Intégration de méthodes de conservation des auxiliaires dans les 3 phases de développement d'un verger à intrant minimal en pesticides (implantation, croissance végétative et production)

Le projet était structuré en trois volets selon la phase d'évolution des vergers de pommiers.

***Volet 1* - Phase d'implantation - conservation de la microfaune et microflore et réduction des fumigants.**

Objectifs spécifiques: Évaluer le rôle d'une jachère cultivée et des composés allélopathiques dans la réduction des fumigants utilisés pour lutter contre la maladie de la replantation dans le cadre de l'implantation d'un verger expérimental aménagé par : 1) la recherche d'une culture de rotation et/ou d'un amendement au sol permettant la meilleure atténuation des symptômes de la maladie; 2) l'évaluation de la contribution respective des nématodes et des champignons telluriques phytopathogènes à la maladie de replantation; et 3) la détermination de l'importance des flux de contaminants associés aux traitements chimiques du sol.

La section portant sur l'évaluation des cultures de rotation s'est effectuée tel que prévu.

1.1- Culture de rotation.

Les essais de replantation ont été effectués au verger du Parc national du Mont St-Bruno, sur le site d'un ancien verger d'une cinquantaine d'années. Au total, trois secteurs ont été mis en place en 2004 & 2005 conformément au calendrier proposé. Dans le secteur A, (arraché en 2003), de petites parcelles ont été utilisées en 2004 pour comparer l'effet des cultures de rotation et une plantation de pommier sans rotation préalable. Ce secteur devait également servir pour évaluer les flux de contaminants associés aux traitements chimiques conventionnels utilisés pour contrer la maladie de replantation. Dans le deuxième (secteur B, arraché en 2003), l'effet des cultures de rotations implantées en 2004 a été évalué sur la croissance de la plantation en 2005 et 2006. Finalement, le secteur C a été arraché en 2004 et devait être utilisé pour répéter les traitements prometteurs.

L'accroissement du diamètre du tronc a été mesuré à l'automne de chaque année pour évaluer l'effet des traitements sur la croissance des arbres. Or, aucune différence de croissance n'a été observée entre les traitements dans les secteurs A & C, hormis une mortalité élevée observée dans les parcelles traitées au printemps avec le tourteau de canola. Comme l'effet de la maladie de replantation n'a pas pu être observé dans ces parcelles, l'analyse s'est consacrée au secteur B seulement.

Nous avons observé un effet significatif du cultivar de pommier ($p=0.0013$), des cultures de rotation ($p=0.013$), et du traitement de sol ($p=0.01$) sur la croissance des arbres. De plus, nous avons observé une interaction entre les cultivars et les rotations ($p=0.01$). La croissance des arbres était supérieure pour le cultivar Cortland. Les pommiers plantés suivant une culture de millet fourrager, de canola ou de sarrasin ont eu une croissance plus grande que les pommiers plantés après une rotation d'orge ou de Mélange B. Le maïs a mieux performé pour le cultivar McIntosh que pour le cultivar Cortland au point de dépasser l'effet du millet ($p=0.017$). À l'exception de la fumigation qui a augmenté significativement la croissance des arbres, les traitements de sol n'ont pas affecté la croissance des pommiers.

En ce qui concerne les nématodes, la population à l'automne 2006 était significativement différente selon la culture de rotation présente en 2004 ($p=0.0035$) et le traitement au sol ($p<0.001$) mais pas selon le cultivar de pommier ($p=0.66$). Les parcelles avec une rotation de millet perlé présentaient moins de nématodes que les autres cultures, sauf le sarrasin. Les parcelles avec fumigation présentaient moins de nématodes que pour les autres traitements de sol.

La population de Pythium a été estimée par une technique moléculaire (PCR). Une analyse non paramétrique a été effectuée sur les données à l'aide du test Behrens-Fisher. Nous avons observé une population plus élevée dans le sorgho que dans les parcelles avec fumigation.

