanctions, en cas d'utilisation d'une faible proportion de semences non traitées ou d'un niveau de traitement toléré par rapport à la totalité des semences employées une année par un opérateur.

TABLEAU : SEMENCES AUTORISEES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : (JUSQU'AU 31/12/03)

TYPES DE SEMENCES	SITUATION REGLEMENTAIRE	NATURE DES SEMENCES - OBLIGATIONS DE L'AGRICULTEUR - EVALUATION DE LA NON-DISPONIBILITE-
BIOLOGIQUES	A utiliser en priorité	<p align="center"><u>NATURE DES SEMENCES BIOLOGIQUES :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - semences achetées auprès de producteurs de semences agréés (certification agriculture biologique et contrôle S.O.C./ contrôle G.N.I.S.) - ou semences auto produites en AB (en pleine conformité).
CONVENTIONNELLES <u>NON TRAITEES</u>	<p align="center"><u>Acceptables par dérogation</u></p> <p>uniquement en cas de non disponibilité en semences biologiques pour la variété recherchée</p>	<p align="center"><u>OBLIGATIONS DE L'AGRICULTEUR :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • L'opérateur doit apporter la preuve de ses démarches de recherches de semences <u>biologiques</u> disponibles pour la <u>variété recherchée</u> et fournir au minimum une attestation d'un fournisseur figurant dans les ressources ci-dessous : <ul style="list-style-type: none"> - Listes du GNIS ou autres ; - Catalogue des fournisseurs en cours de rédaction ; - Banque de données semences BIO (organicXseeds ou autres) ; • La recherche de disponibilité doit être au minimum régionale. • L'indication NT (« non traitées ») doit apparaître sur les factures ou à défaut sur l'emballage.
CONVENTIONNELLES <u>TRAITEES</u> <u>Niveau maximal de traitement toléré :</u> <ul style="list-style-type: none"> - 2 anti-fongiques - ou 1 anti-fongique et 1 anti-corbique 	<p align="center"><u>Acceptables par dérogation</u></p> <p>uniquement en cas de non disponibilité en semences biologiques ou conventionnelles non traitées pour la variété recherchée</p>	<p align="center"><u>OBLIGATIONS DE L'AGRICULTEUR :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • L'opérateur doit apporter la preuve de ses démarches de recherches de semences <u>biologiques</u> <u>ou non traitées</u> disponibles pour la <u>variété recherchée</u> et fournir au minimum une attestation d'un fournisseur figurant dans les ressources ci-dessous : <ul style="list-style-type: none"> - Listes du GNIS ou autres - Catalogue des fournisseurs en cours de rédaction - Banque de données semences BIO (organicXseeds ou autres) • La recherche de disponibilité doit être au minimum régionale.
CONVENTIONNELLES <u>TRAITEES</u> <ul style="list-style-type: none"> - avec plus de 2 matières actives - ou insecticide - ou systémique 	<u>Non acceptables</u>	<p align="center">aucune dérogation : application de sanctions en cas d'utilisation (sauf cultures particulières pour lesquelles un type de traitement est obligatoire par la réglementation générale et sauf dérogation exceptionnelle).</p>
Semences OGM ***	<u>Non acceptables</u>	aucune dérogation : application de sanctions en cas d'utilisation

La biodiversité

Effets des pratiques agricoles sur la faune du sol et la décomposition de la matière organique

Par J. CORTET (Institut Méditerranéen d'Ecologie et Paléoécologie)

Arboriculture

Impact d'une haie et de bandes fleuries sur les auxiliaires des vergers de pommiers

Par G. VAN IMPE (Université catholique de Louvain), M. MIGON (Université catholique de Louvain), E. BRIBOSIA (PCF-Koninklijk Opzoekingsstation van Gorseem) et PH. LEBRUN (Université catholique de Louvain)

Effet des pratiques agricoles sur l'environnement

Par G. LIBOUREL (GRAB)

Maraîchage

Effets de la diversité des cultures sur les attaques de ravageurs

Par R. H. COLLIER, S. FINCH et H. BILLIALD (Horticulture Research International)

Effets de l'environnement proche sur la biodiversité entomologique en carottes de plein champ

Par P. COLIGNON, C. GASPAR ET F. FRANCIS (Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Gembloux)

Inventaire faunistique en culture d'artichauts

Par M. CONSEIL (IBB)

EFFETS DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA FAUNE DU SOL ET LA DECOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE

J. CORTET

Institut Méditerranéen d'Ecologie et Paléoécologie,
Faculté Saint Jérôme, case 462, 13397 Marseille cedex 20

Résumé

Les microarthropodes sont envisagés depuis plusieurs années comme de bons indicateurs de la qualité des sols agricoles. En effet, ces organismes participent au recyclage de la matière organique et interagissent avec les autres composantes biologiques du sol, notamment la microflore. La structure des communautés dans les sols, c'est à dire non seulement l'abondance mais aussi la diversité des communautés, doivent être pris en considération. Par ailleurs, les études concernant les microarthropodes peuvent être associées aux études concernant la décomposition de la matière organique dans les sols.

Mots clé : biodiversité, décomposition de la matière organique, microarthropodes du sol, pratiques agricoles, pesticides.

Introduction

Les microarthropodes du sol, comprenant surtout des collemboles (insectes aptérygotes) et des acariens, sont des organismes très nombreux dans les sols. Ils font partie de la mésofaune (faune dont la taille est comprise entre 0.02 et 4 mm) et jouent un rôle important dans le recyclage de la matière organiques, en compagnie des autres organismes décomposeurs (essentiellement la macrofaune dont font partie les lombrics, et la microflore constituée de bactéries et champignons) (Gobat et al, 1998). Les microarthropodes sont des organismes dits 'non cible', et à ce titre sont souvent utilisés comme bioindicateurs de la qualité des sols agricoles (Cortet et al, 1999). Par exemple, plusieurs études ont démontré l'impact négatif de la compaction des sols sur la faune du sol (Hendrix et al, 1986 ; Neher & Barbercheck, 1999 ; Schrader & Lingnau, 1997 ; Sabatini et al, 1997). D'autres ont permis de comparer différents systèmes de cultures, comme les systèmes conventionnels, intégrés (parfois appelés raisonnés) et biologiques (Brussard et al, 1990 ; Dekkers et al, 1994 ; El Titi & Ipach, 1989 ; Hulugalle et al, 1997). Toutefois, si de nombreuses études se sont penchées sur l'abondance ou la biomasse des microarthropodes du sol, peu de travaux se sont intéressés à la structure des communautés, c'est à dire à la richesse (nombre d'espèces) et à la diversité (relation entre richesse et abondance d'une communauté). Par ailleurs, peu d'étude ont exploré les effets des pratiques sur le fonctionnement des sols, notamment la décomposition de la matière organique.

Cet article rassemble les principaux résultats acquis par notre équipe dans le domaine. Il présente notamment les résultats issus d'une comparaison des effets de deux pratiques agricoles, ainsi que l'impact de différents pesticides sur les communautés de microarthropodes du sol en relation avec la décomposition de la matière organique.

Matériel et méthodes

Comparaison de deux pratiques agricoles en grandes cultures

L'approche envisagée ici est globale. Elle a pour but d'évaluer les effets de deux pratiques agricoles sur la biodiversité des sols : une pratique dite conventionnelle et une pratique dite intégrée, où le travail du sol est moins profond et l'utilisation des pesticides est optimisée. Cette approche est essentiellement descriptive.

L'étude a été menée sur la ferme expérimentale de l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA), située à Courseulles (Calvados, Normandie). Trois parcelles ont été sélectionnées, toutes cultivées en blé d'hiver au moment de l'étude, mais dont les précédents culturaux étaient variables (tab. I). Depuis 8 ans chaque parcelle était divisée en deux parties, correspondant à chacun des systèmes. On remarque, sur une durée de 5 ans, que la quantité d'insecticides et de fongicides est généralement inférieure dans le système intégré par rapport au système conventionnel. En revanche, la quantité d'herbicides est équivalente. Le travail du sol est souvent moins profond dans le système intégré. Toutefois, il faut noter que chaque système, au sein de chaque parcelle, est conduit de manière indépendante, si bien que les pratiques varient d'une année à l'autre, et parfois le système intégré peut recevoir plus d'intrants que le système conventionnel.

Pour chaque système, au sein de chaque parcelle, 5 carottes de sol (5 cm de diamètre, 10 cm de profondeur) ont été collectées, tous les mois, de janvier à juin 1997. Les animaux ont été extraits par la méthode de Berlese. 4 taxons ont été identifiés (Collemboles, Oribates, 'autres acariens' et 'autres arthropodes'), et un indice de différences de biodiversité entre systèmes a été calculé (Cortet et al, 2002b).

parcelles (année de récolte)	Système	Labour	Autre travail du sol	Herbicides (en Kg.ha ⁻¹)	Insecticides (en Kg.ha ⁻¹)	Fongicides (en Kg.ha ⁻¹)
P1 (1997)	C	présent	C, SPH	0,64	0,15	1,09
	I	absent	C, SPH	1,85	0,071	0,31
P3 (1997)	C	présent	SH, SPH	0,58	0,084	1,96
	I	absent	SH, SPH	1,85	0	0,71
P4 (1997)	C	absent	C, SPH	0,64	0,14	1,09
	I	absent	C, H, SPH	1,05	0	0,31
Moyenne sur 10 parcelles (1991-1995)	C	variable	variable	1,70	0,23	1,94
	I	variable	variable	1,53	0,087	0,88

Table I : Travail du sol et pesticides sur le site de Courseulles, pour chaque parcelle étudiée en 1997 et pour 10 parcelles de 1991 à 1995. C: Conventionnel ; I : Intégré
C: mise en culture ; SPH: semis plus hersage ; SH: récolte de betteraves ; H : hersage.

Effets de différents pesticides en cultures de maïs

Si on veut tenter d'expliquer les effets observés, il est nécessaire d'étudier les effets des différents paramètres susceptibles d'influencer les populations de microarthropodes, comme le labour ou les pesticides. Pour ce faire, il faut entreprendre des essais dits analytiques, qui permettent de séparer l'effet d'un intrant par rapport aux autres. C'est ce que nous avons mis en place pour étudier les effets de différents pesticides en cultures de maïs.

Le site d'étude se localise sur la ferme expérimentale du lycée agricole de La Côte Saint André (Département de l'Isère, Région Rhône-Alpes, France). Les expérimentations se déroulent sur un champ carré de 80 m de côté, cultivé en maïs (*Zea mays* L.) Les semis de maïs (variété Marista non traitée Gaucho) ont eu lieu le 2 mai 1997. Tous les travaux effectués ont été conformes à la bonne pratique agricole. La récolte a eu lieu dans la semaine du 20 au 24 octobre 1997. Le maïs a été irrigué régulièrement pendant les mois estivaux. Le champ a été divisé en deux grands blocs, le premier pour l'essai "herbicide" et le second pour l'essai "insecticide". Chaque bloc a été lui-même divisé en 12 parcelles élémentaires, dont chacune comportait 16 rangs de maïs et mesurait 12.8 × 20 m.

Sur le bloc "herbicide" ont été comparés l'atrazine (famille des triazines, chloro-2 éthylamino-4 isopropylamino-6 triazine-1,3,5) et l'alachlore (famille des amides, chloro-2N-(diéthyl-2,6 phényl) N-méthoxyméthyl acétamide) à raison respectivement de 1 kg ha⁻¹ et 2.4 kg ha⁻¹. Chaque traitement a été testé sur quatre parcelles élémentaires (soit huit parcelles traitées), les 4 parcelles restantes servant de témoin. Ces quantités correspondent aux doses recommandées pour ce type d'activité agricole (ACTA, 1998).

Dans le bloc "insecticide" ont été testés le carbofuran (famille des carbamates, N-méthylcarbamate de diméthyl-2,2 dihydro-2,3 benzofurannyle-7) et le fipronil (famille des phénylpyrazoles, 5- amino-1-(2,6 dichloro-x,x,x,-trifluoro-p-tolyl)-4-trifluorométhylsulfanyl-pyrazole-3-carbonitrile). Chaque traitement a été réalisé sur quatre parcelles élémentaires (soit huit parcelles traitées). Le carbofuran a été appliqué dans la raie de semis à l'aide du microgranulateur du semoir, avant semis, à raison de 600 g ha⁻¹. Le fipronil a été appliqué au sol avant le semis à l'aide du pulvérisateur, à raison de 200 g ha⁻¹, et a ensuite été incorporé mécaniquement au sol. Il faut noter que ce travail du sol a été réalisé sur l'ensemble du bloc "insecticide". Chaque traitement a été testé sur quatre parcelles élémentaires (soit huit parcelles traitées), les 4 parcelles restantes servant de témoin.

La méthode utilisée pour échantillonner la mésofaune est adaptée de celle des sacs de litière (litter-bag) (Crossley et Hoglund, 1962). 4.5 g de feuilles de maïs séchées, non traitées au départ, ont été introduits dans des sacs en Nylon de 12 × 12 cm et de maille 4 mm. Trente sacs ont été déposés à plat à la surface du sol, au moment des semis. Cinq sacs de litière par parcelle ont été relevés les 20 mai, 18 juin, 2 juillet, 12 août, 11 septembre et 3 octobre 1997, mis dans des sacs en plastique hermétiques et acheminés au laboratoire. Les sacs relevés en mai, juillet, août et octobre ont servi pour l'extraction de la mésofaune par la méthode dite de Berlese, conservée dans l'alcool à 60°, et comptée sous la loupe binoculaire. Les collemboles ont été déterminés selon la classification établie par Gisin (1960). Les Oribates, Prostigmates et Mesostigmates, ont été déterminés et classés selon les critères établis par Krantz (1978). Les autres groupes (Myriapodes, insectes ptérygotes et aranéides) ont été déterminés selon l'ouvrage de Coineau (1974). Les abondances sont exprimées en nombre d'individus par gramme de matière organique dans les sacs. Par ailleurs, La teneur en matière organique et en azote des résidus de feuilles issus des sacs a été évaluée sur l'ensemble des prélèvements, grâce à la spectrométrie de réflexion infrarouge (Ibrahima et al. 1995).

Les effets traitements ont été comparés par analyse de variance et analyse factorielle des correspondances.

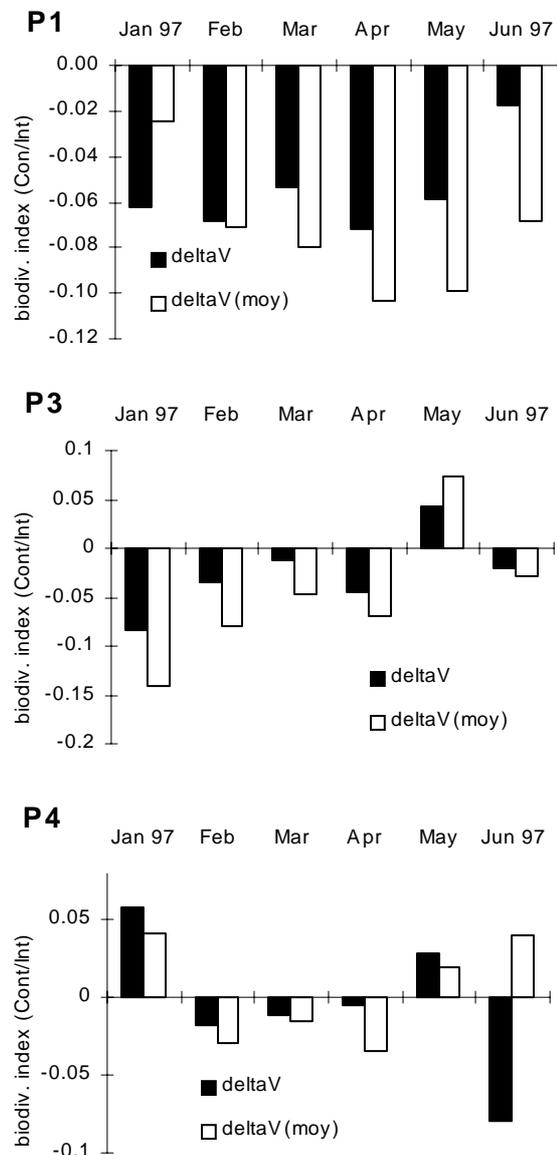
Une description plus complète de l'expérience est disponible dans Cortet & Poinot-Balaguer (2000) et Cortet et al (2002a).

Résultats

Comparaison de deux pratiques agricoles en grandes cultures

L'indice de différence de biodiversité entre les systèmes montre que les résultats sont variables en fonction de la parcelle échantillonnée et de la date d'échantillonnage. Ainsi, dans la parcelle P1 (Grand Parc), l'indice montre une biodiversité toujours supérieure dans le système intégré par rapport au système conventionnel. Les différences les plus importantes entre systèmes sont observées en avril et mai (fig. 1). Les résultats sont similaires dans la parcelle P3 (Les Carfolands), excepté en mai, où la biodiversité rencontrée est supérieure en conventionnel. Par ailleurs, pour cette parcelle, les différences sont plus marquées en janvier. Concernant la parcelle P4 (Le Meslier), les résultats sont plus variables, avec une biodiversité plus élevée en intégré de février à avril, mais plus importante en conventionnel pour janvier et mai ; en juin la biodiversité est similaire dans les 2 systèmes.

Figure 1 : Indice ΔV de différence de biodiversité entre un système conventionnel et un système intégré pour chaque parcelle échantillonnée à Courseulles (P1, P3, P4), de janvier à juin 1997. *deltaV* : chaque paramètre est calculé à partir de la somme des moyennes. *deltaV moy* : chaque paramètre est calculé à partir de la moyenne des sommes. Si la biodiversité en conventionnel est < à la biodiversité en intégré, alors l'Indice est négatif. Si la biodiversité en conventionnel est > à la biodiversité en intégré, alors l'indice est positif.

