

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.

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 pommiers 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.

Dans le secteur A, 12 traitements ont été comparés dans un dispositif avec six blocs complets aléatoires pour un total de 72 parcelles. Chaque parcelle était constituée d'une rangée de 10 pommiers; soit 3,65m par 12,5m. En 2004, les traitements étaient constitués de quatre cultures de rotation (canola, sorgho, millet perlé fourrager, seigle), et de huit traitements de sol où les pommiers ont été plantés directement sans rotation préalable. Sur ces huit traitements, nous avons évalué l'effet de quatre stratégies d'amendement de sol (tourteau de canola seul, ou avec fongicides, ou avec mycorhizes, et mycorhizes seuls) et finalement de 4 traitements témoins (fumigation chimique, fongicides chimiques, un standard biologique constitué de compost de fumier et un témoin non traité). Les flux de contaminants souterrains issus des traitements chimiques ont été échantillonnés et envoyés pour analyse.

Dans le secteur B, un total de huit cultures de rotation ont été comparées à plus grande échelle avant la plantation de pommiers au printemps 2005. Les rotations (traitements) choisis sont les mêmes que dans le secteur A et comprennent également le maïs grain, le sarrasin, l'orge et le mélange B (55% mil, 15% trèfle rouge, 15% trèfle Alsike). Ces traitements ont été établis sur 4 blocs complets aléatoires, soit 32 parcelles (rangées) de 3,65m de large par 164m de longueur à raison de 1 bloc par cultivar pour la plantation de 2005. À l'automne 2004, les rangées du secteur B ont été subdivisées en 4 segments contigus (blocs) en vue de la plantation. L'ensemble du secteur B constituait un carré Latin (4 cultivars x 4 bloc). Dans les rangées en rotation avec canola, maïs, et sarrasin, les segments destinés aux cultivars McIntosh et Cortland ont été subdivisées à nouveau en quatre parcelles de 3,65m par 9,4m (dispositif en tiroir) afin d'évaluer l'effet de traitements de sols suivant une rotation. Toutes les observations du secteur B ont été faites dans les segments de rangées de McIntosh et Cortland. Nous avons évalué l'effet de la rotation seule ou alors suivie d'une fumigation, de tourteau ou de mycorhizes sur un total de 8 réplifications (2 cultivars x 4 blocs). Puisque seulement certaines rotations étaient subdivisées et que les traitements de sols n'étaient pas répliqués entièrement pour chaque culture de rotation, le dispositif n'est pas balancé.

Le secteur C a été arraché à l'automne 2004 et planté au printemps 2005. Dans ce secteur, nous avons prévu de mesurer la croissance des arbres suite à l'application de mycorhizes ou du compost en comparaison à un témoin non traité et un témoin avec fumigation.

Résultats

Analyses. 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 sera consacrée au secteur B seulement. Les effets combinés des rotations et des traitements de sol sur les variables de réponses (croissance des arbres, populations de nématodes, population de *Pythium*) ont été analysés à l'aide de la fonction « lme » de la librairie « nlme » (linear mixed effects models) du logiciel R en utilisant la méthode REML (Restricted maximum likelihood).

Croissance des arbres : 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 ($p=0.01$). 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 (fig. 1.1 & 1.2). 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, les autres rotations étant intermédiaires (fig. 1.1). 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, l'effet des traitements de sol suivant les différentes rotations n'ont pas eu d'effet sur la croissance des pommiers.

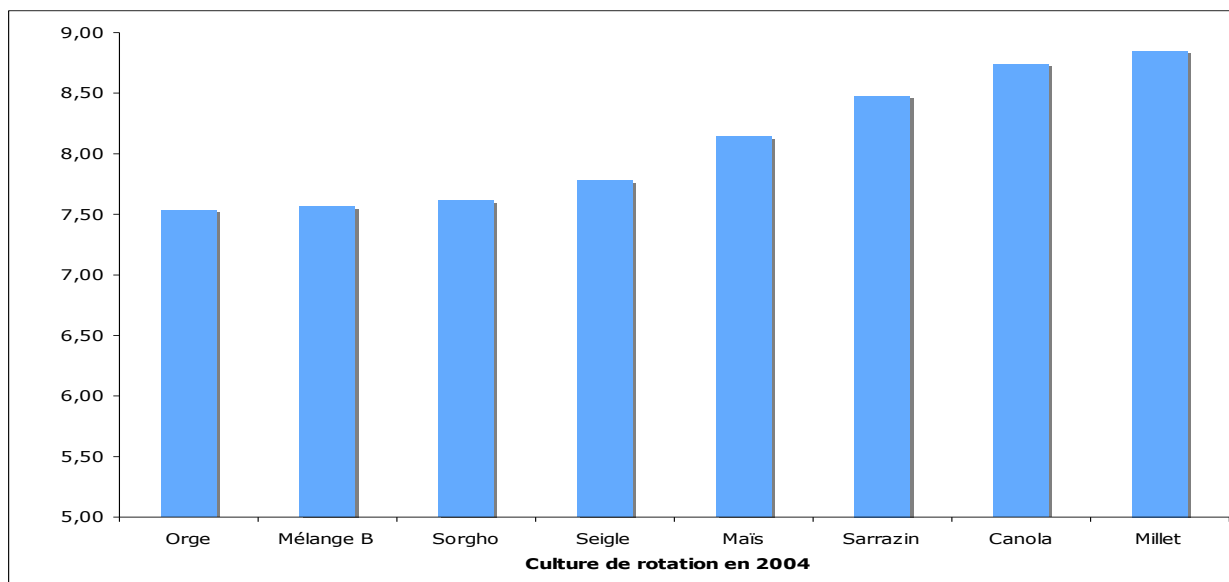


Figure 1.1. Effet des cultures de rotation sur l'augmentation du diamètre des arbres entre 2005 et 2006 pour Cortland et McIntosh confondus.