La maladie de replantation se manifeste par un retard de croissance lors de l'implantation de parcelles sur les sites d'anciens vergers. Malheureusement, des 3 secteurs étudiés à Saint-Bruno, un seul nous a permis de réaliser des observations sur ce phénomène. Notre hypothèse de travail était qu'il serait possible de modifier la population de nématodes et des champignons oomycètes et d'observer l'effet de ces modifications sur la croissance des pommiers. Nous constatons que si la population de nématodes ou de Pythium influence la croissance des arbres, cet effet n'est pas très apparent sous nos conditions. Par exemple, on observe 2 des 4 rotations les moins efficaces pour réprimer les nématodes (canola et maïs) qui s'avèrent parmi les plus favorables pour la croissance des arbres. Par contre, l'orge qui favorisait la reproduction des nématodes s'avère aussi moins favorables à la croissance des pommiers. Les populations les plus élevées de Pythium ont été retrouvées sur sorgho, sans toutefois affecter grandement la croissance. Les résultats nous permettent de constater que la croissance des pommiers peut être affectée légèrement par le choix de la culture de rotation. Le millet fourrager s'avère le meilleur choix. Sauf pour la fumigation, nous n'avons pas constaté d'effet des amendements de sol sur la croissance des arbres. Il est possible que les conditions de croissance assez lentes au Québec ne permettent pas de détecter l'ampleur de l'effet observé ailleurs.

1.2- Flux de contaminants.

La méthode d'analyse utilisée au laboratoire LaSève pour les flux de contaminants n'a pas permis de révéler la présence des pesticides dans les échantillons prélevés.

***Volet 2* - Phase végétative - recrutement et conservation d'agents naturels de lutte aux ravageurs.**

Objectifs spécifiques: 1) Évaluer l'importance et l'évolution du contrôle naturel (parasitoïdes et prédateurs) des pucerons verts et de la tordeuse à bandes obliques dans un verger en pré-production et 2) Évaluer l'impact de mesures d'aménagement sur le recrutement et sur l'efficacité du complexe d'auxiliaires naturels.

La section portant sur la TBO, ne s'est pas limitée au seul verger expérimental mais a inclus une série de vergers en tenant compte de l'impact des éléments avoisinants du paysage sur le contrôle de la TBO. Compte tenu de la difficulté de trouver un grand nombre de vergers en pré-production, le projet a été élargi aux vergers en production. De plus, compte tenu de la réduction des budgets originaux, dans la section portant sur le complexe pucerons-ennemis naturels, la partie 2.2 en laboratoire a été abandonnée. L'effet couvre-sol n'a pu être évalué en 2005 en raison des retards de plantation dus à des averses considérables.

2.1- Complexe Pucerons-Prédateurs aphidiphages

Les objectifs spécifiques à la section « Aménagement » étaient 1) d'évaluer l'importance du contrôle des pucerons du complexe *Aphis* sp. par leurs ennemis naturels (parasitoïdes et prédateurs) dans un verger de pommiers en pré-production constitué de deux variétés résistantes à la tavelure et 2) d'évaluer l'impact de certaines mesures d'aménagement sur le recrutement et l'efficacité du complexe des ennemis naturels.

Les expériences se sont déroulées dans un verger expérimental situé à St-Bruno-de-Montarville. Au cours de l'année 2005, les expériences visaient à comparer les populations de pucerons sur les variétés *Liberty* et *Topaz*. Aussi, sur chacune de ces variétés, les populations de pucerons sur des arbres témoins ont été comparées avec celles d'arbres où les prédateurs étaient prélevés manuellement de façon régulière. Les résultats démontrent d'une part que les arbres de variété *Liberty* soutenaient des populations de pucerons plus importantes que ceux de variété *Topaz*. Aussi, les colonies de pucerons tendaient à être plus importantes sur les arbres où les prédateurs étaient prélevés que sur les arbres témoins.

Au cours de l'année 2006, les expériences visaient toujours à comparer les populations de pucerons sur les arbres de variété *Liberty* et ceux de variété *Topaz*, ainsi que l'impact de la prédation. De plus, ils visaient à déterminer le rôle potentiel des fourmis sur la protection des colonies de pucerons contre les prédateurs. Pour ce faire, les fourmis étaient exclues de certains arbres grâce à l'application d'un piège collant sur le tronc des arbres. Finalement, la possibilité d'augmenter les populations d'ennemis naturels et le contrôle des populations de pucerons par l'implantation d'un couvre-sol fleuri a été évaluée. Pour ce faire, les populations de pucerons et de prédateurs des arbres se situant sur un couvre-sol constitué de phacélie *Phacelia tanacetifolia* Bentham et de sarrasin *Fagopyrum esculentum* Moench ont été comparé avec celles des arbres se trouvant sur un couvre-sol témoin constitué du mélange *Lab Compagnon*. De façon générale, aucune différence significative dans les densités de pucerons n'a été observée entre les différents traitements. La seule exception est le 16 juin, où les populations de pucerons étaient plus importantes sur les arbres de variété *Topaz* que *Liberty* et sur les arbres se situant sur le couvre-sol fleuri que ceux sur *Lab Compagnon*. En ce qui concerne les populations de prédateurs, les résultats sont variables et les conclusions difficiles à établir.