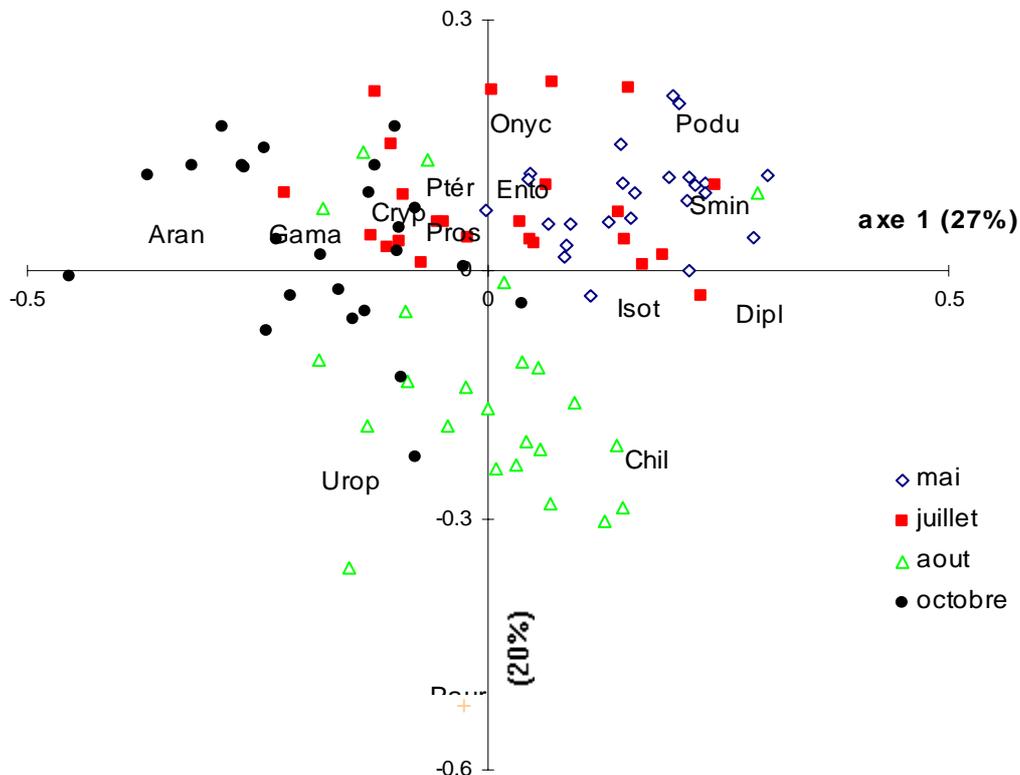


Effets de différents pesticides en cultures de maïs

Les résultats issus de l'analyse multivariée montrent trois premiers axes représentant 60% de l'information, ce qui est remarquable compte tenu du nombre de variables (14) et d'échantillons (96).

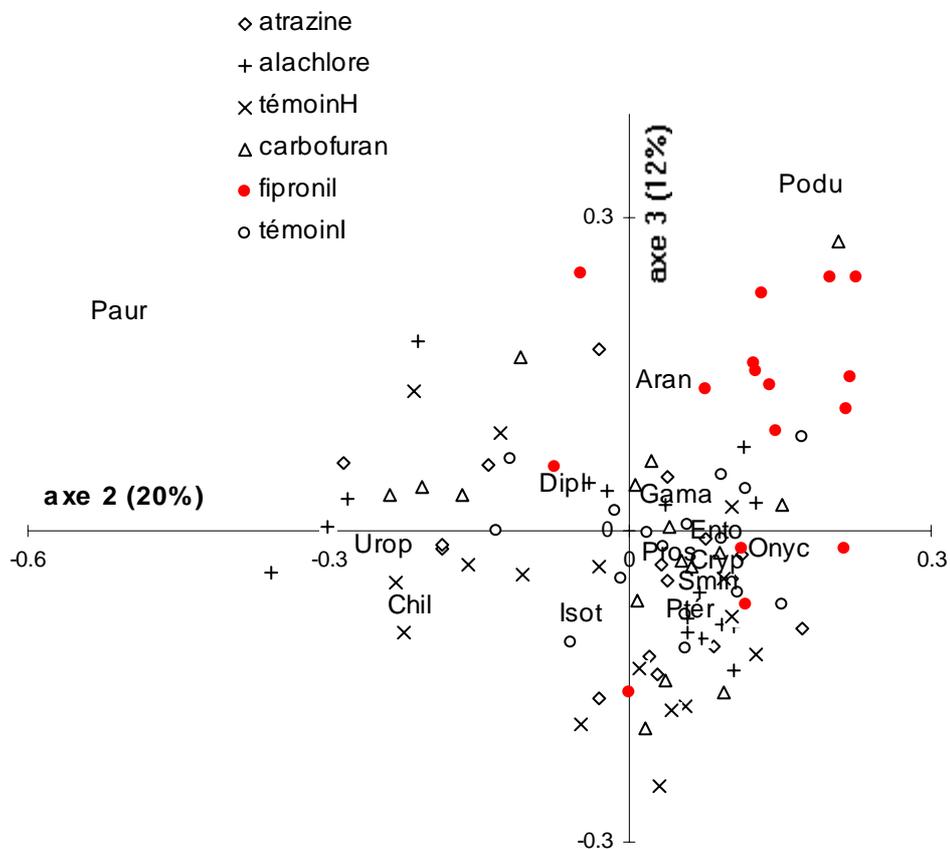
Le plan formé par les deux premiers axes décrit nettement un gradient temporel (figure 2). L'axe 1 (27 % de l'information) oppose clairement les prélèvements effectués en mai (côté positif de l'axe) à ceux effectués en octobre (côté négatif). Les groupes caractéristiques de mai sont essentiellement trois familles de collemboles (Sminthuridae, Poduridae et Isotomidae), mais aussi les Diplopodes. Tous ces groupes sont des microphytophages ou détritiphages. Les groupes caractéristiques d'octobre sont des prédateurs : Gamasida non Uropodidae et Aranéides. L'axe 2 (20 % de l'information) oppose les deux mois de prélèvements estivaux : juillet (côté positif de l'axe) et août (côté négatif). Le groupe des Poduridae domine en juillet, alors que les Uropodidae, les Chilopodes et Pauropodes caractérisent les prélèvements d'août. Une succession relativement nette de différents groupes est ainsi observée : groupes de microphytophages et détritiphages (collemboles et diplopodes) en mai et juillet, apparition de certains prédateurs comme les chilopodes et les Uropodidae en août puis apparition d'une seconde vague de prédateurs : les Aranéides et les Gamasina en octobre. L'axe 3 (12 % de l'information) semble nettement discriminer les échantillons issus des parcelles traitées au fipronil. Ils sont caractérisés par une forte abondance de Poduridae. Les résultats permettent donc de démontrer un effet fipronil sur la dynamique de colonisation des sacs par les microarthropodes (figure 3).

Figure 2 : Analyse Factorielle des Correspondances sur 96 échantillons et 14 groupes taxonomiques (axes 1 et 2). Ento : Entomobryidae, Isot : Isotomidae, Podu : Poduridae, Smin : Sminthuridae, Onyc : Onychiuridae, Gama : Gamasina, Urop : Uropodida, Cryp : Cryptostigmates, Pros : Prostigmates, Chil : Chilopodes, Dipl : Diplopodes, Paur : Pauropodes, Aran : Aranéides, Ptér : Insectes ptérygotes



Un effet pesticides est également observé sur les paramètres de décomposition de la matière organique. Ainsi, dans la partie 'herbicide', la décomposition de la matière organique est plus rapide en juillet dans les parcelles traitées à l'alachlore. De même, dans la partie 'insectide', la décomposition est plus rapide en fipronil et témoin qu'en carbofuran, après 18 jours de décomposition. De plus, en juillet et octobre, la décomposition est plus rapide en carbofuran qu'en fipronil. Par ailleurs, les concentrations en azote dans les litières sont supérieures en alachlore par rapport aux autres traitements, dans la partie 'herbicide' (table II).

Figure 3 : Analyse Factorielle des Correspondances sur 96 échantillons et 14 groupes taxonomiques (axes 1 et 3). Ento : Entomobrydae, Isot : Isotomidae, Podu : Poduridae, Smin : Sminthuridae, Onyc : Onychiuridae, Gama : Gamasina, Urop : Uropodida, Cryp : Cryptostigmates, Pros : Prostigmates, Chil : Chilopodes, Dipl : Diplopodes, Paur : Pauropodes, Aran : Aranéides, Ptér : Insectes ptérygotes



	18 jours	47 jours	61 jours	102 jours	132 jours	154 jours
Partie Herbicide						
LMR atrazine	67±9	61±4	51±8	36±13	19±9	20±10
LMR alachlore	64±8	60±5	45±8	33±9	21±9	21±12
LMR Hcontrol	67±5	60±5	51±7	39±13	23±11	18±8
ANOVA	ns	ns	atra>ala** Hco>ala*	ns	ns	ns
[N] atrazine	0.60±0.097	0.81±0.12	0.92±0.1	1.11±0.17	1.14±0.23	1.02±0.15
[N] alachlore	0.67±0.09	0.85±0.1	1.02±0.11	1.19±0.32	1.13±0.3	1.16±0.3
[N] Hcontrol	0.59±0.072	0.85±0.091	0.93±0.092	1.20±0.25	1.27±0.52	1.0098±0.21
ANOVA	ala>atra* ala>Hco**	ns	ala>atra** ala>Hco**	ns	ns	ala>Hco*
Partie Insecticide						
LMR fipronil	69±4	63±4	59±9	40±14	27±13	29±16
LMR carbofuran	73±10	62±5	53±7	34±15	21±10	19±7
LMR lcontrol	68±5	63±8	55±8	42±13	27±12	26±14
ANOVA	carb>fip* carb>lco*	ns	fip>carb*	ns	ns	fip>carb*
[N] fipronil	0.60±0.068	0.82±0.13	0.95±0.22	1.12±0.25	1.09±0.22	1.05±0.14
[N] carbofuran	0.59±0.072	0.80±0.14	0.98±0.18	1.15±0.27	1.30±0.32	1.06±0.14
[N] lcontrol	0.60±0.088	0.77±0.11	0.94±0.16	1.07±0.13	1.14±0.34	0.98±0.23
ANOVA	ns	ns	ns	ns	carb>fip*	ns

Table II. Pourcentage de masse restante de la litière (LMR) et concentrations en azote [N] dans la litière, en fonction des différents traitements dans les parties 'herbicide' et 'insecticide', pour les différentes dates échantillonnées. Atra: atrazine; ala: alachlore; Hco: témoin herbicide; fip: fipronil; carb: carbofuran; lco: témoin insecticide. Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies de l'écart type. Les différences significatives (test de Fisher) sont exprimées par : * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$.

Discussion

Toute perturbation ou stress imposé à un système interagit avec les facteurs environnementaux, qui peuvent varier dans l'espace et dans le temps. Ainsi, différents facteurs, indépendamment des pratiques agricoles peuvent influencer les communautés de microarthropodes dans les sols. C'est par exemple le cas des facteurs climatiques. C'est la raison pour laquelle il est logique que les résultats varient en fonction de la date échantillonnée, avec généralement une augmentation des densités de populations au printemps, lorsque les précipitations sont abondantes et combinées à des températures élevées favorables au développement des arthropodes.

Toutefois, malgré ces fluctuations, on remarque que la biodiversité des microarthropodes est influencée par les pratiques agricoles ; c'est le cas à Courseulles, avec généralement une biodiversité supérieure en intégré par rapport au conventionnel.

Ces résultats peuvent être expliqués par le labour, connu pour avoir un effet négatif sur les microarthropodes du sol. Ainsi, en janvier, date d'échantillonnage la plus proche du dernier travail du sol, on remarque une biodiversité supérieure en intégré par rapport au conventionnel pour les parcelles P1 et P3, mais l'inverse est observé pour la parcelle P4. Ces résultats sont logiques puisqu'en P1 et P3 le travail du sol est plus intense en conventionnel, ce qui n'est pas le cas en P4.

Par ailleurs, les effets des pesticides doivent être pris en considération. Leurs effets varient en fonction de deux facteurs :

- 1) l'itinéraire technique des parcelles (C'est à dire essentiellement la date à laquelle un pesticide est épandu). Ce paramètre est très important, car, si d'un point de vue général, on peut considérer que plus de pesticides sont utilisés en conventionnel par rapport au système intégré, ce n'est pas vrai chaque année. Par exemple, en 1997, les quantités d'herbicides utilisées sont plus élevées dans le système intégré par rapport au système conventionnel. Ces remarques sont également valables pour chaque saison de culture, puisque chaque système, au sein de chaque parcelle est conduit de façon indépendante. Ainsi, pour certaines dates d'échantillonnage, particulièrement au printemps lorsque plusieurs pesticides sont aussi utilisés en système intégré, la biodiversité observée n'est

pas forcément plus élevée dans ce système, comme il est observé en P3 et P4. Le précédent cultural doit également être pris en considération. Ainsi, à Courseulles, chaque parcelle avait un précédent cultural différent, qui pourrait influencer les communautés de microarthropodes.

- 2) la diversité des réactions des différents groupes de microarthropodes vis à vis d'un pesticide donné (tous les microarthropodes n'ont pas la même sensibilité).

Les modifications physiques provoquées par le travail du sol sont souvent considérées comme prépondérantes. Mais à Courseulles, il est difficile de différencier et apprécier le rôle de chacun des facteurs de perturbation (travail du sol et pesticides notamment). Ainsi, la parcelle P1, qui montre les plus de différences au niveau biodiversité entre systèmes, montre également les plus grandes différences entre systèmes aussi bien au niveau du travail du sol que des quantités de pesticides utilisées.

C'est pourquoi, des expérimentations analytiques, telles que celles effectuées à La Côte Saint André, sont parfois nécessaires.

On remarque ainsi dans cette étude, que les feuilles de maïs traitées à l'alachlore se décomposent plus vite et ont des concentrations en azote plus élevées que celles traitées à l'atrazine ou non traitées. Ces résultats peuvent indiquer une augmentation de l'activité microbiologique dans les parcelles traitées à l'alachlore. En effet, certaines espèces de micro-organismes peuvent utiliser les herbicides comme source d'énergie. Ces résultats sont confirmés par une légère augmentation des collemboles dans les sacs de litière traités à l'alachlore, après 154 jours de décomposition. Cette augmentation de collemboles pourrait être due à une augmentation des micro-organismes, dont ils se nourrissent.

Les résultats observés dans la partie 'insecticide' semblent impliquer des mécanismes différents. En début d'étude, une plus faible décomposition est observée dans les parcelles traitées au carbofuran. Ces résultats ne peuvent être imputés à une plus faible activité microbiologique en carbofuran, car aucune différence n'est observée concernant l'azote. De même aucune différence n'est observée au niveau de la mésofaune. En revanche, des résultats complémentaires sur les vers de terre on montré une diminution sensible des populations de lombrics dans ces parcelles (Bally et al, 1999). Or ces derniers consomment une partie de la matière organique située dans les sacs de litière. En fin de décomposition, une plus faible décomposition est observée dans les parcelles traitées au fipronil, qui pourrait être due à un effet négatif sur les microarthropodes du sol. En revanche, la décomposition plus rapide en carbofuran pourrait être due au fait que les sacs de litières pour ce traitement n'ont pas été directement contaminés et pourraient avoir agi comme zone refuge pour les microarthropodes et les micro-organismes.

Ainsi, les résultats issus de la faune et de la décomposition de la matière organique fournissent des informations complémentaires et augmentent la validité des interprétations. Le choix des méthodes d'étude apparaît également primordial.

Références bibliographiques

BALLY R., JACOUD C., JOCTEUR-MONROZIER L., ROYER C., VILLEMEN G., WATTEAU F., BALAGUER N., CORTET J., GANDREY J., CHABERT A., GARINO B., 1999 - Effet de l'application de produits phytosanitaires sur le fonctionnement biologique des sols : mise en évidence d'indicateurs biologiques permettant d'évaluer leur impact en zones de grandes cultures, in : Vasseur P. and Pnetox members (eds), Pnetox, préserver et améliorer la qualité des milieux : les approches du laboratoire au terrain, Paris, France, pp. 124-143.

BRUSSAARD L., BOUWMAN L.A., GEURS M., HASSINK J., ZWART K.B., 1990 - Biomass, composition and temporal dynamics of soil organisms of a silt loam soil under conventional and integrated management. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38, 283-302.

- COINEAU Y. 1974 - Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes. Doin, Paris.
- CORTET J., GOMOT-DE-VAUFLERY A., GOMOT L., POINSOT-BALAGUER N., TEXIER C. & CLUZEAU D., 1999 - The Use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *Eur. J. Soil Biol.* 35(3), 115-134.
- CORTET J. & POINSOT-BALAGUER N., 2000 - Impact de produits phytosanitaires sur les microarthropodes du sol en cultures de maïs irrigué : approche fonctionnelle par la méthode des sacs de litière. *Can. J. Soil Science.* 80, 237-249.
- CORTET J., POINSOT-BALAGUER N., VIAUX P., CHABERT A., BEAUFRETON CH., CANCELA DA FONSECA J.P., 2002a - Impact of agricultural practices on the biodiversity of soil microarthropods : the example of French arable crops. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 239-244.
- CORTET J., POINSOT-BALAGUER N., GILLON D., JOFFRE R., OURCIVAL J-M, 2002b - Effects of pesticides on microarthropods and organic matter recycling in a maize field : use and discussion of the litter-bag methodology. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 261-265.
- CROSSLEY D.A. AND HOGLUND M.P. 1962 - A litter-bag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter. *Ecology.* 43, 571-573.
- DEKKERS B.M., VAN DER WERFF P.A., VAN AMELSVOORT P.A.M., 1994 - Soil collembola and acari related to farming systems and crop rotations in organic farming. *Acta Zool. Fennica.* 195, 28-31.
- EL TITI A., IPACH U., 1989 - Soil fauna in sustainable agriculture : results of an integrated farming system at Lautenbach, F.R.G.. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 27, 561-572.
- GISIN H. 1960. Collembolenfauna Europas. Museum d'Histoire Naturelle, Genève, Suisse.
- GOBAT J.M., ARAGNO M., MATTHEY W., 1998 - *Le sol vivant*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- HENDRIX P.F., PARMELEE R.W., CROSSLEY JR. D.A., COLEMAN D.C., ODUM E.P., GOFFMAN P.M., 1986 - Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *Bioscience*, 36, 374-380.
- HULUGALLE N.R., LOBRY DE BRUYN L.A., ENTWISTLE P., 1997 - Residual effects of tillage and crop rotation on soil properties, soil invertebrate numbers and nutrient uptake in an irrigated vertisol sown to cotton. *Applied Soil Ecology* , 7, 11-30.
- IBRAHIMA A., JOFFRE R., GILLON D. 1995 - Changes in litter during the initial leaching phase : an experiment on the leaf litter of Mediterranean species. *Soil Biol. Biochem.* 27, 931-939.
- KRANTZ G.W. 1978 - A manual of acarology. Oregon State University Book Stores, Corvallis, OR.
- NEHER D.A., BARBERCHECK M.E., 1999 - *Diversity and function of soil mesofauna*, in : Collins W.W., Qualset C.O. (éd.), Biodiversity in Agroecosystems, CRC Press, New-York, pp. 27-47.
- SABATINI M.A., REBECCHI L., CAPPI C., BERTOLANI R., FRATELLO B., 1997 - Long-term effects of three different continuous tillage practices on collembola populations. *Pedobiologia*, 41, 185-193.
- SCHRADER S., LINGNAU M., 1997 - Influence of soil tillage and soil compaction on microarthropods in agricultural land. *Pedobiologia*, 41, 202-209.