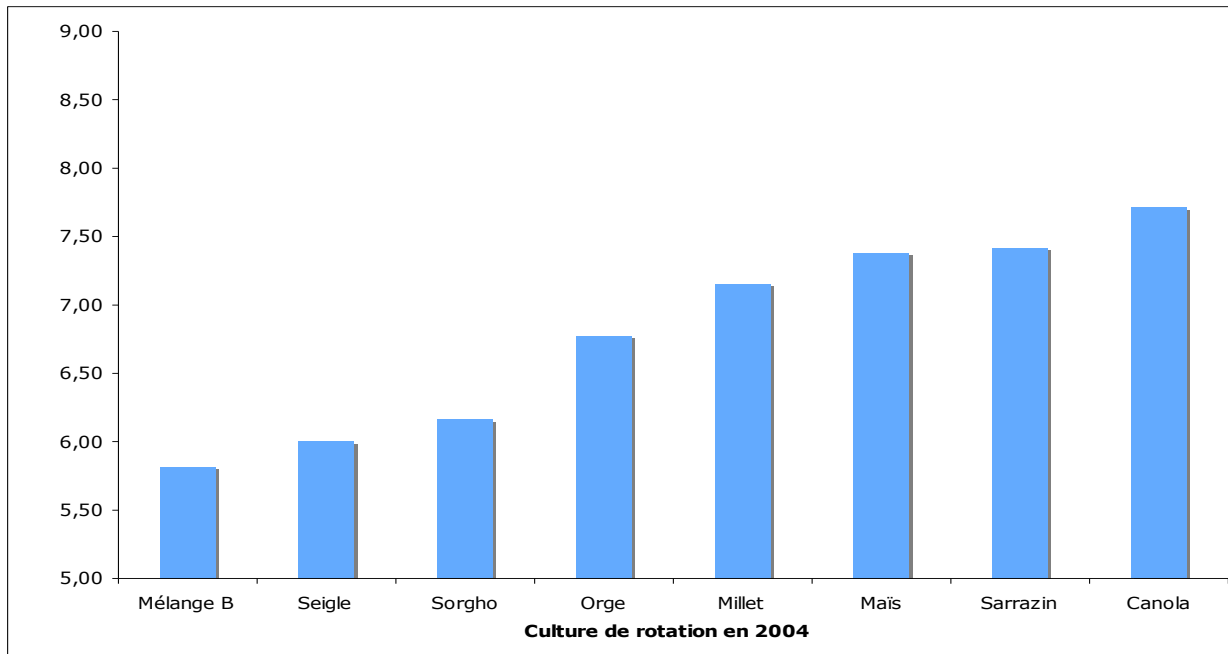


Figure 1. 2.Effet des cultures de rotation sur l'augmentation du diamètre des arbres entre 2005 et 2006 pour le cultivar McIntosh.

Nématodes : La population de nématodes à l'automne 2006, soit 2 ans après les traitements de sol et 1 an après les cultures de rotation 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 (fig. 1.3). Les parcelles avec fumigation présentaient moins de nématodes que pour les autres traitements de sol.

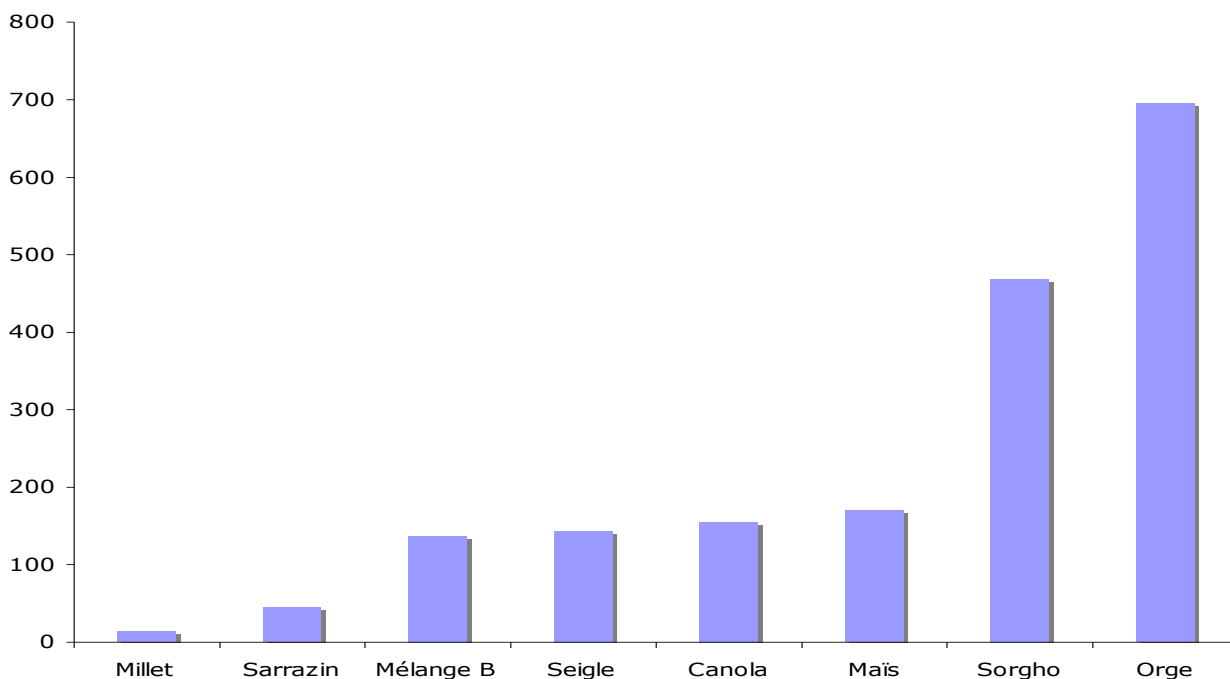


Figure 1.3. Effet des cultures de rotation sur la population de nématodes.

Populations de *Pythium* : La population de *Pythium* a été estimée par une technique moléculaire (PCR). Une cote de 1 à 3 représentant l'intensité des bandes a été utilisée. 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 fumiguées.

Discussion

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 trois 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 *Pythium* influencent 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 favorable 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 pu constater 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. En effet, les sapins plantés en 2004 qui pouvaient servir d'abris potentiels aux ennemis naturels de la TBO étaient très petits et peu susceptibles d'abriter des hôtes alternatifs tels que la tordeuse des bourgeons d'épinette. 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 tests de la section « Aménagement » ont été effectués en 2005 et 2006 dans un verger haute densité en phase de pré-production et composé des variétés Liberty et Topaz, résistantes à la tavelure *Venturia inaequalis* (Cooke). Les objectifs spécifiques à la section étaient (1) d'évaluer le rôle des ennemis naturels (parasitoïdes et prédateurs) dans la régulation des populations de pucerons *Aphis pomi* de Geer et *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae), (2) d'évaluer l'impact d'un couvre-sol fleuri composé de phacélie *Phacelia tanacetifolia* Bentham (Hydrophyllaceae) et de sarrasin *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae) sur les populations de pucerons et d'ennemis naturels et (3) de comparer la susceptibilité aux pucerons des variétés Liberty et Topaz.