Les résultats de ces deux saisons démontrent premièrement que les prédateurs peuvent jouer un rôle dans le contrôle des populations de pucerons, mais que ce rôle peut être plus ou moins important en fonction des saisons. Les plantes à fleurs choisies pour la constitution du couvre-sol ne sont possiblement pas les plantes optimales et différentes espèces devraient être évaluées. Les deux variétés de pommiers sont probablement aussi susceptibles l'une que l'autre aux pucerons du complexe *Aphis* spp.; les différences observées au cours de la saison 2005 ont probablement été causées par une différence de vigueur entre les deux espèces.

2.2- Complexe TBO-Parasitoïdes

Tel que mentionné dans le rapport d'étape, les bordures des vergers (parcelles boisées) étaient les éléments d'aménagements investigués. Plus précisément, un premier objectif était d'évaluer l'influence des boisés adjacents aux vergers de pommiers sur les populations de tordeuses à bandes obliques. Le deuxième objectif consistait à évaluer l'influence de ces boisés sur la composition de la guilde des parasitoïdes larvaires de la TBO et sur l'efficacité de leur contrôle.

Pour améliorer le dispositif expérimental, un des six sites expérimentaux utilisés en 2005 (à prédominance résineuse) a été changé pour un site à prédominance de feuillus; quatre autres sites ont également été ajoutés, pour un total de 4 sites mixtes et 6 feuillus. De plus, étant donné les niveaux de populations extrêmement faibles de la TBE (dépistage inefficace) l'estimation des populations a été abandonnée.

En 2005 et 2006, les populations de TBO ont donc été estimées hebdomadairement à l'aide de pièges à phéromone (en verger et en boisé) entre juin et septembre, dans les 10 sites expérimentaux. La technique des larves « sentinelles » a été utilisée en verger et en boisé pour évaluer le parasitisme de la TBO. Les parasitoïdes ont fait l'objet d'une identification préliminaire, qui reste encore à confirmer. Enfin, les boisés adjacents aux vergers ont fait l'objet d'une identification végétale (en boisé et en bordure) des arbres, arbustes et herbacées, et des indices de diversité ont été établis.

Les résultats préliminaires montrent que l'abondance de la TBO en verger et son abondance dans le boisé adjacent sont fortement corrélées en 2005 et en 2006. Cette association se retrouve en site feuillu et en site mixte. Les sites feuillus abritent de plus grandes populations de TBO que les sites mixtes (verger comme boisé), mais ces résultats devront être interprétés en fonction de la localisation géographique du site et des applications de pesticides ayant eu lieu. Aucune relation significative n'a été mise en évidence entre l'abondance de la TBO et la proportion de Rosacées, de feuillus ou la diversité végétale du boisé adjacent. En 2005, 8,79 % des larves sentinelles étaient parasitées en site feuillu et 9,72% en mixte; en 2006, 12,97% des larves étaient parasitées en site feuillu, 15,47% en site mixte. Le parasitisme de la TBO ne diffère pas entre les deux types de sites. La 1ère génération d'été de la TBO était la plus susceptible au parasitisme. En 2005 et 2006, sur les 16 espèces de parasitoïdes *Actia interrupta* Curran était l'espèce dominante. En 2005, les sites feuillus n'hébergaient pas les parasitoïdes dans les mêmes proportions d'espèces que les sites mixtes : *A. interrupta*, *Hercus fontinalis* (Holmgren) et *Meteorus trachynotus* (Viereck) étaient davantage retrouvés en site mixte, tandis que *Oncophanes americanus* (Weed) était plus abondant en site feuillu. D'autres analyses sont encore à venir.

En conclusion, le type de boisé adjacent à un verger influencerait effectivement les populations de la TBO, un site feuillu abritant de plus grandes populations de l'insecte; par contre, la caractéristique précise expliquant cet état de fait n'a pas pu être vérifiée, les analyses multifactorielles prévues au départ n'ayant pu être réalisées à cause du nombre de site trop restreint. Le taux de parasitisme de la TBO fluctue dans le temps et ne diffère pas selon le type de boisé. Par contre, la guilde des parasitoïdes de la TBO est différente.