IMPACT D'UNE HAIE ET DE BANDES FLEURIES
SUR LES AUXILIAIRES DES VERGERS DE POMMIERS

G. VAN IMPE*, M. MIGON*, E. BRIBOSIA** et PH. LEBRUN*

*Unité d'Ecologie et de Biogéographie, Centre de Recherches sur la Biodiversité,
Université catholique de Louvain, Pl. Croix du sud 5, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

**PCF-Koninklijk Opzoekingsstation van Gorseem, De Brede Akker 13,
3800 Sint-Truiden, Belgique

Résumé

L'étude est réalisée dans un verger de pommiers afin de préciser l'incidence de deux aménagements (plantation d'une haie périphérique et semis des interlignes en plantes sauvages) sur le contrôle biologique des ravageurs. La sélection d'un semis particulier a permis d'obtenir des floraisons étalées sur 48 semaines par an, facteur favorable aux auxiliaires dont les adultes sont floricoles. Dans le cas de la chrysope commune (modèle d'auxiliaire généraliste), la mise en place d'abris hivernaux contribue à garantir l'activité précoce du prédateur en début de saison. Le parasitoïde *Ephedrus persicae* (modèle d'auxiliaire spécialiste), ennemi naturel du puceron cendré, accepte comme puceron hôte alternatif le puceron du sorbier; cette particularité permet de concevoir une technique visant à constituer dans le verger une population de l'ennemi naturel du puceron cendré. Enfin, la biodiversité du verger est clairement corrélée à l'édification des deux aménagements.

Mots-clés : verger, pommier, contrôle biologique, chrysope, parasitoïde, biodiversité.

Introduction

Les contraintes liées aux orientations de la Politique Agricole Commune imposent à l'agriculteur de recourir à des techniques de production moins intensives et plus respectueuses de l'environnement. Dans ce contexte et en ce qui concerne la lutte contre les ravageurs, ceci se traduit par une limitation de leur contrôle chimique. Des méthodes de luttés alternatives permettent actuellement de maintenir un niveau de production économiquement acceptable, le bénéfique en termes de qualité compensant un rendement souvent plus faible. Par ailleurs, il devient de plus en plus évident que favoriser une biodiversité élevée dans un agroécosystème permet de réunir les conditions propres à héberger une grande variété d'auxiliaires qui assurent le contrôle naturel des ravageurs. Dans ce cadre, le Ministère belge des Classes Moyennes et de l'Agriculture subventionne une recherche dont le dispositif consiste en un verger expérimental implanté dans un environnement varié et composé de trois variétés de pommiers. La première moitié de ce verger fait l'objet d'aménagements spécifiques (haie périphérique d'aulnes, interlignes fleuris), tandis que la seconde sert de référence (production intégrée, sans aménagements). Deux voies de recherche sont explorées. La première relève de l'Écologie descriptive; elle vise d'une part à révéler l'influence de l'environnement du verger sur la colonisation des pommiers par l'entomofaune, et d'autre part à exprimer la différenciation progressive des deux sous-vergers. La seconde orientation a pour objectif d'étudier l'impact des aménagements du verger sur l'activité des auxiliaires généralistes (prédateurs) et spécialistes (parasitoïdes), ennemis naturels des pucerons. Le présent rapport décrit quelques aspects de l'étude réalisée sur la chrysope commune *Chrysoperla carnea* (modèle d'auxiliaire généraliste) et sur le parasitoïde *Ephedrus persicae* (modèle d'auxiliaire spécialiste). En ce qui concerne la chrysope, l'adéquation entre la composition des interlignes fleuris et la nutrition de l'insecte (larve prédatrice mais adulte floricole) est vérifiée, l'objectif étant à la fois d'offrir du pollen durant la période la plus longue possible et de s'assurer que la chrysope s'en nourrit effectivement. La population de chrysopes est

Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes biologiques – 3 décembre 2002 – Morlaix

Les composts : élaboration et qualité

méthodiquement suivie, et l'incidence des aménagements du verger sur l'abondance et la distribution de cet auxiliaire est évaluée. Le comportement de la chrysope en hiver est précisé. En ce qui concerne le parasitoïde *Ephedrus persicae* (parasite du puceron cendré *Dysaphis plantaginea*), la recherche a pour objectif de mettre à sa disposition l'hôte de substitution *Dysaphis sorbi* (puceron du sorbier) et de stimuler ainsi sa présence dans le verger. Enfin, l'étude tend à démontrer que l'accroissement de la biodiversité constaté dans le verger est corrélé aux aménagements particuliers qui y ont été édifiés.

Matériel et méthodes

Le verger expérimental a été implanté en 1996 à Vorsen, commune du Limbourg belge. Il s'étend sur 1 ha et comporte 3 variétés (choisies pour leur tolérance à la tavelure) : Discovery, Goldrush et Otava (var. pollinisatrice : Alkmene). La première moitié ("verger 1") est entourée d'une haie monospécifique d'aulnes noirs (*Alnus glutinosa*) et est semée en plantes sauvages dans un interligne sur deux; les interventions chimiques y sont strictement limitées. La seconde moitié ("verger 2") est identique en termes de pommiers mais n'a fait l'objet d'aucun aménagement; les interventions y sont opérées selon les schémas de la production intégrée. Toutes les expériences, mesures et observations sont effectuées de la même manière dans le verger expérimental ("verger 1", 1/2 ha) et dans le verger de référence ("verger 2", 1/2 ha). L'environnement proche du verger est constitué de cultures (céréales, betteraves, lin, luzerne, fraisiers, pois) et de trois tumulus (tombeaux gallo-romains) se présentant sous l'aspect de buttes boisées (chênes, peupliers, frênes, prunelliers, aubépines, sureaux). L'exploitation fruitière la plus proche est située à 500 m. Le suivi de l'entomofaune est réalisé sur des groupes de 3 arbres contigus répartis de manière régulière dans les deux vergers. Dans un premier temps (1999), un interligne sur deux du verger 1 a été semé en plantes sauvages, chacun de ces interlignes étant divisé en deux parties (14 blocs expérimentaux). Sept semis ont ainsi été testés : Astéracées, Caryophyllacées, Apiacées, Fabacées, Boraginacées et un "mélange verger" conçu par l'Unité d'Ecologie des Prairies de l'UCL, un dernier module correspondant à la flore spontanée. Dans un second temps (2001), seul le "mélange verger" a été semé dans un interligne sur deux du verger 1. Sa composition est présentée au Tableau I.

Tableau I – Composition du mélange floral ("mélange verger") semé en 2001 dans un interligne sur deux du verger 1.

Apiacées (Ombellifères)	Daucus carota	Carotte sauvage
Astéracées (Composées)	Achillea millefolium	Achillée millefeuille
	Centaurea thuylieri	Centaurée
	Chrysanthemum segetum	Chrysanthème des moissons
	Leucanthemum vulgare	Grande marguerite
	Tanacetum vulgare	Tanaisie
Boraginacées	Echium vulgare	Vipérine
Caryophyllacées	Silene latifolia alba	Compagnon blanc
Dipsacacées	Knautia arvensis	Knautie des champs
Hypericacées	Hypericum perforatum	Millepertuis
Lamiacées (Labiées)	Origanum vulgare	Marjolaine
Malvacées	Malva moschata	Mauve musquée

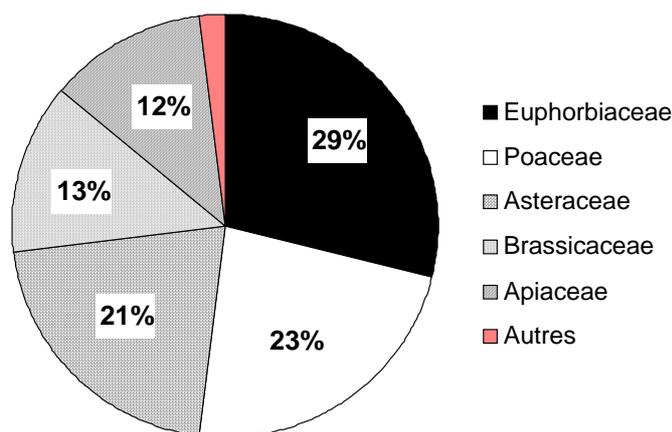
Une analyse pollinique a été effectuée à partir de frottis d'étamines ou de déjections de la chrysope obtenues après capture et bref séjour en tubes eppendorf; elle repose sur la méthode d'Alexander (Alexander, 1980). Le colorant utilisé permet à la fois d'identifier le grain de pollen et de déterminer si celui-ci est vide (donc, le cas échéant, digéré par l'insecte). Les chrysopes ont été recensées par l'observation visuelle (groupes d'arbres

prédéfinis), par capture (filet fauchoir) et par piégeage (pièges collants, bacs colorés). Les adultes capturés ont été marqués (n° appliqué sur l'aile gauche au moyen d'un feutre noir) afin d'assurer leur suivi dans le verger. Différents abris ont été aménagés afin d'inciter *Chrysoperla carnea* à passer l'hiver dans le verger ; les chrysopes y ont été recensées et marquées, et l'analyse pollinique a été effectuée sur les déjections de certains individus. Pour l'étude du parasitoïde *Ephedrus persicae*, une ligne de sorbiers a été plantée le long d'un côté du verger 1. Ces arbres ont été volontairement infestés au printemps par le puceron du sorbier *Dysaphis sorbi*. Les momies y ont été recherchées durant toute la saison afin d'identifier le parasitoïde émergeant. Ensuite, des essais de transfert d'hôtes ont été opérés au moyen de ces parasitoïdes dans des manchons de tulle enveloppant certaines branches de pommiers infestés par le puceron cendré *Dysaphis plantaginea*. L'étude de la biodiversité du verger repose sur l'ensemble des données relatives à l'entomofaune recensée par les différentes techniques déjà citées (observation visuelle sur groupes d'arbres prédéfinis, capture au filet fauchoir, piégeage par bacs colorés ou pièges collants). Ces données sont complétées par les dénombrements de carabes (représentant dans notre étude la pédofaune épigée), capturés au moyen de pièges à fosse (pitfall traps, pitfalls).

Résultats

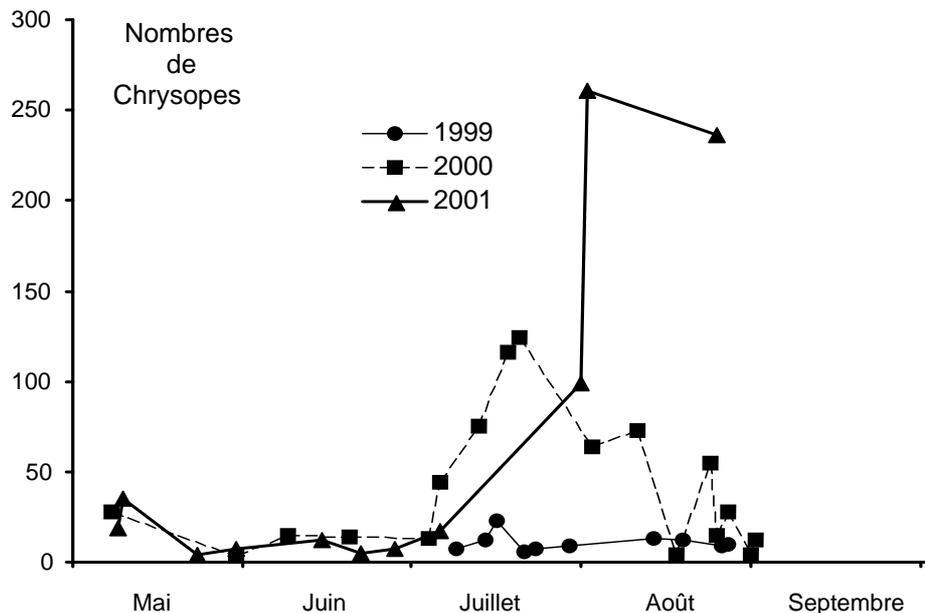
Suivi des floraisons et analyse pollinique. L'observation visuelle et l'analyse pollinique effectuée à partir de frottis d'étamines ont permis de révéler la présence de pollen dans le verger durant 48 semaines en 2000. Par ailleurs l'analyse appliquée aux déjections de la chrysope conduit à conclure que la proportion de grains de pollen vides (donc réellement digérés) varie de 85% à 98% selon les cas (résultats confirmés par des expériences en cages). Enfin, la Figure 1 illustre les proportions relatives des différentes familles végétales identifiées par leur pollen dans les déjections de l'insecte; 5 familles y représentent chacune plus de 10%.

Figure 1 – Distribution des familles végétales identifiées par leur pollen dans les déjections de la chrysope commune.



Suivi de la population de chrysopes (avril - septembre). La Figure 2 décrit l'évolution de l'abondance des chrysopes adultes (capturées sur les pommiers au filet fauchoir) en 1999 (année du premier semis des interlignes du verger 1), 2000 et 2001. Par ailleurs, ces densités sont significativement plus importantes sur les pommiers les plus proches de la haie d'aulnes. Enfin, l'activité de vol (révélée par les pièges collants) décroît en fonction de l'éloignement de la haie, par rapport à la direction dominante des vents.

Figure 2 – Bilan des captures de chrysope effectuées au filet fauchoir au cours des saisons 1999, 2000 et 2001.



Suivi de la population de chrysope (septembre- mars). Parmi les abris testés, les abris à chrysope commercialisés donnent de très bons résultats, de même que les nichoirs à mésanges. Certains individus explorent ces refuges dès la mi-septembre, mais les chrysope ne s'y installent réellement qu'à partir du mois d'octobre; début décembre marque la fin des entrées en abris. Le marquage des chrysope révèle qu'elles ne restent pas immobiles mais qu'elles effectuent des vols (notamment entre abris) sous conditions météorologiques favorables. L'observation montre également qu'elles se nourrissent, notamment à partir du miellat de pucerons séché sur les feuilles d'aulnes et sur les pommes pourrissant au sol. L'analyse pollinique confirme cette diète glucidique par la présence dans les déjections de l'insecte d'une levure associée aux milieux sucrés (*Metschnikowia pulcherrima*).

Etude du parasitoïde *Ephedrus persicae* sur sorbiers. Les premières momies de *Dysaphis sorbi* ont été détectées dès le mois de mai. Tous les parasitoïdes issus de ces momies étaient des *Ephedrus persicae*. Ces parasitoïdes (provenant des sorbiers) ont ensuite été transférés vers les pommiers dans les manchons contenant des colonies du puceron cendré *Dysaphis plantaginea* (colonies comprenant de 300 à 500 larves de second stade). Plus de 100 momies ont été obtenues à partir de chacune de ces colonies.

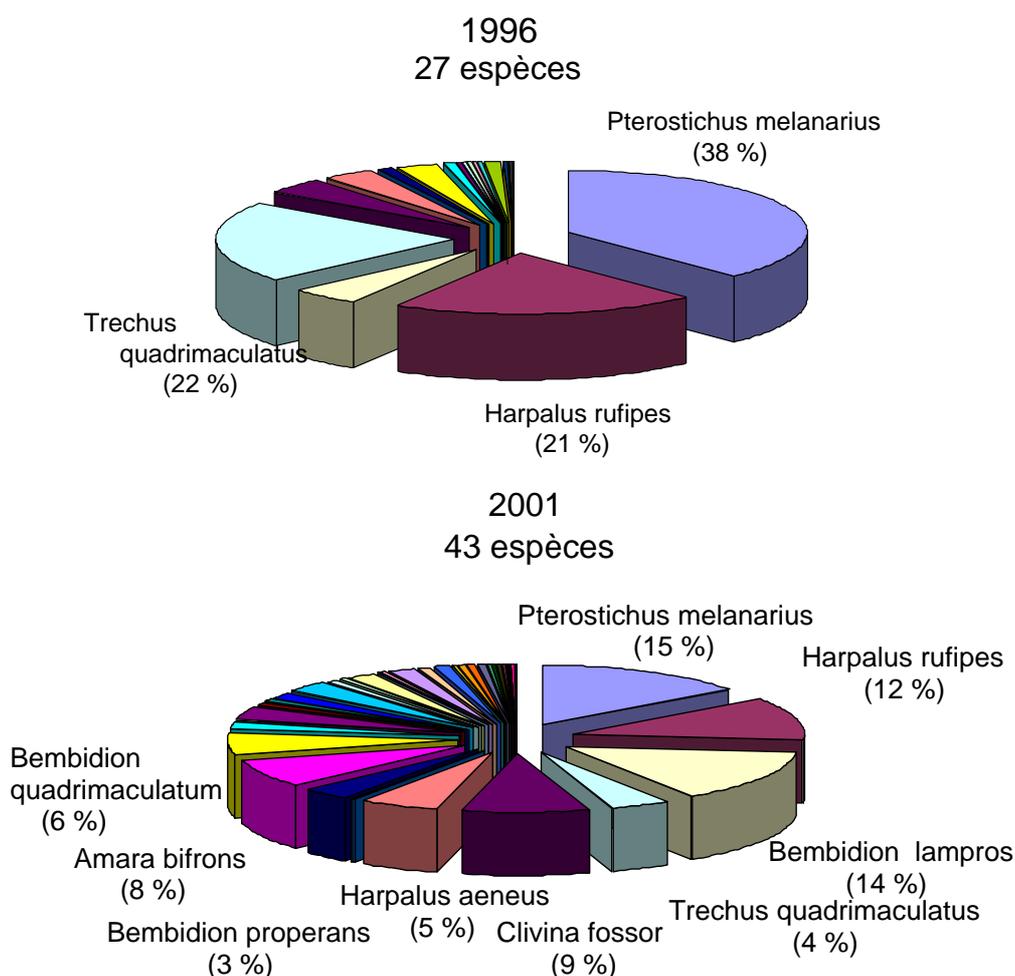
Evaluation de la biodiversité. La diversité spécifique s'est accrue de manière très significative au fil des années, pour tous les groupes d'insectes répertoriés dans le verger. Ceci est illustré, par exemple, par le Tableau II pour les Chrysopidés. *Chrysoperla carnea* est apparue en 1997; ensuite, le nombre d'espèces a augmenté progressivement jusqu'en 2000 (année suivant le semis des interlignes) et s'est stabilisé depuis. La même évolution est observée pour un autre groupe de prédateurs, les coccinelles; capturées occasionnellement en 1996, elles sont représentées en 2002 par 15 espèces. Mais le changement le plus évident à l'observation du verger est traduit par le spectacle des milliers de syrphes qui virevoltent au sein des interlignes fleuris. Avant le semis, quelques individus étaient parfois observés sur les adventices; après celui-ci, ce sont 39 espèces qui ont été capturées dont 50% sont répertoriées comme aphidiphages. Quant aux carabes (dont de nombreuses espèces sont par ailleurs prédatrices), ils expriment fort bien à la fois l'influence de l'environnement du verger, la stabilisation de l'écosystème et la diversité qui s'y développe. Représentés par 27 espèces l'année suivant l'implantation du verger, ils comptent 43

espèces depuis 1998. La Figure 3 détaille la distribution des espèces. Ainsi en 1996, 3 espèces (*Pterostichus melanarius*, *Harpalus rufipes*, *Trechus quadrimaculatus*) représentaient à elles seules plus de 75% des captures, la première constituant plus du tiers des échantillonnages (38%). En 2001, ce sont 9 espèces parmi les plus abondantes qu'il faut regrouper pour constituer cette même proportion, et *Pt. melanarius* ne représente plus que 15% des individus capturés.