Au cours de l'année 2005, les expériences et observations se sont déroulées du 6 juin au 1^{er} septembre. L'impact de la prédation sur les pucerons a été déterminé grâce à la comparaison de leurs populations dans deux traitements expérimentaux, soit (1) dans des arbres où tous les prédateurs observés étaient prélevés deux fois par semaine et (2) dans des arbres témoins où aucune manipulation était effectuée. Chacun de ces traitements étaient composés en part égale d'arbres de variétés Liberty et Topaz.

Tant pour les variétés Liberty que Topaz, les abondances de pucerons avaient tendance à être supérieure dans le traitement avec exclusion d'ennemis naturels que dans le traitement témoin (fig. 2.1 & 2.2). La proportion d'arbres supportant des colonies de plus de cinq pucerons était plus significativement supérieur dans le traitement avec exclusion de prédateur que dans le traitement témoin les 18 et 21 juillet 2005 pour les arbres Topaz et les 28 juillet et 1^{er} août dans les arbres Liberty. Ces périodes d'observation correspondent au moment où les populations de pucerons sont en période de d'accroissement démographique rapide. Les prédateurs les plus abondants au cours de cette période sont les adultes coccinelles, les cécidomyies et les araignées : les densités de ces trois groupes de prédateurs sont positivement corrélées à celles des pucerons.

Les résultats de 2005 indiquent également que les pommiers de variété Liberty sont plus susceptibles aux pucerons que ceux de variété Topaz. Les densités de pucerons étaient significativement supérieures sur les pommiers Liberty que dans les Topaz au cours de sept périodes d'observations. Ceci s'expliquerait par le fait que les arbres Topaz étaient moins vigoureux au cours de l'année 2005, possiblement dû à une période d'acclimatation plus difficile pour ces arbres d'origine européenne. Cette différence de vigueur s'est traduite par le fait que la disponibilité de jeunes feuilles non lignifiées était significativement supérieure dans les arbres Liberty que dans les Topaz au moment où les différences de densités de pucerons ont été observées. Or les pucerons *Aphis* spp. colonisent principalement ces jeunes feuilles.

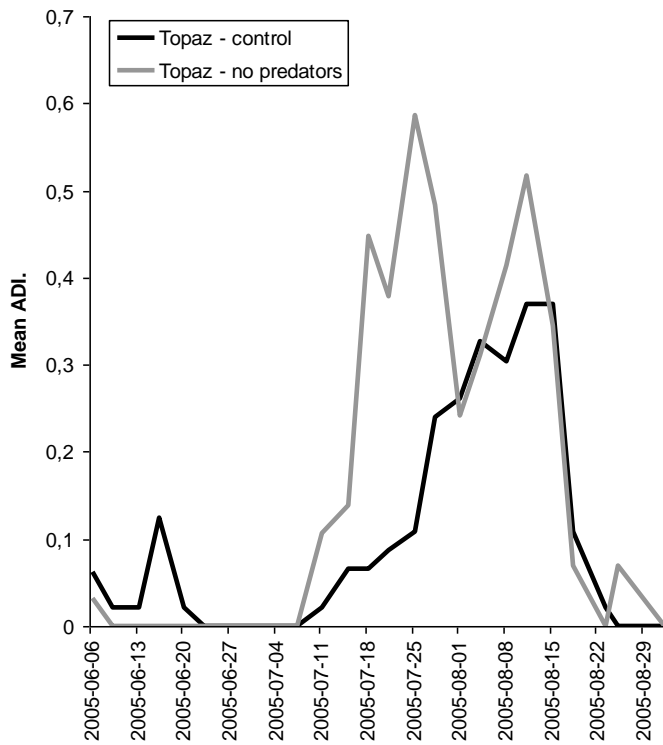


Figure 2.1. Abondance des pucerons au cours de l'année 2005 dans les arbres de variété Topaz des traitements témoin (en noir) et avec exclusion d'ennemis naturels (en gris). L'abondance est exprimée en Indice d'infestation moyen par arbre (ADI). Échelle de l'indice : 1 = 1-5 pucerons, 2 = 6-20 pucerons, 3 = 21-50 pucerons, 4 = 51-100 pucerons & 5 = ≥ 101 pucerons.

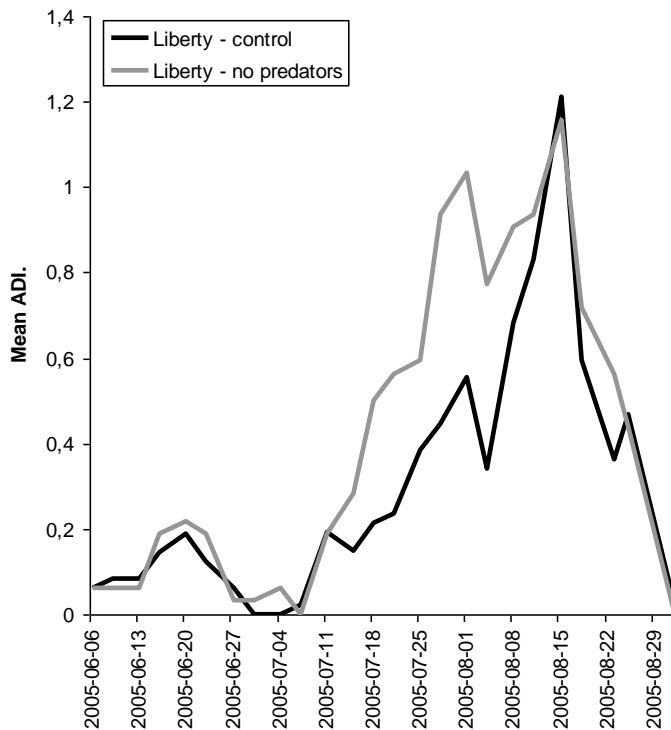


Figure 2.2. Abondance des pucerons au cours de l'année 2005 dans les arbres de variété Liberty des traitements témoin (en noir) et avec exclusion d'ennemis naturels (en gris). L'abondance est exprimée en Indice d'infestation moyen par arbre (ADI). Échelle de l'indice : 1 = 1-5 pucerons, 2 = 6-20 pucerons, 3 = 21-50 pucerons, 4 = 51-100 pucerons & 5 = ≥ 101 pucerons.

Au cours de l'année 2006, les expériences et observations se sont déroulées du 29 mai au 28 août. L'impact d'un couvre sol fleuri a été évalué grâce à la comparaison des populations de pucerons et d'ennemis naturels dans deux traitements expérimentaux, soit (1) dans des arbres situés sur un sol recouvert de phacélie et de sarrasin et (2) dans des arbres témoins situés sur un sol recouvert des graminées habituellement utilisées à cet effet en vergers. Chacun de ces traitements étaient composés en part égale d'arbres de variétés Liberty et Topaz.