Volet* 3 - Phase de production - gestion intégrée du charançon de la prune.** ***Objectifs spécifiques: 1) Développer un programme de gestion intégrée (piège et agent de lutte à risque réduit) pour la rationalisation des interventions contre le charançon de la prune dans les cultures fruitières; et 2) mesurer son impact environnemental (nombre d'applications d'insecticides organophosphorés, dosage dans les eaux souterraines, etc.) en verger commercial.
Une modification a été apportée étant donné que les sommes allouées étaient inférieures aux sommes demandées : la mesure des flux de contaminants dans le programme de lutte au charançon de la prune a été effectuée uniquement en 2004 et 2006.

3.1 Études en conditions contrôlées

Les essais en conditions contrôlées ont été réalisés tel que prévu à St-Jean-sur-Richelieu par Steve Lamothe, étudiant M. Sc. sous la supervision de Gérald Chouinard et Charles Vincent. Des modèles réduits de pièges pyramidaux construits avec différents matériaux (bois = témoin, plastique, géotextile et moustiquaire) ont été testés afin de déterminer si certains matériaux pouvaient faciliter la capture des adultes. En conditions abiotiques contrôlées (période de la journée, température, précipitations et vent), on a étudié l'impact de ces différents paramètres sur les captures de charançons obtenues avec

le piège pyramidal. Le piège pyramidal fait de géotextile a capturé significativement plus d'individus que les autres pièges testés lorsqu'il se trouvait en condition nocturne. On a observé une augmentation significative du nombre de charançons capturés par le piège pyramidal lorsque la température augmente (températures testées : 15, 20 et 25 ^{O}C). Des résultats similaires ont été obtenus en 2004 et en 2005, qui suggèrent que le géotextile serait une alternative intéressante pour améliorer la performance des pièges.

3.2- Études sur le terrain

Les essais sur le terrain ont été réalisés tel que prévu par une équipe dirigée par Gérald Lafleur et Gérald Chouinard. Les parcelles choisies étaient les suivantes. Vergers: Saint-Paul d'Abbotsford (1), Mont Saint-Hilaire (2), Rougemont (2), Frelighsburg (1), Bleuetière: Granby (1). Une variante de faible poids du piège pyramidal original, fabriquée à l'aide de polyester brun, a été mise à l'essai dans deux vergers à forte population de charançons de la prune. Les résultats de 2004 ont indiqué que le piège de tissu semblait être aussi efficace, voire plus efficace en début de saison que le piège pyramidal en bois. Les résultats de 2005 et 2006 ont mis en évidence que cette performance n'est pas due à la forme du piège mais à sa moins grande rigidité, phénomène observé surtout avant la floraison. La hauteur du piège semble également jouer un rôle avant (2006) où lors de la floraison (2005), les captures ayant été plus élevées pendant ces périodes dans les pièges de 120cm comparativement au piège de 30 cm de haut. Cette tendance était inversée après la floraison en 2005. L'efficacité du piège de tissu et du piège plus court sont intéressantes en raison de leur plus grande légèreté et facilité d'utilisation. Les plus faibles captures en bleuetières n'ont pas permis par contre de conclure à des différences de captures induites par les matériaux utilisés pour la fabrication du piège (bois, plastique ou géotextile).

Une deuxième étude effectuée en 2004 visait à évaluer l'effet d'applications répétées de kaolin sur les captures de charançon en verger biologique ainsi que son impact sur la migration printanière du charançon dans un verger conventionnel voisin. Dans les deux sites à l'étude, les captures se sont révélées semblables (aucune différence significative) dans les zones traitées et non-traitées des vergers biologiques, ce qui suggère un faible effet des applications sur l'activité de l'insecte à cette période. De plus, les patrons de captures observés dans les zones mitoyennes du verger biologique et du verger conventionnel n'ont pas été modifiées par les applications de kaolin dans les vergers biologiques (les captures sont demeurées de faibles à nulles dans les vergers conventionnels avant, pendant et après les applications de kaolin dans les vergers biologiques).