Tableau II – Recensement des Chrysopidae dans le verger expérimental au cours de 6 saisons consécutives.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Chrysopa commata			+	+	+	+
Chrysopa perla		+	+	+	+	+
Chrysoperla carnea	+	+	+	+	+	+
Chrysopidia ciliata				+	+	+
Cunctochrysa albolineata				+	+	+
Dychochrysa prasina				+	+	+
Nineta flava				+	+	+

Figure 3 – Distribution des espèces de carabes recensées en 1996 et 2001. Les espèces mentionnées totalisent 75% des captures.



Discussion

Suivi des floraisons et analyse pollinique. L'étude confirme que les périodes de floraison renseignées par les "flores" usuelles ne sont qu'indicatives et correspondent à des moyennes, les conditions environnementales et climatiques étant prépondérantes. Ainsi par exemple pour les plantes sauvages entourant le verger, la mercuriale annuelle, la pensée des champs, la bourse à pasteur, le mouron des oiseaux et le séneçon commun étaient déjà en fleurs au 1^{er} janvier 2000. Par ailleurs, associé à ces adventices (qui colonisent d'ailleurs les interlignes aménagés), le "mélange verger" a permis d'offrir du pollen aux chrysopes durant une période très étalée (48 semaines), ce qui correspond à l'objectif visant à stimuler la présence et le maintien de l'insecte dans le verger. Quant à l'étude réalisée sur les déjections de la chrysope, elle révèle une absence de corrélation entre les espèces de plantes en fleurs et la présence de leur pollen dans le tube digestif de la chrysope. Ainsi, bien que les Astéracées comptent plus de 35% des espèces semées (et à certaines périodes plus de 50% de la couverture végétale), elles ne constituent que 21% du pollen prélevé par la chrysope. En revanche, la mercuriale annuelle, unique représentante des Euphorbiacées, totalise à elle seule 29% des grains de pollen identifiés dans les déjections de l'insecte. Ceci est vraisemblablement lié à l'absence de synchronisation entre l'activité (nocturne) de la chrysope adulte et l'accessibilité du pollen des Astéracées durant la nuit. D'autre part, notre étude montre que la chrysope métabolise la quasi totalité du pollen ingéré. Enfin, bien que

Suivi de la population de chrysopes (avril - septembre). La population de chrysopes s'est maintenue à un niveau très faible jusqu'en 1998. A partir de 1999, les chrysopes se sont révélées de plus en plus abondantes (Figure 2). Le rôle joué par les bandes fleuries (semées en 1999) s'avère ainsi prépondérant. Par ailleurs à partir de cette même année, la haie d'aulnes est apparue réellement homogène (arbres de 5 ans, de 4m de hauteur, aux couronnes confluentes) et l'étude montre qu'elle joue un rôle déterminant en termes de refuge pour les chrysopes. Enfin, la fonction de brise-vent remplie par la haie périphérique est mise en évidence par l'étude de l'activité de vol.

Suivi de la population de chrysopes (septembre- mars). La mise à disposition d'abris dans le verger contribue de manière significative au maintien d'une population hivernale de chrysopes, nécessaire pour assurer l'activité de cet auxiliaire dès le printemps. Notre étude montre que, contrairement à ce qui est communément admis (diapause hivernale), la chrysope conserve une certaine activité (vol, nutrition) durant l'hiver. Son alimentation est essentiellement glucidique, en relation probable avec ses besoins énergétiques.

Etude du parasitoïde *Ephedrus persicae* sur sorbiers. La présence massive du parasitoïde *Ephedrus persicae* en début de saison est déterminante dans la lutte contre le puceron cendré. Nos expériences montrent que ce parasitoïde accepte un hôte alternatif, le puceron du sorbier (inoffensif pour le pommier) et, qu'après avoir parasité ce dernier, il demeure efficace vis-à-vis du ravageur du pommier, le puceron cendré. La démarche suggérée par cette étude suppose évidemment de planter des sorbiers dans les environs immédiats du verger ou, mieux, dans l'enceinte même de celui-ci. D'autre part, cette méthode repose sur l'existence d'une population élevée du puceron du sorbier au printemps, ce qui requiert nécessairement une infestation active de ces arbustes-hôtes. Cette recherche préliminaire (Bribosia et al., 2001) est actuellement approfondie en vue de déterminer les modalités du passage du parasitoïde des sorbiers vers les pommiers, et du type d'implantation des sorbiers à prévoir dans le verger.

Evaluation de la biodiversité. La Figure 3 illustre particulièrement bien l'accroissement progressif de la diversité spécifique de la pédofaune épigée du verger (carabes). Un autre constat renforce cette observation : en quelques années et dans un espace limité de 1 ha, les carabes, les syrphes, les coccinelles et les chrysopes recensés dans le verger expérimental représentent respectivement 11%, 12%, 21% et 39% de l'ensemble des espèces répertoriées en Belgique. Au cours des deux premières années, le phénomène était manifestement lié à la colonisation du nouvel écosystème par l'entomofaune de l'environnement. Par la suite, la biodiversité entomologique est corrélée à la biodiversité

botanique qui, stimulée par le développement des bandes fleuries, a induit l'apparition d'un cortège varié de phytophages lesquels, à leur tour, ont attiré les insectes prédateurs, saprophages, coprophages, nécrophages et parasites. D'un point de vue appliqué, la constitution d'un réservoir de proies dans la haie et les interlignes semés en plantes sauvages garantit la présence et l'activité des prédateurs des ravageurs (Andow & Risch, 1985; Wyss, 1995; Bugg & Ellis, 1990). Quant à la haie périphérique d'aulnes, elle a clairement contribué à stabiliser l'entomofaune du verger par son rôle de refuge pour les insectes et de brise-vent.

Références bibliographiques

ALEXANDER M.P., 1980 – A versatile stain for pollen fungi, yeast and bacteria. *Stain Technology*, 55(1), 13-18.

ANDOW D.A. & RISCH S.J., 1985 – Predation in diversified agroecosystems: relations between a coccinellid predator *Coleomegilla maculata* and its food. *J. Appl. Ecol.*, 22, 357-372.

BRIBOSIA E, BYLEMANS D., VAN IMPE G. & MIGON M., 2001 – Assessing the suitability of alternative host aphids for *Ephedrus persicae* Froggatt (*Hymenoptera: Braconidae*), the main parasitoid attacking *Dysaphis plantaginea* (Passerini) (*Homoptera: Aphididae*) in Belgian apple orchards. VIth Int. Symposium on Aphids, Rennes (France), 3-7 September 2001.

BUGG R.L. & ELLIS R.T., 1990 – Insects associated with cover crops in Massachusetts. *Biol. Agric. Hort.*, 7, 47-68.

WYSS E., 1995 – The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomol. Exp. Appl.*, 75, 43-49.

Remerciements

Cette recherche est subventionnée par le Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture de Belgique.

G. LIBOUREL
GRAB – Site Agroparc – BP 1222 – Bât B - 84911 Avignon cedex 9
Tél. : 04 90 84 01 70 – Fax : 04 90 84 00 37
arboriculture.grab@freesbee.fr

Cas particulier des vergers de poirier en basse Vallée de la Durance. Premières observations

Objectif

Inventorier les éventuels effets positifs ou négatifs des pratiques en verger, sur la biodiversité et sur la qualité de l'environnement (sol, eau,...).

Début de l'action saison 2000

Les observations réalisées

- oiseaux en 2000 et 2001,
- arthropodes aériens sur poiriers et sur les haies en 2000 et 2001,
- arthropodes de la litière par berlèse et pièges au sol en 2002,
- résidus dans le sol en 2002

Contexte général des parcelles

-Toutes situées dans une même zone pédoclimatique entre Alpilles, Durance et petite Crau.

-Sols d'alluvions calcaires de la Durance.

Les parcelles 1 et 2 sont dans une zone plus sèche où la nappe phréatique est à plus de 6 m de profondeur. Les autres parcelles ont une nappe phréatique proche à 1 m de profondeur maximum. Les parcelles 3 et 4 ont des sols de nature tourbeuse (marais drainés dans les années 50).

-Climat méditerranéen :

75 jours de pluie par an en moyenne, principalement en automne et au printemps pour 600 mm environ.

Hiver doux et sec (fortes amplitudes)

Été chaud et sec

100 jours de vent/an dominant nord sec et frais

Insolation 2000 à 2500 heures/an

Description des parcelles

Parcelle 1 : plantation est-ouest ½ ha

Nord et sud : haie de cyprès de semis et lierre dans la partie basse

Ouest : talus puis route. pruniers abandonnés sur le talus

Est : berge puis canal. Berge avec végétation spontanée. Frêne oxyphyllé, repousses d'ormes, genêts, aubépines, ronces...

Parcelle 2 : plantation nord-sud 1ha

séparée de la parcelle 1 par le canal

Nord et sud: peupliers d'Italie et lierre

Ouest et est: berge puis canal. Berge avec végétation herbacée basse

Parcelle 3 : plantation est-ouest. Parcelle très allongée 0,6 ha
Nord : haie très claire et diversifiée cyprès, frêne, lierre, hêtre, cornouiller, noyer, ronce, clématite
Sud : prairie permanente
Ouest : haie de thuya, ronces, noyer
Est : bord de route. Un grand platane. Un canal de l'autre côté de la route
A noter présence de sureaux dans le verger

Parcelle 4 : 2 ha environ. Plantation est-ouest
dans la zone au-delà du canal cité pour la parcelle 3
Nord et sud: haie de cyprès de semis non taillée, très épaisse avec ronce, lierre, clématite
Ouest : habitation
Est : noyers et merisiers épars
A noter un entretien très extensif.

Ensuite, les parcelles 5, 6 et 7 sont très proches voire contiguës

Parcelle 5 : parcelle abandonnée 0,7 ha
Nord : haie de frêne, noyer, saule, ronce, ...
Sud : haie de thuya taillés
Ouest : pommiers entretenus
Est : chemin de terre

Parcelle 6 : Plantation est-ouest 0,4 ha environ
Nord : haie de thuya taillés
Sud : route
Ouest : chemin
Est : haie jeune cyprès

Parcelle 7 : Plantation nord-sud 0,7 ha environ
Nord : haie composite très diversifiée très épaisse
Sud : cyprès de semis et lierre, et parcelle de prunier
Ouest : pommiers
Est : haie diversifiée et autres poiriers

Les premiers résultats

Au niveau ornithologique

Les 2 années d'observations ont donné toutes les deux les mêmes tendances. Le nombre d'espèces rencontrées par site varie de 8 à 22. Une autre parcelle hors réseau habituel et caricaturalement peu favorable aux oiseaux n'arrive qu'à 5 espèces.

Au niveau arthropodes aériens en 2001

Les indices de Shannon-Weaver varient dans les haies de 0,77 à 1,28, et dans les vergers de 0,47 à 1,02. (un indice plus haut signifie une situation plus équilibrée).

Au niveau des arthropodes de la litière en 2002

- pour les extractions par berlèse, le nombre de familles varie de 14 à 22 selon les parcelles.
- pour les arthropodes capturés par pièges au sol, une parcelle ressort nettement au niveau des aranéides avec aucune capture, contrairement à l'ensemble des autres parcelles.

Conclusion

Des différences très nettes apparaissent entre les parcelles. Ces différences restent difficiles à expliquer en l'absence de dispositif statistique suffisant. Mais en fonction de connaissances déjà acquises par ailleurs, des hypothèses peuvent être avancées sur l'environnement des parcelles, le mode d'entretien de la parcelle et de ses abords. Et d'ores et déjà, on peut confirmer que les pratiques agricoles ont une forte influence sur la biodiversité, même si les surfaces où elles sont appliquées peuvent paraître dérisoires.

R. H. COLLIER, S. FINCH & H. BILLIALD

Horticulture Research International
Wellesbourne
WARWICK
CV35 9EF
UK

Summary

Research has shown that the numbers of pest insects found on crop plants are reduced considerably when the background of the crop is allowed to become weedy, when the crop is intercropped with another plant species or when the crop is undersown with a living mulch, such as clover. After studying how pest insects behave in undersown brassica crops, we suggest that it is simply the number of green objects surrounding the host plants that is the major factor that prevents the pest insects from finding their host-plants. Hence, increasing plant diversity within crops should help considerably to reduce pest insect numbers.

Key words : pest, insect, brassica, undersowing, plant diversity

Résumé

Des travaux de recherche ont démontré que le nombre d'insectes nuisibles présents sur les plantes cultivées est considérablement réduit lorsque l'on permet aux mauvaises herbes de pousser parmi ces plantes, lorsque deux espèces de plantes sont semées de façon intercalée ou bien lorsque du trèfle par exemple est semé en couverture de la plante commerciale. Après avoir étudié la réaction d'insectes nuisibles sur des choux plantés avec du trèfle en couverture, nous pensons que le facteur déterminant qui empêche les insectes nuisibles de trouver leurs plantes hôtes est simplement le nombre d'objets verts qui entoure la plante hôte. Ainsi, accroître la diversité des plantes parmi une culture donnée devrait considérablement réduire le nombre d'insectes nuisibles.

Mots clefs : insecte nuisible, Brassicacées, semis de couverture, diversité des cultures

Introduction

De nombreuses recherches ont montré, que le nombre d'espèces d'insectes ravageurs est considérablement réduit lorsqu'on laisse se développer la flore spontanée, lorsqu'une culture secondaire d'une espèce différente est intercalée avec la culture principale, et/ou lorsqu'une plante de couverture est implantée.

Exemples de ces effets sur les cultures maraîchères :

- influence du trèfle en couverture sur la quantité de ravageurs sur des cultures de choux (Theunissen *et al.*, 1995)
- utilisation du trèfle pour réduire les populations de *Thrips tabaci* sur poireau (Theunissen & Schelling, 1996)
- utilisation de la flore spontanée pour réduire la colonisation des betterave rouges par les pucerons (Wnuk & Poboziak, 1999)

Matériels et méthodes

Des expérimentations au laboratoire et au champ, ont été mises en place pour déterminer comment la présence d'une plante de couverture comme le trèfle (*Trifolium subterraneum*), avec des cultures du genre *Brassica* (choux, choux-fleur, choux de Bruxelles et de Chine) peut affecter le choix de la plante hôte par 8 espèces de ravageurs des Brassicacées. Pour chaque essai, on donne aux insectes le choix entre une culture de chou avec une couverture de trèfle et une culture de chou avec un sol nu. Plus de détails sur cette expérience sont donnés dans Finch & Kienegger (1997).

Une seconde série d'expérimentations en laboratoire et au champ, a été mise en place afin de déterminer les effets sur les pontes de la mouche du chou (*Delia radicum*) de la présence dans l'environnement immédiat des choux de plantes autres que le trèfle. Un ensemble de 24 « plantes compagnes » a ainsi été testé :

- des plantes de couverture avec différents types de port et de couleurs de feuilles
- des adventices
- des plantes aromatiques comme les tagetes, le cumin, la menthe, l'oignon, la sauge et le thym

Résultats

Les résultats des essais avec le trèfle en couverture montrent que ses effets sont les mêmes sur les 8 espèces de ravageurs testés alors même qu'ils appartiennent à des ordres différents (diptères, coléoptères, lépidoptères, pucerons) voir tableau n°1 (Finch & Kienegger, 1997). Les effets sont les mêmes lorsque l'on entoure les plants de chou de papier vert ou de plantes en carton vert. Aucun de ces dispositifs ne dégageait d'extraits chimiques de plantes (Kostals & Finch, 1994). Il semble donc que la perturbation de la sélection des plantes cultivées par les ravageurs soit simplement causée par la grande quantité de surfaces vertes disponibles pour les insectes, qui ont ainsi moins de chance d'atterrir sur une plante cultivée

Tableau 1 : Pourcentage de réduction du nombre d'œufs déposés sur différents types de choux avec une couverture de trèfle, comparé à la même culture mais avec un sol nu

Espèces d'insectes	Ordre	Culture	Pourcentage de réduction du nombre d'œufs avec la présence d'un trèfle en couverture
Brevicoryne brassicae*	Hémiptère	Choux vert	95 78
<i>Delia radicum</i>	Diptère	Choux de Bruxelles	69 85
<i>Evergestris forficalis</i>	Lépidoptère	Choux de Bruxelles	65
<i>Mamestra brassicae</i>	Lépidoptère	Choux de Bruxelles	94
<i>Phaedon cochleariae</i>	Coléoptère	Choux chinois, Choux de Bruxelles	80 95 85 81 96
<i>Plutella xylostella</i>	Lépidoptère	Choux de Bruxelles	46 30
		Choux vert	47 42
<i>Pieris brassicae</i>	Lépidoptère	Choux fleur	100 92
		Choux de Bruxelles	71
		Choux vert	100

La seconde série d'essais sur la mouche du chou, montre que :

- 20 plantes sur 24 perturbent la mouche dans sa recherche de la plante hôte (les choux).
- Les plantes aromatiques n'ont pas plus d'effet perturbateur que les autres plantes non-hôtes.
- Lorsque la hauteur des plantes à proximité des choux augmente, le nombre d'œufs déposés sur les plantes-hôtes diminue.

Les observations en laboratoire montrent que les adultes de mouches se posent indifféremment sur les plantes aromatiques et sur les plantes-hôtes. On peut donc dire que l'effet perturbateur observé par la présence de plantes compagnes n'est pas dû à l'effet dissuasif d'éléments chimiques présents dans les plantes. Des observations directes montrent également que les femelles des mouches stationnent plus longtemps sur les feuilles des plantes non-hôtes que sur celles des plantes-hôtes.

Discussion

Nos observations conduisent à suggérer que la sélection des plantes-hôtes par les insectes s'effectue de la façon suivante :

- les odeurs de plantes stimulent la recherche par l'insecte d'une plante où se poser.
- Les insectes se posent sur n'importe quel objet vert (ils évitent les objets brun tels le sol nu –Kostal & Finch, 1994). Ils ne tiennent pas compte des odeurs ou des nuances de vert différentes des plantes-hôtes et non hôtes. Les insectes se posent donc aléatoirement soit sur une plante hôte (propice à la ponte), soit sur une plante non hôte (non propice à la ponte) (Finch & Collier, 2000). Les insectes qui se sont posés sur une plante non hôte, quittent cette plante et recommencent le processus ou bien s'en vont.
- Une fois que les insectes se sont posés sur une plante-hôte, ils testent si celle-ci est appropriée grâce à des récepteurs chimiques placés sur leur pattes et au niveau de leur appareil buccal.

Lors d'une expérimentation, sur 100 atterrissages sur une plante effectués par une femelle de mouche du chou, 36 ont abouti au dépôt d'œufs sur la plante-hôte lorsque celle ci était entourée par un sol nu et seulement 7 lorsqu'elle était entourée par des plantes non hôtes (graminées). (Kostal & Finch, 1994).