Le couvre-sol de phacélie et de sarrasin était en fleur du 7 juin au 28 juillet 2006. Les résultats indiquent que le couvre sol fleuri a eu un effet mitigé sur les populations de pucerons dans les deux variétés de pommiers (fig. 2.3 & 2.4). Une proportion significativement plus grande d'arbres supportant une colonie de plus de cinq pucerons a été détectée dans le couvre-sol témoin les 2 juin, 31 juillet et 4 août pour les arbres Liberty et le 21 juin pour les arbres Topaz. Cependant, le 23 juin, cette proportion était supérieure dans le couvre-sol fleuri pour les arbres Liberty.

Cependant, la réponse de certains ennemis naturels aux infestations de pucerons étaient influencée par le type de couvre-sol. Ceci a été établi grâce à la comparaison des coefficients de régression entre les densités des prédateurs et les densités de pucerons dans les différents traitements. Ces comparaisons démontrent que la réponse reproductive des cécidomyies (i.e. la densité d'œufs pondus) était plus faible dans le couvre-sol témoin que dans le couvre-sol fleuri dans les arbres Liberty. Aucune différence significative n'a été observée dans les arbres Topaz. Ainsi, la présence d'un couvre-sol fleuri favoriserait donc la réponse des cécidomyies aux populations de pucerons, du moins dans certaines variétés d'arbres. Par contre, le couvre-sol avait une influence inverse sur les adultes coccinelles. En effet, la réponse des coccinelles adultes aux populations de pucerons était plus faible dans le couvre-sol fleuri que dans le couvre-sol témoin dans les arbres Topaz. Aucune différence significative n'est observée dans les arbres Liberty.

Enfin, de manière générale, aucune différence de susceptibilité aux pucerons n'a été observée entre les arbres Liberty et Topaz en 2006. De même, aucune différence n'a été observée dans la disponibilité de jeunes feuilles non lignifiées entre les deux variétés d'arbres.

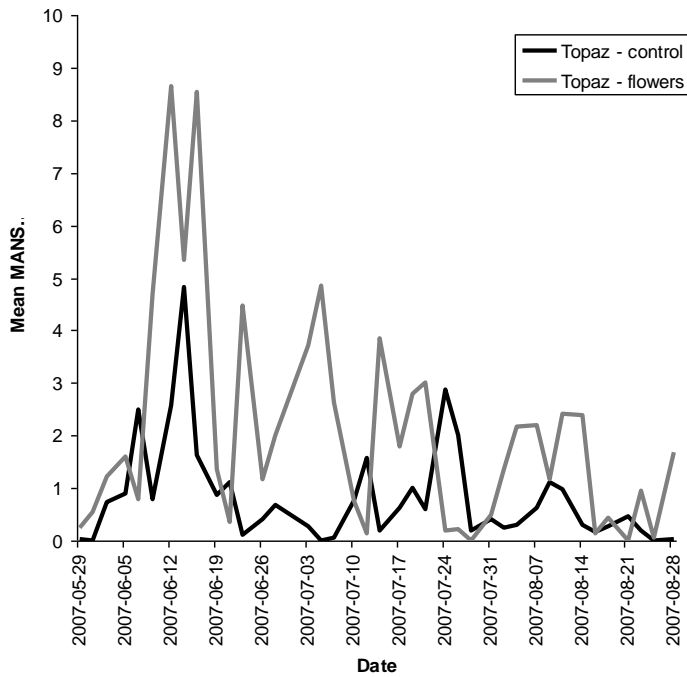


Figure 2.3. Abondance des pucerons au cours de l'année 2006 dans les arbres de variété Topaz situés sur le couvre-sol témoin (en noir) et sur le couvre-sol fleuri (en gris). L'abondance est exprimée en nombre moyen de pucerons par branche observée (Mean MANS).

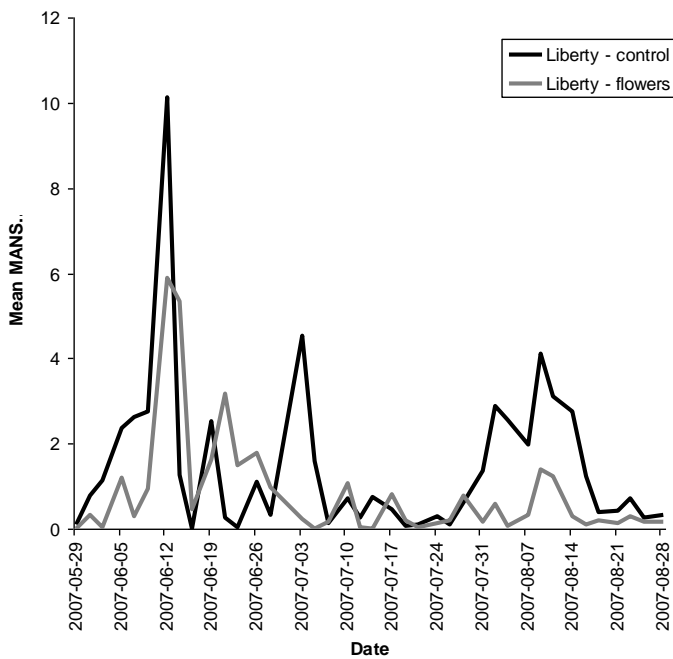


Figure 2.4. Abondance des pucerons au cours de l'année 2006 dans les arbres de variété Liberty situés sur le couvre-sol témoin (en noir) et sur le couvre-sol fleuri (en gris). L'abondance est exprimée en nombre moyen de pucerons par branche observée (Mean MANS).

En conclusion, les expériences effectuées en 2005-2006 ont démontré que la prédation contribue à la suppression des populations d'*Aphis* spp. dans un verger de pommiers haute densité en phase de pré-production et composé de variétés résistantes à la tavelure. Cette suppression est particulièrement importante au moment où les populations de pucerons sont en période d'explosion démographique. Ceci suggère que les aménagements visant à augmenter les populations de prédateurs au sein de ce type de verger pourraient avoir un impact sur les populations de pucerons. Le couvre-sol fleuri testé au cours de cette expérience n'a obtenu qu'un succès mitigé pour le contrôle des populations de pucerons. De plus, alors que certains prédateurs (les cécidomyies) semblaient être favorisés par sa présence, d'autres (les coccinelles) répondaient plus efficacement aux densités de pucerons dans le couvre-sol témoin. Ainsi, d'autres types de couvre-sol, composés d'espèces de plantes à fleurs différentes, devraient être évalués afin d'optimiser la réponse de plusieurs ennemis naturels.