3.3- Comparaison de l'impact d'un programme de lutte à risque réduit et d'un programme classique de lutte contre le charançon de la prune

Les mesures de flux de contaminants en 2004 et en 2006 ont été réalisées tel que prévu. Les échantillons ont été prélevés par une équipe dirigée par G. Chouinard (IRDA) et les analyses effectuées par le laboratoire LaSeve de A. Pichette (UQAC). Le nombre de traitements requis, la quantité de matière active utilisée et le pourcentage de dégâts à la récolte ont été notés pour chaque programme. L'indice d'impact environnemental de chaque programme a été calculé à l'aide de l'Indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ).

La méthode d'analyse utilisée pour les flux de contaminants (chromatographie liquide à haute performance couplé à un spectromètre de masse) n'a pas permis de révéler la présence des pesticides utilisés dans l'un ou l'autre programme (azinphos-méthyle et acétamipride) en 2004. Le laboratoire LaSeve a toutefois fait l'acquisition d'un appareil HPLC plus perfectionné et utilisé en 2006 la méthode d'extraction en phase solide (SPE), ce qui a permis d'augmenter le seuil de détection lors des échantillonnages (de 5 µg/l en 2004 à 0,01 µg/l en 2006). Les pesticides azinphos-méthyle et acétamipride ont été détectés dans les 4 zones d'échantillonnage souterrain du verger en 2006. Les quantités détectées de chaque pesticide étaient plus élevées dans les blocs où ils avaient été

spécifiquement utilisés, mais toujours inférieures à 0,25 µg/l, alors que les normes existantes varient entre 2 (acétamipride, Europe) et 20 (azinphos-méthyle, Québec) µg/l .

Les deux programmes de traitements ont eu un impact direct sur l'environnement du verger. Les pics de détection dans l'eau de drainage ont été atteints les 30 mai et 13 juin respectivement pour l'azinphos-méthyle et l'acétamipride.

En 2004 et 2006, les dégâts à la récolte causés par le charançon de la prune se sont élevés en moyenne à 3,8 % et 1,6% dans les 4 blocs sous protocole "acetamipride" vs 0,8 % et 1,0% dans les 4 blocs "azinphos-méthyle", alors que l'ensemble des autres dégâts a été équivalent pour les 2 programmes. La quantité de matière active nécessaire a été de 2125g/ha et 2240g/ha en 2004 et 2006 pour l'azinphos-méthyle contre 338g/ha et 507 g/ha pour l'acétamipride en 2004 et 2006. L'indicateur de risque pour l'environnement (IRE) et pour la santé (IRS) de l'IRPeQ est plus élevé pour le programme azinphos-méthyle pour les 2 années et ce même si un traitement supplémentaire a été effectué dans le bloc acétamipride en 2006. Pour le programme "acétamipride", l'IRE représente 47% (2004) et 45% (2006) et l'IRS représente 54 % (2004) et 75% (2006) du niveau atteint par le programme "azinphos-méthyle". Le risque pour l'environnement et la santé ainsi que la quantité de matière active utilisée ont donc été réduits par l'utilisation d'acétamipride comme alternative à l'azinphos-méthyle.

En conclusion

La présente étude considérait les trois phases de développement d'un verger à intrant minimal en pesticides, soit l'implantation, la croissance végétative et la production; l'objectif ultime étant de fournir un outil de gestion phytosanitaire du verger non basé sur les traitements chimiques lourds. En phase d'implantation, les résultats nous permettent de constater que la croissance des pommiers est parfois affectée par la culture de rotation sélectionnée, le millet fourrager s'avérant le meilleur choix. Durant la phase végétative, nous avons démontré que les prédateurs peuvent jouer un rôle significatif dans le contrôle des populations aphidiennes, mais que leurs populations n'étaient pas augmentées par la présence de plantes compagnes. Enfin, en phase de production, l'expérimentation sur la TBO a permis de constater des disparités régionales dans les populations du lépidoptère et de sa guilde de parasitoïdes, ceci possiblement en lien avec le type de boisé adjacent au verger. Le travail d'optimisation des pièges à charançon de la prune aura permis, quant à lui, d'établir que les pièges en tissu étaient les plus efficaces dans la capture de l'insecte et que la taille optimale du piège variait selon la phénologie de la plante. Finalement, les analyses ont démontré que bien que détectables, les résidus des pesticides utilisés contre le charançon étaient en deçà des normes acceptées. Bien entendu, une telle étude n'a pu qu'aborder la problématique verger. Il est crucial qu'elle soit poursuivie durant plusieurs années et étendue aux autres organismes ravageurs du pommier.

Éric Lucas