Dans nos essais, le nombre d'insectes ravageurs trouvés sur les plantes cultivées s'est trouvé d'autant plus réduit que la diversité de plantes non-hôtes dans leur environnement était importante. Ceci confirme les résultats déjà obtenus dans des études antérieures. Il a été suggéré que la présence des plantes non-hôtes dans l'environnement immédiat des plantes cultivées perturbait l'installation des ravageurs, pour plusieurs raisons :

- barrière physique
- obstruction visuelle
- substances chimiques « masquant » l'odeur des plantes hôtes
- substances chimiques dissuasives
- modification de la physiologie des plantes-hôtes

D'autres auteurs ont suggéré qu'il y avait plus de ravageurs dans les zones de monoculture en raison de la « concentration élevée » de plantes-hôtes, et moins dans les zones des cultures plus diversifiées parce qu'elle abritent un nombre important d'auxiliaires prédateurs des ravageurs. Ces différentes théories sont détaillées dans Finch & Collier 2000. Notre théorie de l'atterrissage propice ou non, dit que c'est seulement le nombre d'objets verts dans l'environnement de la plante-hôte qui réduit les attaques des insectes ravageurs.

D'un point de vue de la protection des cultures, plus les plantes non hôtes sont rares dans la zone de culture, plus les chances pour le ravageur de « tomber » sur une plante hôte sont importantes. D'où nos problèmes actuels de maîtrise des ravageurs. En effet, les méthodes de culture favorisent la présence de « sols nus » et exposent donc les plantes cultivées à un risque maximum d'attaque par les ravageurs. Puisque notre théorie indique que c'est juste le nombre d'objets verts présents à proximité des cultures qui permet de réduire l'installation des ravageurs, il est nécessaire de mettre en place de nouvelles études afin de déterminer pour un culture donnée, le type de port (architecture) des plantes de l'environnement les plus propices pour réduire les attaques d'insectes. En plus de déterminer les espèces de plantes

compagnes les plus propices, un travail de recherche devra également être fait pour sélectionner des plantes compagnes ayant un impact le plus faible possible sur les rendements de la culture.

Il y a aussi un besoin d'obtenir plus de connaissance sur l'utilisation des plantes compagnes, pratiques fréquemment utilisées par les maraîchers biologiques. Il avait jusqu'ici toujours été admis que les insectes phytophages, qui se posaient sur les plantes aromatiques, les trouvaient non comestibles et partaient ailleurs. C'est l'interprétation classique des maraîchers biologiques sur les plantes compagnes. Par exemple, les oignons, et les tagètes, choisis en raison de leur forte odeur, sont intercalés avec la culture afin de repousser les ravageurs comme la mouche de la carotte. Nos résultats ont montrés que l'oignon et les tagètes perturbaient la recherche de la plante hôte uniquement parce qu'ils sont verts. La perturbation n'est due ni à leur odeur, ni à leur goût. Sur les 24 plantes testées, les plantes aromatiques (cumin, tagète, menthe, oignon, sauge et thym) ne sont pas plus perturbatrices que les plantes non aromatiques. D'un point de vue pratique, les maraîchers peuvent utiliser n'importe quelle plante non-hôte, pour détourner les ravageurs de leurs cultures.

Notre théorie explique aussi pourquoi, les plantes-hôtes sauvages sont très rarement détruites par les ravageurs lorsqu'elles sont environnées de végétation naturelle. De futures recherches sont nécessaires pour déterminer quelle proportion d'une population d'insectes ravageurs se développe sur les plantes-hôtes sauvages et si de telles plantes constituent ce qu'on appelle un « pont vert » et fournissent un refuge pour les ravageurs qui ensuite retourneront sur la plante hôte cultivée.

Si ce n'est pas le cas ou si le nombre des plantes-hôtes sauvages est faible, alors il devrait être possible de contrôler certains ravageurs en faisant pousser les nouvelles cultures et les plus anciennes suffisamment loin pour « isoler effectivement » la nouvelle culture d'une infestation précoce.

Un travail supplémentaire devra également être fait pour déterminer si l'atterrissage propice ou non influence la distribution globale des parasitoïdes des ravageurs. L'expérience simple de Richard (1940), dans laquelle il place des choux infestés par les larves du papillon *Pieris rapae*, dans une situation de sol nu d'une part et dans une haie d'autre part, a montré clairement que le parasitoïde spécifique *Apanteles rubecula* était défavorisé lorsque les plantes sur lesquelles se nourrissent son insecte-hôte sont placées dans un milieu diversifié. Des travaux complémentaires doivent être menés sur d'autres parasitoïdes afin de déterminer si ceci est un phénomène général. Si c'est le cas, alors les suggestions de plusieurs chercheurs selon lesquels un milieu diversifié est défavorable aux ravageurs mais pas à leurs parasitoïdes justifiera des études plus approfondies.

Ainsi en plaçant des plantes infestées par des ravageurs en situation de sol nu et de milieux divers il devrait être relativement facile de montrer si la prédation est plus élevée sur les plantes environnées de plantes non-hôtes ou sur celles entourées de sol nu. Il devrait également être facile dans des conditions « au champ » en utilisant la méthode de marquage / recapture, de montrer si les prédateurs relâchés vont se localiser plutôt près des plants de choux poussant sur sol nu ou plutôt près de ceux poussant dans des milieux diversifiés.

Un travail comparable doit être fait sur d'autres espèces clés de ravageurs des choux et aussi sur d'autres cultures afin de vérifier si notre théorie est aussi robuste que nous le pensons. La suite logique voudrait que l'on détermine si notre théorie s'applique aussi à des plantes-hôtes sélectionnées par :

- des insectes polyphages qui se nourrissent sur une gamme large mais sélectionnée d'espèces
- des insectes spécialistes qui se nourrissent sur des plantes d'une autre famille que les Brassicacées.

Remerciements

Nous remercions le Département de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales pour avoir soutenu notre travail. Nous remercions aussi Vladimir Kostal, Manuela Kienegger et Marian Elliott pour leur aide lors des expérimentations.

Bibliographie

- Finch, S. & Kienegger, M., 1997 - A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 84, 165-172.
- Finch, S. & Collier, R.H., 2000 – Host-plant selection by insects – a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96, 91-102.
- Kostal, V. & Finch, S., 1994 - Influence of background on host-plant selection and subsequent oviposition by the cabbage root fly (*Delia radicum*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 70, 153-163.
- Richards, O.W., 1940 - The biology of the small white butterfly (*Pieris rapae*) with special reference to the factors controlling its abundance. *Journal of Animal Ecology* 9, 243-288.
- Theunissen, J. & Schelling, G., 1996 - Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management* 42, 227-234.
- Theunissen, J., Booij C.J.H. & Lotz, L.A.P., 1995 - Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 74, 7-16.
- Wnuk, A. & Pobożniak, M., 1999 - Influence of weeds on occurrence of bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) and aphidophagous (*Syrphidae*) on red beet (*Beta vulgaris* L.). *Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture, Horticulture and Vegetable Growing* 18, 266-275.

EFFETS DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE SUR LA BIODIVERSITE ENTOMOLOGIQUE EN CAROTTES DE PLEIN CHAMP
--

P. COLIGNON, C. GASPAR ET F. FRANCIS

Unité de Zoologie générale et appliquée,
Faculté universitaire des Sciences agronomiques,
Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux

Résumé

En Hesbaye (Belgique), le contrôle des populations aphidiennes constitue un des problèmes phytosanitaires majeurs en culture de carottes. La lutte intégrée est basée sur la réduction des applications de pesticides mais également sur l'utilisation de la faune utile. Afin de déterminer la diversité entomologique liée aux abords des champs, un inventaire de l'entomofaune a été réalisé dans 13 champs de carottes. L'effet de trois types d'environnement a été étudié : cultures, jachères et terrains boisés. Au total, plus de 190.000 insectes appartenant à 133 familles ont été capturés à l'aide de « bacs jaunes ». Si le type d'environnement n'a pas d'effet marqué sur la diversité entomologique des parcelles, la densité et l'abondance des auxiliaires et des ravageurs est significativement influencée. Ainsi, les zones boisées favorisent une densité de peuplement élevée et l'abondance des *Aphididae* et des *Syrphidae*. Les parcelles bordées de jachères sont les plus riches en *Coccinellidae* tandis que diverses familles de ravageurs, dont les *Elateridae*, sont plus présentes à proximité de « l'environnement cultures ». Ces résultats sont présentés dans le cadre du développement de stratégies de lutte intégrée en maraîchage utilisant l'entomofaune utile naturellement présente.

Mots-clés : carotte, entomofaune, environnement proche, biodiversité, lutte intégrée.

Abstract

Aphid control is one of the major pest problems for carrot growers in « Hesbaye » (Belgium). Integrated pest management (I.P.M), is based on pesticide sprayings reduction but also on beneficial population manipulations. A broad inventory was undertaken in 13 carrot fields to assess the entomological diversity is related to field margins. Three kinds of environment were studied : crops, set-asides and woody areas. More than 190.000 insects belonging to 133 families were trapped using « yellow traps ». Our results showed that closed environment did not greatly influence diversity but has an impact on beneficial and pest density. Woody areas favoured a high insect density and enhance aphid and syrphid populations. Set-asides borders increased coccinellid presence while some pest families were more abundant in fields surrounded by crops. Results are discussed in relation to new I.P.M. strategy in vegetable open fields.

Introduction

Depuis une décennie, l'implantation des cultures maraîchères dans les rotations est en plein essor en Wallonie (moitié sud de la Belgique). Or, les produits horticoles doivent répondre à des normes sévères de qualité, notamment en ce qui concerne les limites maximales de résidus de pesticides. La lutte intégrée permet de réduire le nombre d'interventions chimiques et de produire des denrées saines respectant les normes établies. Parmi ces nouvelles spéculations, la culture de carotte de plein champ tient une place de premier rang. Dans la région agricole considérée, la très faible pression parasitaire de la mouche de la carotte (*Psila rosae* Fab.) observée depuis quelques années pourrait laisser entrevoir l'éventualité d'un non traitement. Néanmoins, les faits prouvent que la lutte contre les ennemis aphidiens nécessite de poursuivre certaines interventions phytosanitaires, principalement en début de saison. Après la levée des jeunes carottes, les premières semaines de croissance constituent une période critique pendant laquelle de nombreuses espèces de pucerons sont susceptibles d'infester la culture et de causer des dégâts importants. Si l'effet de la présence de zones semi-naturelles dans le paysage agricole sur l'abondance et la diversité de certains auxiliaires ou ravageurs est relativement bien étudié (COWGILL, 1993 ; WYSS, 1996 ; ALLEN-WARDELL, 1999), les données concernant l'impact de l'environnement des champs sur la majorité des espèces peuplant les cultures restent fragmentaires. Pourtant, haies, bosquets, jachères et friches sont reconnus depuis longtemps pour abriter une riche entomofaune dont nombre d'espèces participent activement à l'agro-écosystème et contribuent au potentiel d'autorégulation des populations de ravageurs des cultures (POLLARD, 1968). Aussi, la biodiversité des agro-écosystèmes peut être séparée en deux composantes : la biodiversité liée à la culture et la biodiversité « associée » qui regroupe l'ensemble des organismes vivants colonisant l'agro-écosystème à partir de l'environnement proche (VANDERMEER et PERFECTO, 1995). L'étude de la biodiversité entomologique de « l'agro-écosystème carottes » et de l'effet de l'environnement proche sur la biodiversité entomologique des parcelles représente une part importante de notre projet visant à évaluer et utiliser l'entomofaune utile présente en culture de carottes de plein champ.

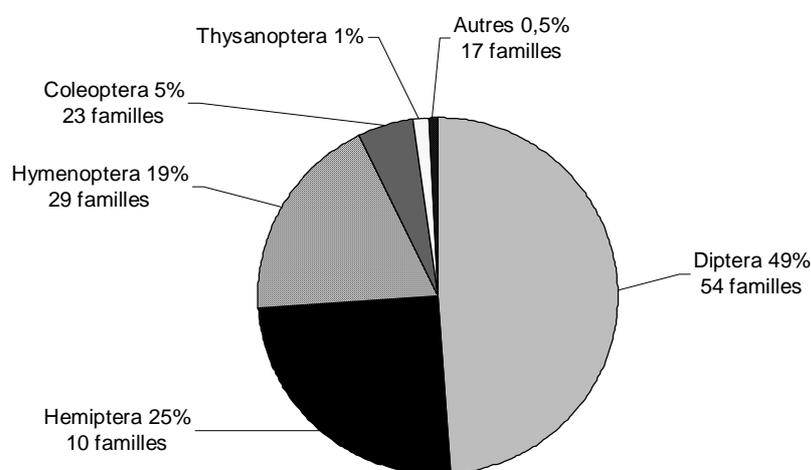
Matériel et méthode

Cette étude fut conduite dans treize champs de carottes situés entre Hannut et Waremme. Ceux-ci furent sélectionnés en fonction du type de végétation présente dans leur environnement immédiat. Ainsi, trois types de milieux les plus fréquemment rencontrés à proximité des terrains agricoles en Hesbaye furent sélectionnés : cultures (huit champs) , jachères ou friches (trois champs) , bois ou bosquets (deux champs). La dénomination « jachères ou friches » correspondait à un environnement dominé par une végétation herbacée où cohabitent un petit nombre de *Poaceae* (ray-grass, houlque, fromental) et de *Fabaceae* des sol riches. Dans chaque champ, les insectes furent capturés à l'aide d'un dispositif expérimental constitué de six pièges colorés jaunes remplis avec une solution de « teepol » (0,1% vol.) et disposés en deux triangles équilatéraux de un mètre de côté. Les pièges furent relevés hebdomadairement. La période de piégeage s'étala sur l'ensemble de la saison de culture, soit 20 semaines (du 02 mai au 19 septembre 2000). Les insectes collectés furent déterminés au laboratoire jusqu'au niveau taxonomique de la famille, exception faite des Thysanoptères (déterminés à l'ordre). Le traitement statistique des données et les diverses analyses de variance furent réalisés à l'aide du logiciel MINITAB version 12.2 après la transformation de variable $y = \log(x+1)$ nécessaire pour stabiliser les variances et normaliser les données. La richesse des peuplements entomologiques des champs étudiés fut en partie analysée grâce à l'indice d'équitabilité « E » de *Shannon* (DAGET, 1976) qui tend vers zéro lorsqu'un taxon domine largement le peuplement et vaut un lorsque tous les taxons ont la même abondance.

Résultats : diversité entomologique des champs de carottes

Pendant les 20 semaines de piégeage, 190.624 insectes représentant 12 ordres et 133 familles furent collectés dans l'ensemble des treize champs. 187.178 d'entre-eux, soit plus de 98 %, appartenaient à 59 familles tandis que les 74 autres familles ne totalisaient que 1039 individus (tableau en annexe I). Les Diptères (92.968 individus) dominèrent largement les autres ordres (figure 1) ; vinrent ensuite les Hémiptères (47.631 indiv.), les Hyménoptères (36.030 indiv.), les Coléoptères (9.910 indiv.), les Thysanoptères (2.407 indiv.) et les Lépidoptères (1.299 indiv.). Par ordre d'importance, Névroptères, Mécoptères, Epheméroptères, Orthoptères, Odonatoptères et Blattoptères ne totalisèrent que 374 individus.

Figure 1 - Répartition des insectes capturés en fonction de leur ordre
(Distribution of caught insects according to their order)



Procédant d'une démarche similaire à celle qui consiste à regrouper les espèces relevant d'un écosystème au sein de guildes, nous avons tenté de former des ensembles de familles exploitant les mêmes ressources. Huit grands ensembles furent identifiés parmi les 133 familles recensées (tableau I). Notons la forte représentation des « phytophages piqueurs suceurs », le groupe le plus imposant avec 25 % du total des captures. Parmi les phytophages broyeurs, six familles d'importance agronomique (*Noctuidae*, *Curculionidae*, *Tipulidae*, *Tenthredinidae*, *Bibionidae* et *Chrysomelidae*) comptèrent pour plus de 88 % des effectifs capturés ; la seule famille des *Tenthredinidae* représentant 58 % du groupe. La plus grande diversité en terme de familles fut observée dans le groupe des parasites et parasitoïdes bien qu'ils ne représentèrent que 7 % du total des captures. A l'opposé, les phytophages piqueurs suceurs ne se répartirent qu'entre cinq familles, ce qui en fit le groupe le moins diversifié. En ce qui concerne l'entomofaune utile, *Braconidae* (6237 indiv.), *Pteromalidae* (4970 indiv.), *Ichneumonidae* (3665 indiv.) et *Cynipidae* (3531 indiv.) représentèrent plus des quatre cinquièmes des parasites et parasitoïdes. Les aphidiphages furent largement dominés par les *Syrphidae* (77 %), puis vinrent les *Braconidae* (11 %), les *Coccinellidae* (5 %) et les *Chrysopidae* (2 %). Les saprophages et fungivores furent dominés par les *Drosophilidae* (49 % des captures) alors que les *Calliphoridae* et les *Muscidae* comptabilisèrent respectivement 44 % et 26 % des nécrophages et coprophages. Enfin, avec 23.776 individus capturés, les *Anthomyiidae* représentèrent 80 % des floricoles et pollinisateurs.

Tableau I - Effectifs et nombre de familles entomologiques regroupées en fonction de leur mode de vie ou de nutrition
(Insects and family numbers grouped according to the feeding and living behaviour)

	Effectifs	Proportion relative	Nombre de familles
Parasites & parasitoïdes	20160	11%	29
Aphidiphages	13291	7 %	6
Prédateurs polyphages	8492	5 %	25
Phytophages piqueurs suceurs	46545	25 %	5
Saprophages & fungivores	24473	13 %	19
Phytophages broyeurs	22682	12 %	22
Nécrophages & coprophages	21968	11 %	10
Floricoles et pollinisateurs	29654	16 %	19
Total	188217*	100 %	135

Les syrphes furent déterminés jusqu'à l'espèce (FRANCIS et al., 2001), ce qui permit de séparer la sous-famille des *Eristalinae* (larves aquatiques et détritiphages) des autres espèces recensées (larves aphidiphages) ; les *Syrphidae* sont donc présents à la fois dans le groupe des « prédateurs aphidiphages » et dans les saprophages & fungivores. De même, les *Braconidae* apparaissent dans les prédateurs aphidiphages et les parasites-parasitoïdes car la sous-famille des *Aphidiinae* fut distinguée du reste des *Braconidae* en raison de son mode de vie particulier (espèces parasitoïdes de pucerons).

(*) la différence par rapport au total présenté plus haut dans le paragraphe correspond aux captures de Thysanoptères (non prises en compte ici)

Résultats : effets de l'environnement sur la densité et la diversité entomologique

Sur l'ensemble de la saison, le nombre moyen d'insectes par piège fut significativement plus élevé ($0,001 < P < 0,017$; $2,73 < T < 4,07$) dans les pièges des champs situés à proximité de zones boisées (159 insectes/piège) que dans ceux situés à proximité de jachères ou de friches (131 insectes/pièges) et des cultures (126 insectes/piège). En revanche, aucune différence significative ($P = 0,357$; $T = 1,369$) ne fut observée entre l'environnement « cultures » et l'environnement « jachères ou friches ». En ce qui concerne le nombre moyen de familles présentes dans les pièges, aucun effet significatif ($0,588 < P < 0,974$; $0,21 < T < 0,98$) de l'environnement des parcelles ne put être mis en évidence ; même si le nombre total de familles représentées dans les pièges des champs entourés de cultures (126 familles) est nettement plus important que dans les pièges des champs entourés de bosquets ou de jachères (respectivement 102 et 103 familles).