2.2- Complexe TBO-Parasitoïdes

Tel que mentionné dans le rapport d'étape, cette recherche faisait initialement partie du volet 2 : *Phase végétative - recrutement et conservation d'agents naturels de lutte aux ravageurs*. Suite aux problèmes déjà décrits, l'étude a été réorientée vers les bordures des vergers (parcelles boisées), dans des vergers en production.

Un premier objectif était d'évaluer l'influence des boisés adjacents aux vergers de pommiers sur les populations de tordeuses à bandes obliques ou TBO (Lepidoptera : Tortricidae). Le deuxième objectif consistait à évaluer l'influence de ces boisés sur la composition de la guildes des parasitoïdes larvaires de la TBO et sur l'efficacité de leur contrôle. À ce sujet, nous nous intéressions à deux parasitoïdes en particulier : *Meteorus trachynotus* Viereck (Hymenoptera : Braconidae) et *Actia interrupta* Curran (Diptera : Tachinidae), qui ont également pour hôte la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clemens) (Lepidoptera : Tortricidae).

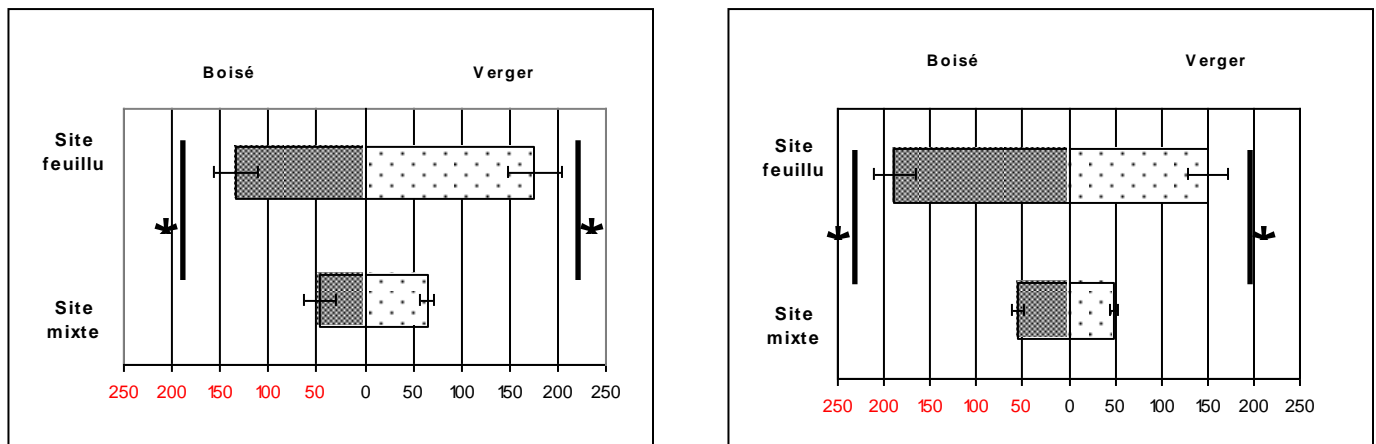
En 2005, six vergers ont été choisis principalement sur le critère de leur proximité d'un boisé considéré « à prédominance de résineux » – Frelighsburg (1) et Dunham (2) – ou « à prédominance de feuillus » – Rougemont (2) et St-Bruno-de-Montarville (1). En 2006, pour améliorer le dispositif expérimental, un des six sites expérimentaux utilisés en 2005 (boisé mixte) a été troqué pour un nouveau site à boisé feuillu; quatre autres sites se sont également ajoutés, pour avoir au total quatre sites mixtes (feuillus + résineux) et six sites feuillus. Ces sites étaient situés à St-Bruno-de-Montarville (1), Rougemont (2), St-Paul-d'Abbotsford (2), Dunham (3) et Frelighsburg (2).

En 2005, des pièges à phéromone de type Multipher 1 ont été installés dans les boisés pour estimer les populations de TBE. Les populations de TBO ont été estimées en verger et en boisé à l'aide de deux types de pièges (Pherocon 1C et Multipher 1). Les pièges ont été relevés hebdomadairement de juillet à septembre (9 semaines) dans les six sites expérimentaux. Comme les captures de TBE se sont révélées négligeables en 2005, et que des experts nous ont confirmé que ses populations sont trop faibles au Québec présentement pour en permettre un dépistage efficace, nous avons décidé de ne pas en continuer le piégeage en 2006. Pour la TBO, il s'est avéré que le piège Pherocon 1C capturait significativement plus de TBO que le piège Multipher 1; nous n'avons donc utilisé que des pièges Pherocon 1C en 2006 pour l'estimation de ses populations. Ces pièges ont été relevés hebdomadairement pendant 13 semaines consécutives entre fin mai et début septembre.

Le parasitisme de la TBO a été évalué avec une méthode de larves « sentinelles », consistant à élever des larves de TBO en laboratoire et les mettre en place dans les vergers et les boisés, sur des gourmands provenant du verger où se déroulait l'expérience. Après une période d'exposition aux parasitoïdes, elles étaient récupérées et ramenées au laboratoire, remises sur diète artificielle, déposées dans une chambre d'élevage et suite au développement des larves, le parasitisme était noté. En 2005, ces larves sentinelles ont été exposées soit pendant deux jours, soit pendant une semaine, entre juillet et septembre. En 2006, les larves sentinelles ont toutes été exposées pendant une semaine au cours de deux périodes correspondant aux

moments de présence réels des larves indigènes soit : de mi-mai à mi-juin (larves hibernantes) et de début juillet à début août (1^{ère} génération d'été). Les parasitoïdes issus de ces larves ont d'abord été identifiés à l'aide de clefs, et la confirmation de ces identifications reste encore à faire pour les spécimens de 2006. 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 démontrent qu'il existe une forte corrélation entre l'abondance de la TBO en verger et son abondance dans le boisé adjacent (2005 : $r=0,89$, $p=0,0160$, 2006 : $r=0,93$, $p=0,0001$); néanmoins, nous n'avons pas pu démontrer que cette relation était plus forte en site feuillu qu'en site mixte. Par ailleurs, un boisé feuillu abrite de plus grandes populations de TBO qu'un boisé mixte; de même, un verger adjacent à un boisé feuillu abrite de plus grandes populations de TBO qu'un verger adjacent à un boisé mixte (fig. 2.5).