Résultats : effets de l'environnement sur la structure et la composition des peuplements d'insectes

L'indice d'équitabilité « E » fut relativement semblable pour les trois variantes du facteur environnement (cultures : $E = 0,62$; bois ou bosquet : $E = 0,65$; jachères ou friches : $E = 0,67$). Seules 70 familles étaient représentées en nombre suffisant pour pouvoir interpréter correctement les résultats statistiques. Le type d'environnement modifia significativement l'abondance de 26 de ces familles (tableau II). Ainsi, les pièges des parcelles situées à proximité de zones boisées furent significativement plus riches en *Dolichopodidae*, en *Staphylinidae*, en *Calliphoridae*, en *Sarcophagidae*, en *Tipulidae*, en *Sphecidae* et en *Silphidae*. *Noctuidae*, *Sciaridae* et *Cynipidae* furent piégés en plus grand nombre dans les champs bordés de jachères ou de friches tandis que les captures de *Psychodidae* furent significativement plus importantes dans les champs entourés de cultures. Bien qu'aucune différence significative ne pu être mise en évidence ($0,108 < P < 0,903$; $0,43 < T < 2,02$), l'environnement boisé apparaît le plus favorable aux *Aphididae*. L'environnement proche

affecte également les principales familles d'utiles. La densité des populations de *Syrphidae* fut plus importante à proximité des zones boisées alors que dans ces mêmes parcelles les *Chrysopidae* furent significativement ($0,016 < P < 0,027$; $2,57 < T < 2,75$) plus rares. En outre, les jachères ou les friches semblent favoriser les *Coccinellidae*, tandis que les *Braconidae* furent relativement plus abondants dans les champs entourés de cultures.

Tableau II - Nombre moyen d'insectes capturés par piège et par semaine et écart type (Mean of caught Insect number by trap and by week and standard deviation)

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($\alpha = 5\%$)

Famille	Env. bois ou bosquet	Env. jachères ou friches	Env. cultures	F	P
Aphididae	36,21 ± 166,12 (a)	20,24 ± 109,95 (a)	33,06 ± 155,37 (a)	2,22	0,109
<i>Cicadellidae</i>	0,97 ± 2,18 (a)	0,39 ± 1,04 (b)	0,81 ± 2,47 (a)	6,63	0,001
<i>Chrysopidae</i>	0,06 ± 0,24 (a)	0,19 ± 0,35 (b)	0,17 ± 0,51 (b)	4,06	0,017
<i>Noctuidae</i>	0,23 ± 0,55 (a)	0,93 ± 1,44 (b)	0,72 ± 1,00 (c)	21,89	< 0,001
<i>Syrphidae</i>	9,84 ± 13,68 (a)	7,22 ± 18,36 (b)	8,51 ± 15,71 (a)	8,19	< 0,001
<i>Cecidomyiidae</i>	0,39 ± 1,08 (a)	0,70 ± 1,43 (b)	0,75 ± 1,62 (b)	5,52	0,004
<i>Dolichopodidae</i>	1,92 ± 4,66 (a)	0,39 ± 0,96 (b)	0,47 ± 1,32 (b)	38,08	< 0,001
<i>Empididae</i>	3,51 ± 4,61 (a)	3,54 ± 4,15 (a)	2,70 ± 3,22 (b)	4,43	0,012
<i>Staphylinidae</i>	5,54 ± 3,83 (a)	0,61 ± 1,45 (b)	0,70 ± 1,56 (b)	12,89	< 0,000
<i>Coccinellidae</i>	0,26 ± 0,66 (a)	0,66 ± 2,10 (b)	0,45 ± 1,43 (a) (b)	3,10	0,045
<i>Anthomyiidae</i>	18,93 ± 23,31 (a)	18,88 ± 27,57 (a)	15,27 ± 25,92 (b)	9,36	< 0,001
<i>Muscidae</i>	6,84 ± 12,87 (a)	4,81 ± 9,56 (a)	3,32 ± 6,84 (b)	13,02	< 0,001
<i>Calliphoridae</i>	13,04 ± 17,66 (a)	7,07 ± 9,51 (b)	5,68 ± 7,80 (b)	20,54	< 0,001
<i>Sarcophagidae</i>	2,89 ± 6,88 (a)	0,81 ± 2,81 (b)	0,61 ± 2,18 (b)	21,22	< 0,001
<i>Lonchopteridae</i>	0,53 ± 0,99 (a)	0,69 ± 1,57 (a) (b)	0,81 ± 1,42 (b)	3,91	0,020
<i>Phoridae</i>	0,98 ± 1,55 (a)	1,87 ± 2,71 (b)	1,84 ± 3,51 (b)	6,18	0,002
<i>Psychodidae</i>	0,41 ± 1,28 (a)	0,50 ± 1,40 (a)	1,18 ± 5,87 (b)	7,71	< 0,001
<i>Sciaridae</i>	1,72 ± 4,11 (a)	2,89 ± 4,08 (b)	2,38 ± 5,57 (c)	9,93	< 0,001
<i>Sepsidae</i>	1,53 ± 2,11 (a)	1,93 ± 3,10 (a)	1,49 ± 2,92 (b)	4,42	0,012
<i>Tipulidae</i>	0,80 ± 1,41 (a)	0,58 ± 2,80 (b)	0,46 ± 1,06 (b)	6,79	< 0,001
<i>Braconidae</i>	2,49 ± 5,91 (a)	2,78 ± 4,92 (a) (b)	3,71 ± 8,19 (b)	4,05	0,018
<i>Ceraphronidae</i>	0,08 ± 0,31 (a)	0,16 ± 0,63 (a) (b)	0,17 ± 0,46 (b)	3,15	0,043
<i>Cynipidae</i>	1,12 ± 1,74 (a)	3,80 ± 10,29 (b)	2,22 ± 5,72 (c)	11,49	< 0,001
<i>Sphecidae</i>	0,27 ± 0,66 (a)	0,09 ± 0,33 (b)	0,09 ± 0,40 (b)	13,86	< 0,001
<i>Elateridae</i>	0,08 ± 0,31 (a)	0,42 ± 1,44 (b)	0,59 ± 3,40 (b)	5,56	0,004
<i>Nitidulidae</i>	0,08 ± 2,45 (a)	0,84 ± 1,92 (b)	0,54 ± 1,36 (b)	5,47	0,004
<i>Silphidae</i>	0,11 ± 0,43 (a)	0,03 ± 0,23 (b)	0,05 ± 0,44 (b)	3,52	0,030

Discussion

La diversité d'un peuplement revêt au moins deux aspects. Le premier correspond au nombre de taxons présents, généralement des espèces. Mais, la richesse en taxon d'un peuplement n'est qu'une mesure imparfaite de la diversité et ne tient pas compte de l'autre aspect de la diversité que constitue l'importance numérique de chaque taxon. Divers outils mathématiques furent proposés pour tenter d'évaluer cet aspect de la diversité. L'indice d'équitabilité « E » de *Shannon*, basé sur la théorie de l'information, est le plus communément utilisé. Le calcul de cet indice basé sur les 133 familles recensées dans nos champs expérimentaux donne des résultats très proches variant entre 0,62 et 0,67, caractéristiques de peuplements moyennement homogènes et relativement mal équilibrés (DAGET, 1976). L'agro-écosystème « carottes de plein champ » possède donc les (E compris entre 0,4 et 0,7) d'un milieu relativement peu diversifié soumis à des facteurs contraignants (BARTLETT et al., 1973). L'environnement ne modifie pas fondamentalement la structure générale du peuplement entomologique des parcelles car l'indice d'équitabilité E est très semblable pour les trois variantes du facteur environnement, ce qui traduit un même type de répartition des individus entre les familles. Ces faibles différences indiquent néanmoins que la présence de jachères ou de friches et de zones boisées favorise un peuplement plus équilibré et plus diversifié en dépit d'un nombre total de familles

répertoriées inférieure qui ne s'explique que par la différence de taille des échantillons. Ainsi, en accord avec les observations en culture céréalière, les jachères à ray-grass dans l'environnement immédiat des champs de fèves accroissent la diversité entomologique (THOMAS et al., 1998). Par contre, si la diversité n'est pas significativement affectée par la proximité de zones boisées, ce type d'environnement engendre une densité de peuplement plus forte due, pour une grande part, à une présence nettement accrue de quelques familles dont les *Staphylinidae* (famille liée au milieu forestier) et les *Aphididae*. La présence massive de représentants de la famille des *Aphididae* peut s'expliquer par l'attrait de *Cavariella aegopodii* Scop pour les diverses *Salicaceae* prospérant dans les bois et les bosquets jouxtant les champs investigués. Cette espèce dioécique nuisible aux ombellifères représente plus de quatre-vingt-dix pour cents des captures d'*Aphididae*. De plus, l'environnement proche modifie significativement l'abondance de nombreuses familles présentes dans les parcelles de carottes. Ainsi, les zones semi-naturelles entourant les champs constituent des lieux d'attraction pour certaines familles (jachères et friches pour les *Chrysopidae*, les *Coccinellidae*) ou de refuge pour d'autres (bosquets pour les *Staphylinidae*, les *Cicadellidae*, les *Dolichopodidae*). Parmi l'ensemble des familles renfermant des espèces aphidiphages, les *Syrphidae* tiennent une place prépondérante dans les champs investigués (les *Syrphidae* aphidiphages représentant 91% des captures). Ces données mettent en lumière l'importance du rôle des syrphes aphidiphages dans le contrôle naturel des populations de pucerons. Ainsi, la présence de zones boisées favorables aux syrphes dans l'environnement des champs de carottes pourrait être souhaitable si, par ailleurs, ces milieux ne servaient pas de refuge à *C. aegopodii*. En effet, c'est dans les parcelles bordées de jachères ou de friches que le ratio pucerons / *Syrphidae* est le plus favorable (2,81). Ce même rapport est seulement de 3,66 pour les parcelles bordées de bois ou de bosquets et de 3,87 pour les parcelles entourées de cultures.

Nos résultats montrent que l'environnement proche agit tant sur la densité entomologique que sur l'abondance de nombreux taxons peuplant les champs de carottes. L'effet de l'environnement se marque également sur l'abondance des principales familles d'auxiliaires et de ravageurs d'importance agronomique. Il serait dès lors pertinent d'intégrer le facteur environnement proche dans la conception et la mise en œuvre de programmes de lutte intégrée en culture de carottes de plein champ. Une telle démarche constituerait un premier pas dans le sens d'une future stratégie de lutte intégrée. Une première piste proposée serait d'instaurer un léger décalage du semis dans la saison. Cette mesure permettrait éviter le pic d'infestation printanier de *C. aegopodii* comme ce fut le cas pendant la saison 2001 où les intempéries retardèrent l'implantation de la culture de trois semaines. Il serait également opportun de revoir la composition floristique des jachères et d'y introduire d'avantage de mellifères de façon à favoriser la présence des syrphides. Si l'introduction massive d'auxiliaires est inenvisageable actuellement, la gestion de l'environnement des cultures est un moyen peu coûteux de favoriser le contrôle biologique en cultures maraîchères de plein champ.

Remerciements

Cette étude fait partie d'un projet de recherche subventionné par le Ministère wallon de l'Agriculture (convention 2585) en collaboration avec les Services agricoles de la Province de Liège et le Centre Maraîcher de Hesbaye.

Références bibliographiques

ALLEN-WARDELL, G. et al., 1999 - The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12, 8-17.

BARTLETT, M.S. & HIORNS, R.W., 1973 - *The mathematical theory of the dynamics of biological populations*. Academic press. London and New York.

COWGILL, S.E. , WRATTEN, S.D. & SOTHERTON, N.W., 1993 - The effect of weeds on the numbers of hoverfly (Diptera : Syrphidae) adults and the distribution and composition of their eggs in winter wheat. *Ann. appl. Biol.* 123, 499-515.

DAGET J., 1976 - *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson. Paris.

FRANCIS F., COLIGNON P., GASPAR C., 2001 - Hoverfly diversity and abundance in vegetable agro-ecosystems : effect of the closed environment on beneficial species. *Agriculture, Ecosystems & Environment (in press)*.

THOMAS C.F. & MARSHALL E.J., 1999 - Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environnement* 72, 131-144.

VANDERMEER, J. & PERFECTO, I. , 1995 - *Breakfast of biodiversity : the truth about rainforest destruction*. Food First Books, Oakland.

WYSS, E., 1996 - The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 60, 47-59.

Annexe I - Totaux capturés par famille au cours de la campagne de piégeage
(Total number per family of collected insects)

Effectifs	Effectifs	Effectifs
HEMIPTERA	DIPTERA	HYMENOPTERA
<i>Aphididae</i> 43245	<i>Tephritidae</i> 176	<i>Torymidae</i> 15
<i>Psyllidae</i> 2214	<i>Opomyzidae</i> 114	<i>Perilampidae</i> 8
<i>Cicadellidae</i> 1036	<i>Agromyzidae</i> 84	<i>Figitidae</i> 3
<i>Miridae</i> 928	<i>Rhagionidae</i> 68	<i>Eucharitidae</i> 2
<i>Anthocoridae</i> 136	<i>Ephydriidae</i> 54	<i>Melitidae</i> 2
<i>Cercopidae</i> 42	<i>Anisopodidae</i> 48	<i>Evaniidae</i> 1
<i>Nabiidae</i> 20	<i>Coelopidae</i> 46	<i>Encyrtidae</i> 1
<i>Pentatomidae</i> 8	<i>Psilidae</i> 45	<i>Megaspilidae</i> 1
<i>Lygaeidae</i> 1	<i>Heleomyzidae</i> 42	<i>Aulacidae</i> 1
<i>Reduviidae</i> 1	<i>Culicidae</i> 30	<i>Heloridae</i> 1
NEUROPTERA	<i>Dixiidae</i> 14	<i>Chalcididae</i> 1
<i>Chrysopidae</i> 234	<i>Lauxaniidae</i> 12	COLEOPTERA
<i>Hemerobiidae</i> 48	<i>Sphaeroceridae</i> 11	<i>Chrysomelidae</i> 3524
LEPIDOPTERA	<i>Tachinidae</i> 11	<i>Staphilinidae</i> 1734
<i>Noctuidae</i> 1017	<i>Conopidae</i> 10	<i>Silvanidae</i> 981
<i>Tineidae</i> 194	<i>Pipunculidae</i> 10	<i>Nitidulidae</i> 913
<i>Pieridae</i> 47	<i>Asilidae</i> 8	<i>Elateridae</i> 704
<i>Papilionidae</i> 19	<i>Sciomyzidae</i> 7	<i>Coccinellidae</i> 698
<i>Nymphalidae</i> 16	<i>Platystomatidae</i> 5	<i>Curculionidae</i> 682
<i>Lycaenidae</i> 4	<i>Lonchaeidae</i> 4	<i>Cantharidae</i> 325
<i>Pyralidae</i> 1	<i>Tabanidae</i> 4	<i>Carabidae</i> 137
<i>Zygaenidae</i> 1	<i>Micropezidae</i> 2	<i>Silphidae</i> 79
DIPTERA	<i>Asteiidae</i> 2	<i>Oedemeridae</i> 34
<i>Anthomyiidae</i> 23776	<i>Simuliidae</i> 2	<i>Scarabaeidae</i> 26
<i>Drosophilidae</i> 11994	<i>Therevidae</i> 2	<i>Mordellidae</i> 25
<i>Syphidae</i> 11922	<i>Otitidae</i> 1	<i>Hydrophilidae</i> 10
<i>Calliphoridae</i> 9748	<i>Bombyliidae</i> 1	<i>Histeridae</i> 10
<i>Muscidae</i> 5803	<i>Diastatidae</i> 1	<i>Cerambycidae</i> 7
<i>Empididae</i> 4269	<i>Blephariceridae</i> 1	<i>Buprestidae</i> 6
<i>Sciaridae</i> 3465	HYMENOPTERA	<i>Melyridae</i> 6
<i>Phoridae</i> 2502	<i>Tenthredinidae</i> 13288	<i>Byrrhidae</i> 3
<i>Chironomidae</i> 2345	<i>Braconidae</i> 6237	<i>Cetoniidae</i> 2
<i>Sepsidae</i> 2276	<i>Pteromalidae</i> 4970	<i>Dermestidae</i> 2
<i>Scatopsidae</i> 1631	<i>Ichneumonidae</i> 3665	<i>Dysticidae</i> 1
<i>Ceratopogonidae</i> 1346	<i>Cynipidae</i> 3531	<i>Liodidae</i> 1
<i>Psychodidae</i> 1329	<i>Apidae</i> 2200	ODONATOPTERA
<i>Sarcophagidae</i> 1307	<i>Mymaridae</i> 963	<i>Coenagriidae</i> 5
<i>Scatophagidae</i> 1303	<i>Serphidae</i> 248	ORTHOPTERA
<i>Lonchopteridae</i> 1069	<i>Proctotrupidae</i> 239	<i>Acrididae</i> 17
<i>Cecidomyiidae</i> 1000	<i>Ceraphronidae</i> 223	<i>Tetrigidae</i> 2
<i>Dolichopodidae</i> 874	<i>Sphecidae</i> 153	BLATTOPTERA
<i>Tipulidae</i> 754	<i>Formicidae</i> 85	<i>Blattidae</i> 2
<i>Dryomyzidae</i> 719	<i>Eupelmidae</i> 54	EPHEMEROPTERA
<i>Chloropidae</i> 663	<i>Pompilidae</i> 45	<i>Limnephilidae</i> 20
<i>Bibionidae</i> 656	<i>Vespidae</i> 39	<i>Caenidae</i> 3
<i>Mycetophilidae</i> 628	<i>Eulophidae</i> 22	TYSANOPTERA 2407
<i>Limoniidae</i> 427	<i>Eumenidae</i> 16	
<i>Stratiomyidae</i> 347	<i>Chrysidae</i> 16	

INVENTAIRE FAUNISTIQUE EN CULTURE D'ARTICHAUTS Evolution naturelle et dynamique des populations de ravageurs et d'auxiliaires en cultures légumières agrobiologiques

M. CONSEIL

Plate forme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio
Lycée Agricole de Suscinio
29 600 MORLAIX

Résumé

L'Agriculture Biologique laisse une place prépondérante aux processus naturels de régulation en ce qui concerne la lutte contre les ravageurs des cultures. La Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio a réalisé en 2001 un inventaire faunistique préliminaire à une étude de dynamique des populations de ravageurs et d'auxiliaires sur une parcelle cultivée. Cet inventaire montre la présence de nombreuses espèces animales dont l'impact n'est pas négligeable sur la culture concernée. La biodiversité rencontrée sur cette parcelle comprend une majorité d'espèces neutres vis à vis de la culture mais aussi des ravageurs et des auxiliaires. En effet, de très nombreux ravageurs sont présents sur la parcelle et vivent aux dépens de la culture, mais ils coexistent avec un bon nombre d'auxiliaires présents sur et autour de la parcelle, dans les haies et talus enherbés qui la bordent. Il en découle un équilibre entre populations de ravageurs et d'auxiliaires qui a permis de mener la culture sans avoir recours à l'utilisation d'insecticides biologiques et sans qu'elle ne subisse de dommages acceptables.

Mots-clés : biodiversité, ravageurs, auxiliaires, équilibre

Avertissement au lecteur: il s'agit d'une étude préliminaire dont le but est de réaliser un inventaire le plus exhaustif possible (dans la mesure des possibilités matérielles de la PAIS), sans aucune notion d'importance relative d'une espèce par rapport à une autre. Elle doit permettre d'établir un état des lieux, à un moment donné concernant la présence ou l'absence d'une espèce, et servir de base à une étude plus exhaustive et éventuellement quantitative.

Introduction

L'agriculture biologique donne un rôle important aux processus naturels de régulation des populations de ravageurs, avec comme à priori qu'une culture bien menée au niveau agronomique ne doit pas subir de dommages phytosanitaires graves. Cependant, les conditions dans lesquelles les ravageurs peuvent être contrôlés par le seul jeu des processus naturels sont mal connues. Les professionnels bretons de la bio ont ainsi décidé de réaliser, sur la Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio, un inventaire faunistique le plus exhaustif possible sur une parcelle cultivée, afin de mieux appréhender les conditions d'équilibre entre les populations de ravageurs et d'auxiliaires sur une culture. Cet inventaire servirait ensuite de base à une étude plus ciblée de dynamique des populations de ces ravageurs et auxiliaires, permettant d'observer les processus naturels de régulation des populations de ravageurs à l'échelle d'une parcelle et de son environnement limitrophe (haie et talus) et de proposer des moyens pour améliorer la colonisation naturelle de ce milieu par les auxiliaires afin de mieux maîtriser les populations de ravageurs.

Matériel et méthodes

But de l'étude

Le but d'une telle étude est d'inventorier de la manière la plus exhaustive possible la faune (plus particulièrement l'entomofaune) présente sur une parcelle d'artichauts et à proximité de celle-ci dans les haies et talus qui la bordent, en observant parallèlement la présence et l'impact de ravageurs et d'auxiliaires sur la culture, afin de déterminer si un équilibre naturel apparaît.

Durée de l'étude

Les prélèvements ont été fait sur une période de 4 mois (juin à septembre 2001).

Parcelle expérimentale

Parcelle d'artichaut de 0,6 ha (100 m * 60 m), globalement orientée selon l'axe Nord-Sud et comprenant approximativement 5000 plants d'artichaut (90% de la culture concerne la variété Camus de Bretagne), ainsi que les haies et talus qui l'entourent.

Méthode expérimentale

- Des prélèvements sont effectués dans la parcelle de la manière suivante : le long d'un parcours prédéfini aléatoirement sont disposées 5 stations au niveau desquelles l'observateur s'installe pour une durée de 10 minutes au cours de laquelle il prélève tout animal qui se trouve ou passe à sa portée (à la main, au filet, à l'aspirateur à bouche, etc.), ceci pour répondre à l'objectif qualitatif plutôt que quantitatif de la démarche. Des frappages de plants permettent de compléter les prises.

Ces prélèvements sont réalisés une fois par mois.

- De plus, deux pièges jaunes (bassines jaunes de 25 cm de diamètre et remplies d'eau additionnée de savon ou d'alcool) et cinq pièges Barber (remplis du même mélange) sont installés dans la parcelle de façon aléatoire. Les premiers permettent d'attirer et piéger des insectes volants, et les seconds les animaux rampants ou marchant sur le sol.
 - Pièges Barber (= pitfall traps): pots cylindriques en plastique, diamètre 60 mm, d'alcool à 60° ou de savon (pour 1/3) et d'eau (1/3). L'alcool permet de conserver les animaux piégés jusqu'au moment où les pièges sont relevés. Ce pot est enterré jusqu'au niveau de son bord supérieur (l'arête du pot de dépassant pas au dessus du niveau du sol). Un "parapluie" lui est associé. Piège à animaux rampants et marchants.
 - Pièges jaunes: bassines cylindriques de couleur jaune, de 200 mm de diamètre et 150 de profondeur, contenant 200 ml du même mélange 1/3 alcool à 60° et 2/3 eau. Piège à insectes volants. En théorie, il faut utiliser une couleur jaune standard de formule: Chinolith base 3058 606-7

Dans la parcelle, les pièges Barber et les pièges jaunes sont relevés toutes les semaines (12 fois au total, entre la semaine 22 et la semaine 33)

- Sur les talus bordant la parcelle, des prélèvements sont effectués à l'aide d'un filet fauchoir.
Le fauchage est réalisé une fois par mois.

- Des frappages sont effectués sur les différentes essences d'arbres présentes sur les talus afin de récolter (à l'aide d'un parapluie japonais) les animaux présents sur ceux-ci.
Le frappage est réalisé tous les mois.

Les prélèvements se font de préférence aux heures d'activité maximale pour les insectes recherchés, c'est-à-dire entre 10 h et 18 h, afin de maximiser les chances de capture.

Les individus piégés sont triés par ordre, famille, genre et espèce quand cela est possible sur la PAIS, et conservés dans de l'alcool dilué.

Les individus non identifiés sur place ont été envoyés au département de zoologie de la station INRA de Rennes-Le Rheu pour les diptères, et à l'Université de Rennes 1 au Laboratoire d'Ecobiologie des Insectes Parasitoïdes pour le reste, pour identification (identification toujours en cours pour une partie du matériel).

Résultats

Les identifications réalisées à l'heure actuelle permettent de dresser le bilan suivant:

Ordre		Famille	Genre	Espèce	Ravageur, Auxiliaire, Indifférent
Collemboles	Symphipléone		<i>Entomobrya</i>	<i>nivalis</i>	Indifférent
	Arthropléone				Indifférent
Homoptères		Aphididae	<i>Myzus</i>	<i>persicae</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Brevicoryne</i>	<i>brassicae</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Macrosiphum</i>	<i>euphorbiae</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Aphis</i>	<i>fabae</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Acyrtosiphon</i>	<i>sp.</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Aphis</i>	<i>sp.</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Myzocalis</i>	<i>castanicola</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Capitophorus</i>	<i>horni</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Cryptomyzus</i>	<i>sp.</i>	Ravageur
		Aphididae	<i>Hyperomyzus</i>	<i>lactucae</i>	Ravageur
		Callaphididae	<i>Phyllaphis</i>	<i>fagi</i>	Ravageur
		?	<i>Tuberculatus</i>	<i>annulatus</i>	Ravageur
		?	<i>Hyadaphis</i>	<i>foeniculi</i>	Ravageur
		?	<i>Amphorophora</i>	<i>rubi</i>	Ravageur
	Cicadelles	Jassidae			Indifférent
Diptères	Nématocère	Tipulidae	<i>Nephrotoma</i>	<i>appendiculata</i>	Indifférent
		Cecidomyiidae	<i>Jaapiella</i>	<i>veronica</i>	Indifférent
		Mycetophilidae			Indifférent

		Sciaridae			Ravageur
		Anisopodidae			Indifférent
		Chironomidae			Indifférent
		Chaoboridae	<i>Chaoborus</i>	<i>crystallinus</i>	Indifférent
	Brachycère	Scatophagidae	<i>Scatophaga</i>	<i>stercoraria</i>	Indifférent
		Sepsidae	<i>Sepsis</i>	<i>fulgens</i>	Indifférent
		Phoridae			Auxiliaire
		Scatopsidae			Indifférent
		Muscidae			Indifférent
		Drosophilidae	<i>Drosophila</i>	<i>buschi</i>	Indifférent
			<i>Parascaptomyza</i>	<i>distica</i>	Indifférent
		Syrphidae	<i>Melanostoma</i>	<i>scalare</i>	Auxiliaire
			<i>Syritta</i>	<i>pipiens</i>	Indifférent
		Ceratopogonidae			Indifférent
		Anthomyidae	<i>Delia</i>	<i>platura</i>	Ravageur
		Chloropidae	<i>Oscinella</i>	<i>sp.</i>	Ravageur
		Agromyzidae			Ravageur
		Opomyzidae	<i>Opomyza</i>	<i>germinationis</i>	Ravageur
			<i>Opomyza</i>	<i>sp.</i>	Ravageur
			<i>Elachyptera</i>	<i>sp.</i>	?
		Tephritidae	<i>Tephritis</i>	<i>ruralis</i>	Ravageur
			<i>Geomyza</i>	<i>sp.</i>	Ravageur
		Empididae			Indifférent
		Helomyzidae	<i>Suillia</i>	<i>variegata</i>	?
		Stratiomyidae	<i>Beris</i>	<i>clavipes</i>	Indifférent
		Dolichopodidae			Auxiliaire
		Cécidomyiidae			Ravageur/ Auxiliaire
Orthoptères			<i>Crisotus</i>	<i>graminis</i>	Indifférent
Hyménoptères	Symphytes	Cimbicidae	<i>Trichiosoma</i>	<i>tibiale</i>	Indifférent
	Symphytes	Tenthredinidae	<i>Athalia</i>	<i>rosae</i>	Ravageur
	Abeille	Apidae	<i>Apis</i>	<i>sp</i>	Auxiliaire
		Braconidae			Auxiliaire
		Encyrtidae			Auxiliaire
		Myrmicidae	<i>Myrmica</i>	<i>laevinodis</i>	Indifférent
		Ichneumonidae			Auxiliaire

Coléoptères		Coccinellidae	<i>Coccinella</i>	<i>7-punctata</i>	Auxiliaire
			<i>Coccinella</i>	<i>11-punctata</i>	Auxiliaire
			<i>Propylaea</i>	<i>14-punctata</i>	Auxiliaire
			<i>Microcara</i>	<i>testacea</i>	Auxiliaire
		Oedemeridae	<i>Oedemera</i>	<i>Nobilis</i>	Indifférent
		Cantharidae	<i>Ragonycha</i>	<i>fulva</i>	Auxiliaire
		Carabidae	<i>Carabus</i>	<i>Sp</i>	Auxiliaire
		Curculionidae	<i>Apion</i>	<i>miniatum</i>	Ravageur
		Curculionidae	<i>Apion</i>	<i>pomona</i>	Ravageur
		Chrysomelidae			Ravageur
		Staphylinidae			Auxiliaire
		Dytiscidae			Indifférent
Hétéroptères		Nabidae	<i>Orius</i>	<i>sp</i>	Auxiliaire
		Miridae	<i>Lygus</i>	<i>rugulipennis</i>	Ravageur
		Pentatomidae	<i>Aelia</i>	<i>acuminata</i>	Ravageur
Névroptères		Chrysopidae	<i>Au moins 2 esp. du complexe Chrysoperla carnea</i>		Auxiliaire
Psocoptères					Indifférent
Thysanoptères					Ravageur/ Auxiliaire
Aranéides	Argiopes	Argiopidae			Auxiliaire
Acariens					Ravageur/ Auxiliaire
Opiliones	Opilions				Auxiliaire
Mollusques		Limace grise			Ravageur
		Limace noire			Ravageur
Myriapodes	Chilopodes				Ravageur/ Indifférent
	Diplopodes				Ravageur/ Indifférent

Tableau 1: Inventaire de la faune piégée sur la parcelle d'artichauts (réalisé au 15 novembre 2002- Identification plus précise en cours, d'autres espèces apparaîtront peut-être encore au cours des dernières identifications)

Discussion

La Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio, située au sein d'une zone enclavée de 600 hectares environ de terres cultivées AB, bois et terres incultes, constitue un espace relativement préservé des effets néfastes de l'agriculture conventionnelle intensive de la région. Les pratiques agricoles permettent d'y maintenir une certaine biodiversité, d'observer ainsi un équilibre entre ravageurs et auxiliaires sur les différentes cultures.

Les observations réalisées sur la parcelle d'artichauts et les piégeages réalisés au cours de cette étude ont montré (même si la totalité du matériel récolté n'a pas encore été identifié) la biodiversité qui règne sur le site de la PAIS, et plus précisément sur une parcelle en particulier.

Les principaux ravageurs recensés au cours de cette étude sont :

- Les pucerons (14 espèces au total, mais les deux espèces les plus représentées sont *Aphis fabae* et *Capitophorus Horni*), qui sont présents tout au long de l'étude, en foyers sur la parcelle, mais dont les colonies ne se sont pas trop développées et n'ont pas nuit à la culture.
- Les coléoptères (altises et charançons), qui se nourrissent des végétaux et y creusent des galeries.
- Les diptères dont les larves phytophages se nourrissent aux dépens des plantes cultivées (c'est le cas de *Delia platura*, la mouche des semis notamment).

Pucerons et altises sont considérés comme les principaux ravageurs animaux de l'artichaut (source: site Internet INRA)

Viennent ensuite s'ajouter des animaux provoquant des dégâts moindres: d'autres diptères, des hyménoptères (symphytes notamment), des hétéroptères (punaises phytophages en particulier), des thysanoptères (thrips ravageurs), acariens et enfin mollusques (limaces) qui se nourrissent de végétaux.

Parallèlement à cela, les auxiliaires présents naturellement dans la parcelle et luttant contre les populations de ravageurs sont de plusieurs types. Il y a tout d'abord les auxiliaires aphidiphages:

- Diptères Syrphidae (Syrphes) : les adultes se nourrissent de pollen et de nectar dont la quantité influe sur le taux de ponte. Celle-ci a lieu à proximité des foyers de pucerons. Les larves carnivores sont très voraces (400 à 700 pucerons consommés sur 10 jours) et peuvent également consommer des pucerons ailés. Cela aboutit de façon générale à la destruction des colonies de pucerons. Leur intérêt réside en leur action précoce au printemps. De plus, la présence de plantes à floraison précoce dans l'environnement de la parcelle favorise leur installation et leur développement.
- Coléoptères coccinellidae (Coccinelles) : Coccinelles à 7, 11 et 14 points et une quatrième espèce. Larves et adultes consomment 30 à 60 pucerons par jour. Elles sont cependant moins précoces que les syrphes (présence forte à partir des semaines 24-25).
- Névroptères (Chrysopes) : activité prédatrice des larves, surtout en période estivale. Au moins deux espèces présentes. Adultes polliniphages.
- Diptères Cecidomyidae (Cécidomyies) : Activité prédatrice des larves, en été et en automne.
- Divers parasitoïdes : Essentiellement des micro-hyménoptères, qui présentent un intérêt au printemps en s'attaquant aux fondatrices et aux premières colonies de pucerons en particulier.

Il y a par ailleurs des auxiliaires très polyphages:

- Coléoptères staphylinidae et carabidae qui sont des prédateurs de limaces, et d'autres coléoptères ravageurs.
- Araignées : Prédateurs très polyphages. Auraient une influence sur la diminution du nombre de pucerons ailés par capture dans les toiles.

- Hétéroptères Nabidae et Miridae, actifs sur acariens et thrips notamment.
- Acariens prédateurs, actifs sur les acariens ravageurs de cultures.

Les avertissements agricoles pour la période d'étude ont montré que les auxiliaires, principalement les Coccinelles, Chrysopes, Syrphes et divers parasitoïdes, ont toujours été présents sur la période considérée.

Habituellement très sensible à la pression des ravageurs (des pucerons notamment et d'*Aphis fabae* en particulier), la culture d'artichaut support de cette étude n'a pas souffert de la présence des nombreux ravageurs présents sur la parcelle. Plusieurs raisons peuvent être invoquées. Tout d'abord, les conditions climatiques relativement fraîches et humides de l'année 2001 n'ont pas favorisé le développement des ravageurs (en particulier des pucerons). Par ailleurs, les auxiliaires naturellement très présents sur le site ont pu maintenir les populations de ravageurs à des niveaux faibles sur une très longue période, populations qui n'ont donc pas connu d'explosion démographique du fait de cette présence d'auxiliaires et des conditions climatiques.

En y regardant de plus près, on peut par ailleurs s'apercevoir que, si les ravageurs sont principalement situés sur la parcelle étudiée, les auxiliaires se trouvent sur la parcelle (au milieu des quelques colonies de pucerons pour les aphidiphages) mais aussi en bordure de parcelle, sur les haies et les talus enherbés (pour les hyménoptères notamment). Il est donc possible de favoriser la présence d'auxiliaires sur une parcelle en la bordant de haies et de talus enherbés. Cela permet notamment l'arrivée plus précoce des auxiliaires et leur installation. Par ailleurs, une flore diversifiée et un enherbement varié et peu fauché sont des éléments indispensables au développement et au maintien de cette biodiversité, essentielle en conditions de culture agrobiologiques.

Conclusion

L'inventaire faunistique réalisé en 2001 sur la Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio montre l'existence d'une grande biodiversité au sein de l'entomofaune vivant sur une parcelle d'artichauts. Il y cohabite bon nombres d'espèces neutres vis à vis de la culture, mais aussi beaucoup de ravageurs des cultures ainsi que des auxiliaires. Le suivi de la culture a ainsi permis d'observer ces espèces et de voir un équilibre se créer sur la parcelle entre les nuisibles s'attaquant à la culture et les auxiliaires limitant le développement de ces nuisibles et protégeant la parcelle. Il paraît donc possible, en entourant les parcelles cultivées de haies et de talus enherbés, de favoriser la présence d'auxiliaires.

Cet inventaire ne nous éclaire cependant que très peu sur les processus naturels de cette régulation, et pas du tout sur la dynamique des populations de ravageurs et d'auxiliaires. La poursuite de cette étude dans les années à venir, en ciblant les espèces d'auxiliaires et de ravageurs les plus importantes permettra probablement d'y voir plus clair.

Remerciements

E. Brunel INRA Rennes Le Rheu.

Laboratoire d'Ecobiologie des insectes Parasitoïdes Université de Rennes 1.

Références bibliographiques

Site internet www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ (cultures et leurs ravageurs)

REBOULET J.N., 1999 - Les auxiliaires entomophages, ACTA.

CHINERY M., 1988 – Insectes de France et d'Europe Occidentale, ARTHAUD, France.

ANNEXES

Résumé de
Projet de Fin d'Etudes filière
Génie Mécanique option Energétique Industrielle
réalisé à l'ENSAIS

Elaboration d'un banc d'essai et
caractérisations du procédé GEET de
P. Pantone à reformage d'hydrocarbures.

Per Christophe_martz@hotmail.com



Le principe est simple : la chaleur, normalement perdue, des gaz d'échappement est récupérée pour traiter les gaz d'admission (issus de la volatilisation du carburant et de l'eau dans l'évaporateur) dans le réacteur par une réaction électro-magnético-chimique, elle complexe. Les gaz d'admission chauffés, circulent dans un espace annulaire créé par la géométrie du réacteur et sont soumis à un champ magnétique orienté N-S. Le champ magnétique observable lors du fonctionnement traduit la présence d'espèces ionisées et/ou de charges électriques en mouvement. Ce champ magnétise toutes les parties du réacteur après une certaine durée de fonctionnement. Le schéma suivant présente les flux du procédé.