(a) été 2005

(b) été 2006

Figure 2.5. Captures annuelles moyennes de TBO

L'abondance de la TBO a été ensuite mise en relation avec de nombreuses variables explicatives, calculées pour chacun des sites expérimentaux et concernant trois catégories de végétation, soit : (1) arbres et grands arbustes en boisé, (2) herbacées et petits arbustes en boisé et (3) végétation de la bordure du boisé. Ces variables sont présentées dans le tableau I. Nous avons constaté que les captures de TBO augmentaient avec la proportion de la surface terrière du boisé constituée d'espèces hôtes (arbres et arbustes) de la TBO ($0,0172 < p < 0,0430$) et avec la latitude du site ($0,0003 < p < 0,0464$). Aucune relation significative n'a été mise en évidence entre l'abondance de la TBO et la proportion de Rosacées, la proportion de feuillus, la diversité végétale du boisé adjacent ou l'intensité des traitements insecticides effectués.

En 2005, près de 10% des larves sentinelles ont été parasitées (8,79 % en site feuillu et 9,72% en site mixte); en 2006, 16,30% des larves étaient parasitées (12,97% en site feuillu, 15,47% en site mixte). Le parasitisme de la TBO semble avoir été plus grand en 2006 qu'en 2005, mais ne serait pas différent entre les deux types de sites (la supériorité dans le taux de parasitisme varie selon la semaine). La 1^{ère} génération d'été de la TBO serait la plus susceptible au parasitisme. Les identifications des parasitoïdes de 2005 montrent que les sites feuillus n'hébergent pas les parasitoïdes dans les mêmes proportions d'espèces que les sites mixtes : ainsi, *Actia interrupta* Curran, *Hercus fontinalis* (Holmgren) et *Meteorus trachynotus* (Viereck) ont été davantage retrouvés en site mixte, tandis que *Oncophanes americanus* (Weed) était plus abondant en site feuillu. D'autres analyses viendront, à savoir si les espèces ont été retrouvées dans les mêmes proportions en 2006. En 2005, 16 espèces de parasitoïdes ont été retrouvées. *A. interrupta* est le principal parasitoïde retrouvé, en 2005 et 2006. Par ailleurs, les taux de parasitisme des TBO ont été mis en relation avec les

variables environnementales déterminées pour chacun des sites expérimentaux : de façon générale, la proportion de végétaux de la famille des Rosacées pourrait être reliée positivement au taux de parasitisme, mais ces résultats sont préliminaires et restent à confirmer statistiquement. D'autres analyses sont encore à venir en ce qui concerne le parasitisme et nous attendons des confirmations pour l'identification des parasitoïdes retrouvés dans les larves sentinelles de l'été 2006.

En conclusion, le type de boisé adjacent à un verger influence 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 par manque de répétitions, l'unité d'échantillonnage étant le site. De nombreuses variables explicatives reliées à l'abondance de la TBO se confondent en fait avec l'état « feuillu » ou « mixte » du boisé, ce qui nous amène à penser que c'est plutôt un ensemble de caractéristiques de l'habitat qui modulent l'abondance de la TBO. Concernant le parasitisme de la TBO, il fluctue dans le temps et ne semble pas être différent selon le type de boisé. Par contre, la guildes des parasitoïdes s'attaquant à la TBO semble être différente selon le type de boisé.

Tableau I : Caractéristiques des différents boisés (données recueillies à l'été 2006)

Type de boisé	Site	BOISÉ : ARBRES						BOISÉ : HERBACÉES				
		Diversité H' Shannon	Espèce dominante (en surface terrière)	Richesse spécifique	Proportion de conifères (en surface terrière)	Proportion de Rosacées (en surface terrière)	Proportion d'espèces végétales hôtes de la TBO (en surface terrière)	Diversité H' Shannon	Espèce dominante (en pourcentage de recouvrement)	Richesse spécifique	Surface terrière en Rosacées (en m ² pour 400 m ²)	Surface terrière en espèces végétales hôtes de la TBO (en m ² pour 400 m ²)
Feuille	ROYF	1,702	Érable à sucre	9	----	0,180	0,59	1,524	Ariséma rouge-foncé	12	0	0
	HAM	0,620	Érable à sucre	10	----	0,133	0,98	1,775	Fougères sp. ex-aequo Trille dressé	12	0	0
	MEN	0,919	Érable à sucre	10	----	0,027	0,78	1,705	Ronce odorante	24	84,5	84,5
	BH	1,792	Érable à sucre	17	----	0,014	0,72	1,963	Smilacine à grappes	18	13,1	13,1
	GAD	1,097	Érable à sucre	10	----	0,004	0,64	1,284	Groseiller des chiens	15	0,9	0,9
	SB	1,147	Érable à sucre	6	----	0	0,63	2,363	Sanguinaire du Canada	15	4	4
	MF	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Mixte	TOU	1,827	Pin gris	13	0,36	0,130	0,37	1,016	Caulophylle faux-pigamon	17	5,5	10,50
	ROYD	1,220	Pin rouge	8	0,66	0,001	0,27	1,540	Aubépine sp.	12	1,1	7,00
	DUC	1,181	Érable rouge	8	0,42	0,002	0,45	1,854	Fougères sp.	21	9	9,00
	BR	1,704	Ostryer de Virginie	8	0,14	0	0,17	1,719	Mousses	17	4	4,05

Tableau I (suite) : Caractéristiques des différents boisés (données recueillies à l'été 2006)

Type de boisé	BORDURE						AUTRES			
	Site	Diversité H' Shannon	Espèce dominante (en pourcentage de recouvrement)	Richesse spécifique	Surface terrière en Rosacées (en m ² sur 300 m ²)	Surface terrière en espèces végétales hôtes de la TBO (en m ² sur 300 m ²)	Pente moyenne	Latitude N	Longitude O	Altitude (m)
Feuille	ROY F	1,855	Bouleau nain ex-aequo Peuplier faux-tremble	11	15	150	-0,67	45° 06'	72° 50'	198
	HAM	1,739	Érable rouge / érable à sucre	11	90	210	0	45° 23'	72° 51'	89
	MEN	0,950	Érable à sucre	7	3	153	5,50	45° 26'	72° 52'	169
	BH	0,789	Peuplier faux-tremble	8	18	261	2,83	45° 27'	73° 02'	149
	GAD	2,421	Noyer cendré	17	24	84	2,00	45° 27'	73° 03'	98
	SB	1,640	Érable à sucre	12	6	159	---	45° 32'	73° 20'	52
Mixte	MF	---	---	---	---	---	---	45° 02'	72° 47'	242
	TOU	1,393	Parthénocisse à 5 folioles	8	99	114	3,17	45° 06'	72° 51'	190
	ROY D	0,405	Bouleau nain	3	0	30	-1,67	45° 05'	72° 51'	191
	DUC	1,429	Bouleau nain	9	45	85,5	-2,83	45° 02'	72° 50'	212
	BR	1,859	Saule sp.	11	21	192	0,92	45° 02'	72° 48'	160

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.

3.1- Études en conditions contrôlées

Évaluation en conditions contrôlées de la convenance et de l'attractivité de différents matériaux utilisés pour la construction de pièges pyramidaux en fonction de différents paramètres bioclimatiques.

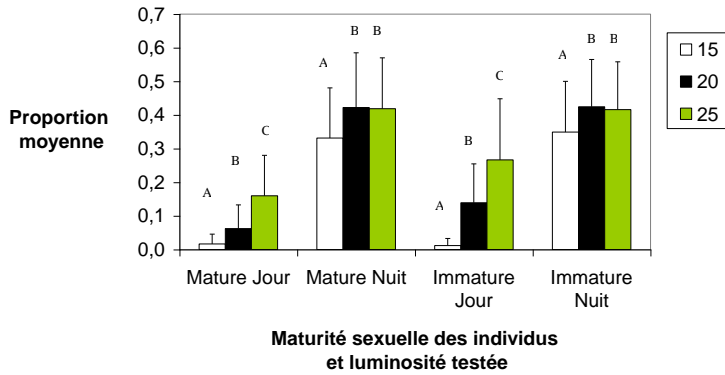
Objectif. Optimiser les caractéristiques des pièces structurales et mécanismes de capture utilisables afin d'améliorer l'efficacité de capture d'un piège pour le charançon de la prune.

Les essais ont été réalisés dans des enceintes à environnement contrôlé (T=24°C, HR : 80%, scotophase entre 22h00 et 10h00). Les matériaux structuraux à l'étude (tissu, plastique, bois et géotextile) ont été testés à l'intérieur de boîtes étanches en contre-plaqué de 1m³. À l'intérieur de chaque boîte ont été placés quatre types de matériaux et 20 charançons (10 mâles et 10 femelles). Un ventilateur, des buses d'arrosage, des jeux d'ampoules et des perforations ont permis de comparer les captures obtenues en présence ou en absence de vent, de pluie ou de lumière pour les mâles et les femelles. Chaque essai a été répété sept fois, et l'expérience a été répétée à trois reprises entre le 1er mai 2004 et le 15 juillet 2005.

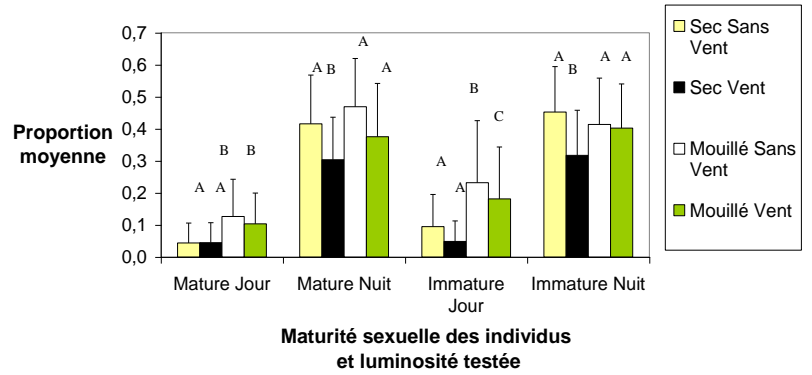
Résultats

Le piège fait de géotextile a capturé significativement plus d'individus que les autres pièges testés lorsqu'il se trouvait en condition nocturne, et a performé aussi bien que les autres matériaux en condition de jour. 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 °C) (fig. 3.1). 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.

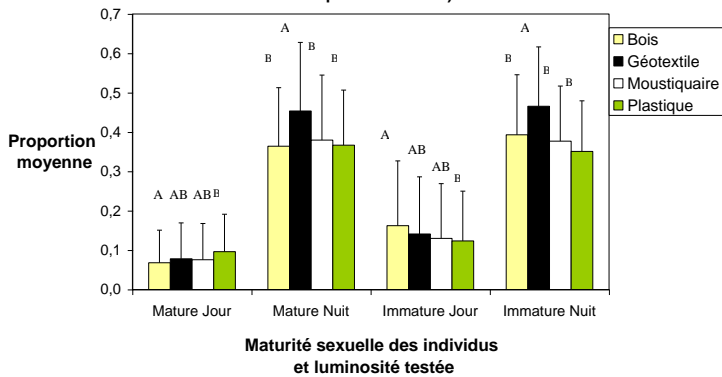
Proportion moyenne (n= 7 rep x 20 ind) des adultes capturés par les pièges aux différentes températures testées selon la maturité sexuelle des individus et la luminosité testée (tous matériaux autres facteurs abiotiques confondus)



Proportion moyenne (n= 7 rep x 20 ind) des adultes capturés par les pièges sous les différentes combinaisons de précipitations et de ventilation selon la maturité sexuelle des individus et la luminosité testée (Tous matériaux et autres facteurs abiotiques confondus)



Proportion moyenne (n= 7rep x 20 ind) des adultes capturés par les pièges construits à partir des différents matériaux selon la maturité sexuelle des individus et de la luminosité testée (tous autres facteurs abiotiques confondus)



Proportion moyenne (n= 7rep x 20 ind) des adultes capturés par les pièges en luminosité de jour et de nuit selon le type d'individus utilisés (matures et immatures sexuellement)

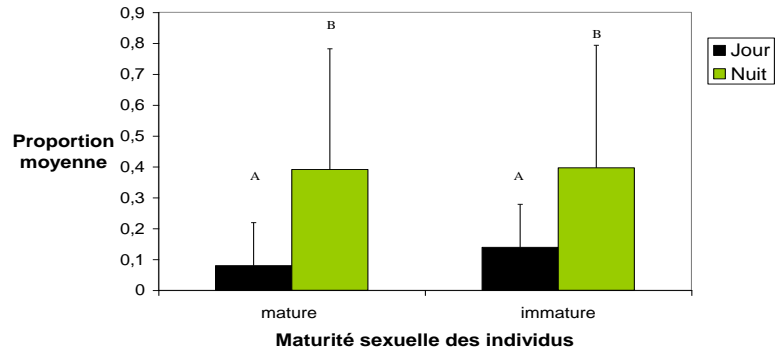


Figure 3.1 Proportion des charançons adultes capturés par les pièges selon divers paramètres biologiques et bioclimatiques.

3.2- Études sur le terrain

Évaluation de différents pièges utilisés dans une approche intégrée de lutte.