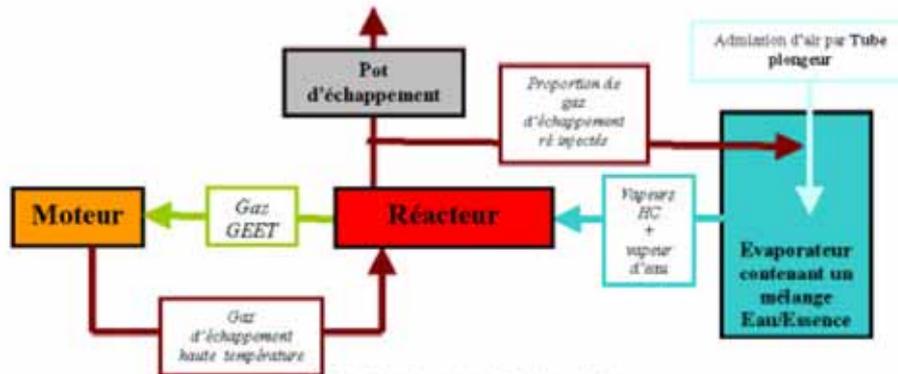


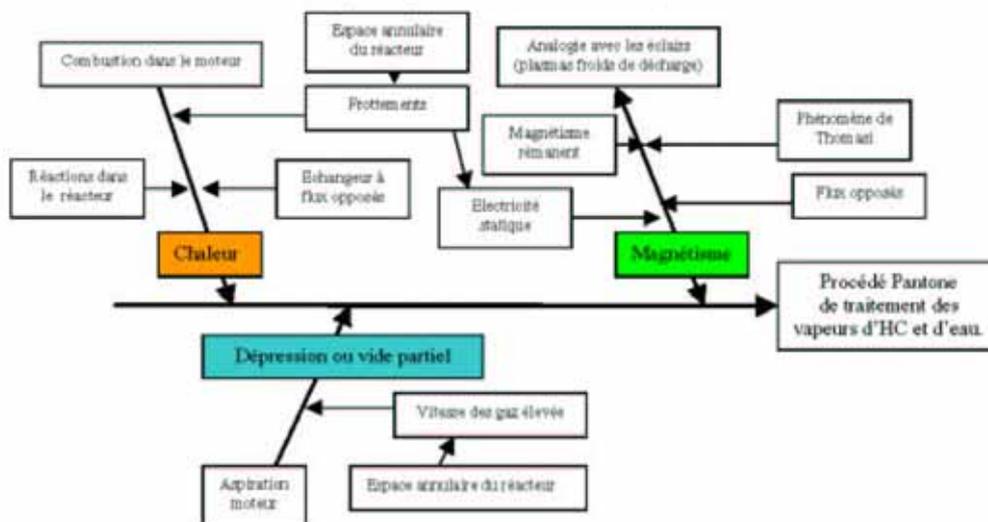
Fig 5 : Schéma de principe des flux du procédé.

L'avantage du procédé est sa relative simplicité de montage (empilement de tubes) et son adaptation sur un moteur déjà existant, les coûts de dépollution, utilisation et maintenance sont donc fortement réduits en comparaison des autres procédés de dépollution (pile à combustible, solaire). En ce sens, ce procédé constitue une chance pour la dépollution des grandes puissances démographiques émergentes qui doubleront la consommation d'énergie mondiale dans les 30 prochaines années.

2) Causes

Le procédé Pantone est défini, par son inventeur, comme un procédé de traitement du carburant par plasmas de décharge (éclairs) mais il est, pour le moment difficile d'expliquer scientifiquement les causes de sa réaction. Néanmoins, 3 causes fondamentales nécessaires à la réaction ont été déterminées, elles sont synthétisées dans le schéma suivant.

Fig 6 : Diagramme causes-effets en arête de poisson.



La chaleur, le magnétisme (cause ou conséquence) et la dépression sont les 3 causes primordiales du procédé, selon Pantone, il y aurait 38 phénomènes, causes ou effets, distincts mis en jeu durant la réaction. Des recherches complémentaires spécialisées dans divers domaines sont donc souhaitables afin de comprendre totalement le procédé.

C) Conception et élaboration d'un banc d'essai

Pour caractériser le procédé un banc d'essai sur la base d'un groupe électrogène de 4 kW a été entièrement réalisé. Un circuit à 2 évaporateurs a été réalisé pour pouvoir contrôler en permanence le rapport des débits Eau/Hc. Il comporte des capteurs mesurant les grandeurs primordiales dans la caractérisation d'un procédé de carburation comme le montre les documents suivants.

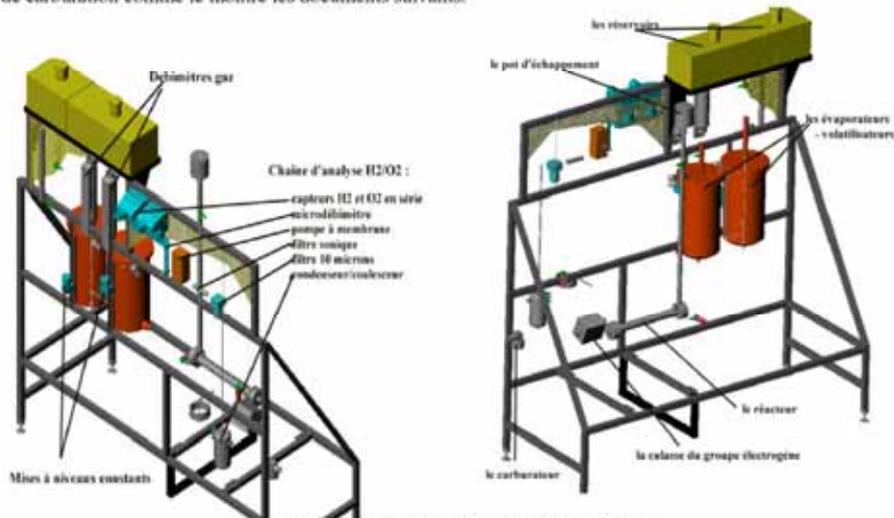


Fig 7 : Implantation des éléments du banc d'essai



Fig 8 : Photographie du banc complet



Fig 9 : Photographie détail des débitmètres gazeux et sortie des vapeur des évaporateurs.

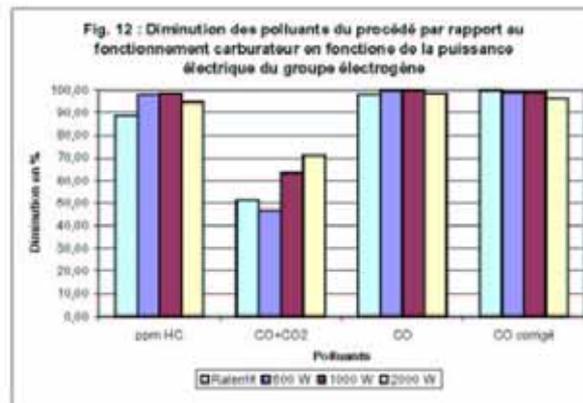
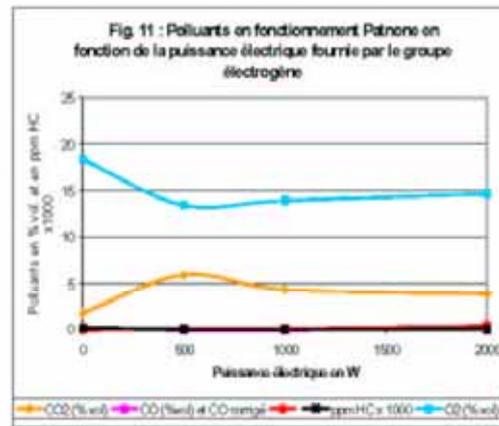
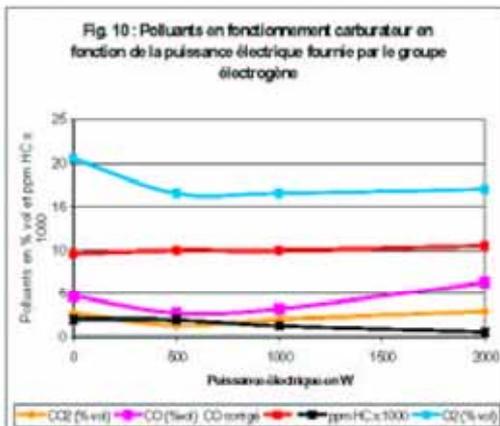
D) Résultats en consommation et en dépollution.

1) La consommation

La consommation sur l'essence en procédé Pantone reste quasiment identique au montage carburateur d'origine, elle présente une légère baisse de 5% maximum. Le montage réalisé est un montage basique non optimisé avec un contrôle très sommaire de la quantité de carburant injecté, l'élaboration d'un montage amélioré pourrait mettre en évidence une baisse plus significative de la consommation. La consommation d'eau est environ égale à la consommation d'essence mais est condensable dans le circuit d'échappement. Quoiqu'il en soit des études de montage amélioré sont nécessaires si nous voulons espérer les mêmes performances que les derniers systèmes d'injection de l'industrie.

2) La dépollution

Le procédé, bien réglé, présente une dépollution remarquable. Ceci traduit la conversion des vapeurs d'essence en un gaz (gaz GEET) dont la combustion est bien plus complète et « propre » que celle des vapeurs d'essence.



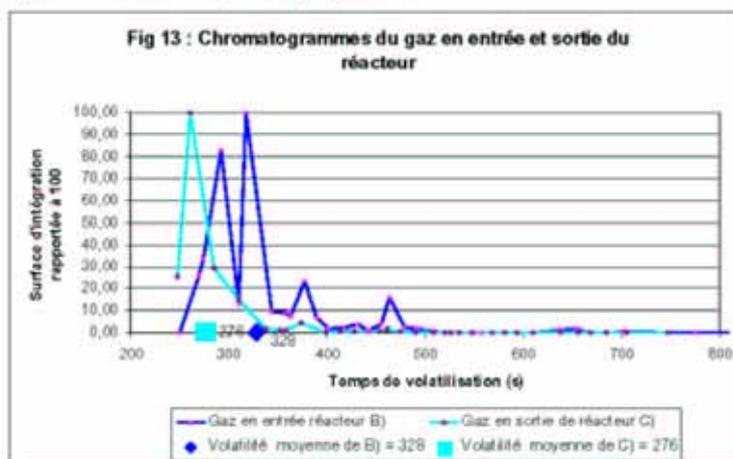
La dépollution (sur les polluants mesurés) est remarquable : en effet, il ne reste plus que du CO2 (6% vol maximum) dans une proportion environ inférieure à la moitié de la proportion attendue théoriquement dans le cas de la combustion d'essence (14% vol environ). Une fois le procédé réglé, les gaz d'échappement sont respirables.

Remarques :

- la dépollution mesurée s'est faite à régime stabilisé et au point de meilleure dépollution après réglage des différentes vanes de dosage et de richesse. Une dépollution à régime variable est plus complexe et nécessite l'automatisation des différents débits, cela permettrait également d'obtenir une commande unique de puissance.
- Il n'est pas exclu que le procédé rejette d'autres polluants non mesurés, tels les Nox, mais la recirculation des gaz d'échappement permet de diminuer fortement les Nox créés à haute température (l'EGR, Exhaust Gas Recirculation, est employé actuellement par les constructeurs automobiles pour diminuer les rejets de Nox)

E) Résultats d'analyse gazeuse

Une analyse gazeuse par chromatographie a été effectuée, elle a permis de prouver la conversion des vapeurs d'hydrocarbures en un composé unique plus volatil.



Lecture d'un chromatogramme :

- chaque pic correspond à un composé
- la hauteur de chaque pic donne sa proportion massique dans le mélange
- son emplacement sur l'échelle des temps traduit sa volatilité.

Le gaz GEET est donc un gaz plus simple et plus volatil que les vapeurs d'essence, ce qui expliquerait la forte dépollution. Mais d'autres analyses gazeuses (catharométrie spécifique au reformage) ont montré que ce composé volatil n'était ni de l'hydrogène, ni du méthane. Mais la fiabilité des analyses notamment en hydrogène est à revoir. En effet, il y a de forts risques de diffusion de l'hydrogène avant les appareils d'analyse. Des travaux complémentaires seront nécessaires pour qualifier précisément ce gaz.

E) Perspectives.

Cette étude a montré l'efficacité en dépollution du procédé. Le procédé mérite donc des études complémentaires afin d'aboutir à une caractérisation plus complète du processus de conversion. Parallèlement des études d'adaptabilité sur d'autres systèmes utilisant des hydrocarbures devront être menées.

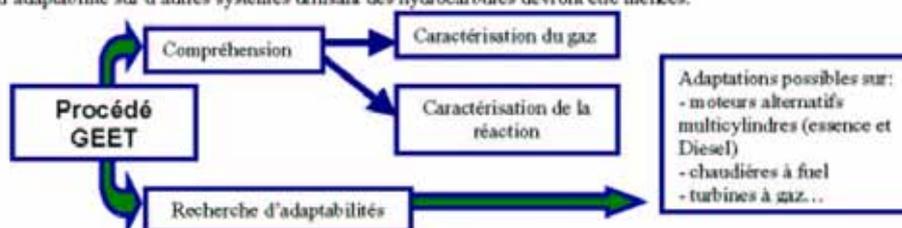


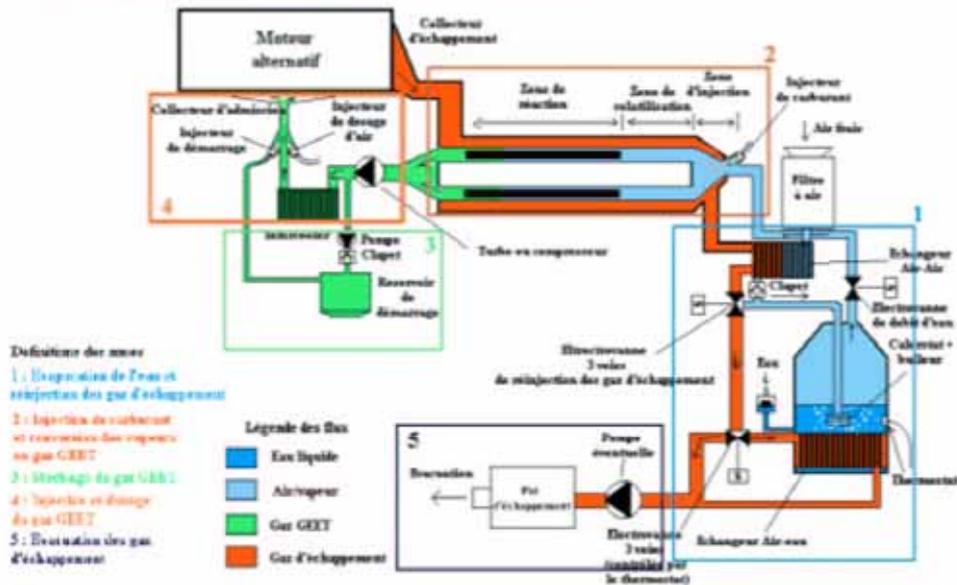
Fig 14 : Perspectives du procédé GEET

Le montage, expérimental, que nous avons réalisé était sommaire et présentait 3 inconvénients majeurs :

- baisse du taux de remplissage (30 à 50% massique) et de la vidange du moteur du fait des pertes de charge dans le circuit d'admission et d'échappement
- mauvais contrôle de l'alimentation en carburant (évaporateur et autorité des vannes)
- avance à l'allumage non réglée (il y a de grande chances que gaz GEET plus volatil brûle plus vite)

Ainsi, prenant en compte ces 3 défauts et d'autres constatations et observations expérimentales, voici le montage amélioré que nous préconisons Fig. 15 :

Montage amélioré du procédé Pantone sur un moteur essence



Ce montage est plus complexe que le montage réalisé mais permettra sans aucun doute un meilleur contrôle de la puissance (apportant la souplesse d'utilisation des systèmes alimentation classiques) et de la dépollution. Il permettra aussi peut-être de constater une amélioration de la consommation...mais il reste à être conçu & expérimenté sur un banc.

G) Autres phénomènes/caractéristiques constatés.

Voici certaines autres caractéristiques constatées durant mes expérimentations. Chacun de ces points mérite des expérimentations plus poussées qui pourraient éventuellement déboucher sur une exploitation industrielle.

Gain de puissance et/ou de consommation de 10 à 20%. De nombreux témoignages font office d'un gain de puissance et/ou une baisse de consommation constatés après la modification de leur moteur. N'ayant scientifiquement pas pu mesurer de tels gains sur mon prototype (mon montage était expérimental et non optimisé pour des performances), une *quantification scientifique* de ces gains est nécessaire.

Reduction de la pollution allant jusqu'à 95% suivant les polluants mesurés. Les chiffres sont disponibles sur plus haut

Fonctionnement en boucle possible. Le système permet une réinjection d'une partie des gaz d'échappement mais dans certaines conditions il nous a été possible de réinjecter 100% des gaz d'échappement. Le moteur tourne alors près de 20 min. C'est à dire bien au-delà de la purge des différents circuits.

Limites des régimes de rotation repoussées. Nous avons constaté un ralentit très bas : 300 tr/min sur un moteur 4tps 300cm³, c'est à comparer au 1200 tr/min du fonctionnement carburateur. A l'opposé le régime de rotation maximum est augmenté de 30%.

Bougie intacte après 1 h de fonctionnement. Une bougie neuve montée lorsque le procédé est chaud reste dorée après une heure de fonctionnement.

Température d'échappement augmentée d'environ 40%. Pipe d'échappement montée au rouge. Pourtant nous n'avons constaté aucune détérioration sur le moteur (sièges & soupapes intactes). Un moteur essence classique ayant une telle température a l'échappement ne tiens pas longtemps. Néanmoins il faudrait faire des essais de fatigue pour confirmer cette tenue. (Nous n'avons tourner que 50h environ). De plus cette excès de chaleur pourrait être profitable au procédé, car récupéré dans la chambre de combustion, il permettrait d'améliorer le rendement du moteur

Ces points ne sont que les constatations les plus intéressantes mais chacun nécessite des investigations complémentaires. Certains pourraient déboucher assez rapidement sur une exploitation industrielle.

G) Conclusion : un procédé prometteur mais des études complémentaires nécessaires

A l'heure où les constructeurs automobiles utilisent de l'électronique à outrance et de "dangereux" et coûteux métaux lourds pour diminuer les polluants classiques, le procédé GEET aboutit d'aussi bon (si ce n'est meilleurs) résultats par un empilement de tubes de fer et un traitement du carburant *avant la combustion*. (alors que les constructeurs interviennent pendant et après la combustion pour dépolluer...mais jamais avant.)

Nous sommes en présence d'un procédé prometteur sur plusieurs points qui mérite des études complémentaires de caractérisations et d'industrialisation. Une fois caractérisé et amélioré, le procédé, développé industriellement et diffusé à grande échelle, pourrait aboutir à une baisse spectaculaire de la pollution atmosphérique, notamment dans les puissances démographiques émergentes qui auraient accès à une énergie moins chère (au sens utilisation). En effet, pour des raisons de coût et de quantité, elles ne pourront raisonnablement pas utiliser les dernières technologies énergétiques (pile à combustible, solaire...), de plus elles disposent généralement d'importantes ressources en énergie fossiles.