Objectifs. Comparer le patron de captures de différentes variantes de pièges pyramidaux en contexte de vergers commerciaux, de verger sans insecticide et de bleuétière (2004) et évaluer l'influence de trois facteurs (flexibilité, forme et taille) sur l'efficacité de capture de quelques variantes de pièges (2005 et 2006).

Réalisé dans trois vergers à régie biologique situés dans les régions de Mont-Saint-Hilaire (verger 1), Rougemont (verger 2) et Henryville (verger 3), les échantillonnages ont été effectués dans les vergers 1 et 2 du 12 mai au 28 juin 2004, dans le verger 1 du 10 mai au 5 juillet 2005 et du 2 mai au 10 juillet 2006 au verger 3.

En 2004, nous avons effectué des comparaisons entre 1) piège semi-conique en tissu vs. pyramidal en bois et 2) du piège en tissu semi-conique vs. conique (entourant le tronc) (verger 2).

Le relevé des captures était effectué 3 fois/semaine. Cinq périodes de captures ont été obtenues durant lesquelles chaque piège d'une même paire est resté un nombre de jour identique sous chaque arbre.

En 2005 et 2006, nous avons évalué l'influence des facteurs suivants sur le nombre de captures de CP :

- a) flexibilité (piège semi-conique en tissu vs semi-conique bois et tissu),
- b) forme (semi-conique vs. pyramidal en bois) et
- c) hauteur (piège pyramidaux en bois de 120cm vs. 30cm).

Le relevé des captures était effectué 2 fois/semaine. Trois périodes ont été établies en fonction de la phénologie du pommier : la période I (pré-floraison : 10 - 20 mai 2005, 2-10 mai 2006), la période II (floraison : 21- 02 juin 2005, 11 -17 mai 2006) et la période III (post-floraison : 03 juin - 05 juillet 2005, 18 mai au 10 juillet 2006). Un comptage des cicatrices de ponte des CP a été effectué sur 40 fruits/pommier pour les 45 arbres de l'expérience (le 05 juillet 2005 et 2006).

Résultats et discussion

En 2004, aucune différence significative par période n'a été relevée pour les comparaisons 1 ($F=0,51$; $P=0,7287$) (fig.1) et 2 ($F=0,77$; $P=0,5741$) (fig.2). Nos résultats suggèrent que le piège semi-conique en tissu, plus léger et plus maniable est aussi efficace que le piège pyramidal original.

En 2005, nos résultats semblent montrer que le piège semi-conique est plus efficace en pré-floraison s'il est flexible ($T_{15}=25$; $P=0,024$) (Fig.3a), cette tendance n'a pas été observée en 2006 (Fig.4a). Quelle que soit la période en 2005, la forme du piège ne semble pas avoir d'influence sur les captures de CP ($P>0,05$, Fig. 5a) ; en 2006 cependant, le piège pyramidal a toujours capturé significativement plus de CP que le piège semi-conique (Période I $T_{10}=8,5$; $P=0,0283$, période II $T_{11}=6$, $P=0,0068$ et période III $T_{14}=18,5$; $P=0,0162$, Fig. 5b). Le piège de 120 cm a capturé plus de CP que le piège de 30 cm en 2005 pendant la floraison ($T_{13}=16,5$; $P=0,0199$) mais moins après la floraison ($T_{11}=10$; $P=0,021$, Fig.3b). En 2006, les pièges de 120 cm ont capturés plus de CP uniquement avant la floraison ($T_{12}=13$, $P=0,0212$, Fig. 4b). Ces résultats pourraient être liés aux comportements de déplacement des CP.

Enfin, même si le piège semi-conique ne capture pas plus que le piège pyramidal original, il a semblé en 2005, permettre une meilleure corrélation entre les captures de CP et les dégâts qu'ils causent sur les fruits ($r^2=0,52$; $P=0,0038$) (Fig.6). Cependant en 2006, il a été impossible de parvenir à une corrélation significative entre les captures et les dégâts, quelque soit le type de piège.

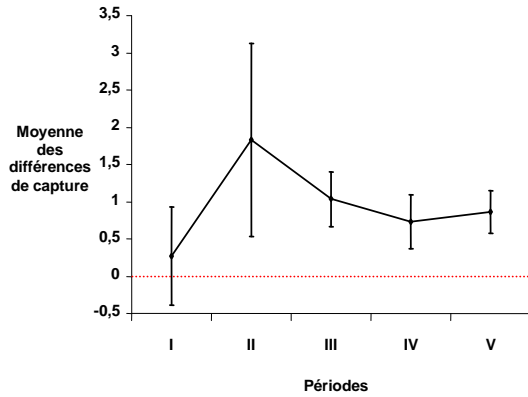


Fig. 1. Différence entre les nombres moyens de CP capturés en 2004 dans les pièges semi-coniques en tissu et pyramidaux en bois (moyenne \pm erreur standard). Aucune différence statistique n'a été relevée pour les deux comparaisons (test de t , $\alpha = 0,05$).

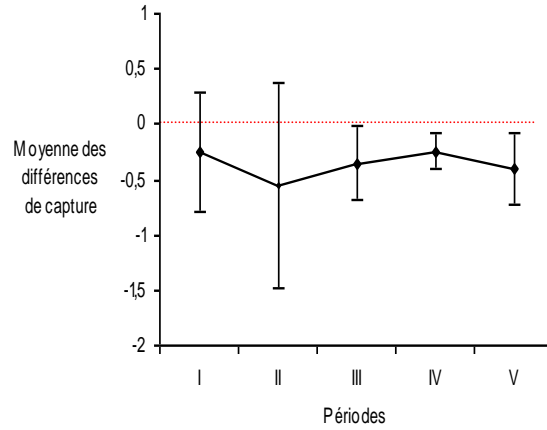


Fig. 2. Différence entre les nombres moyens de CP capturés en 2004 dans les pièges en tissu semi-coniques et coniques (moyenne \pm erreur standard). Aucune différence statistique n'a été relevée pour les deux comparaisons (test de t , $\alpha = 0,05$).

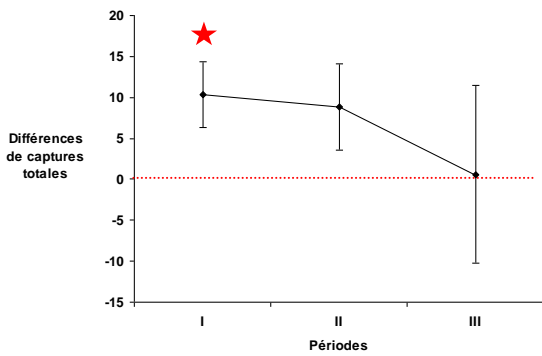


Fig.3a

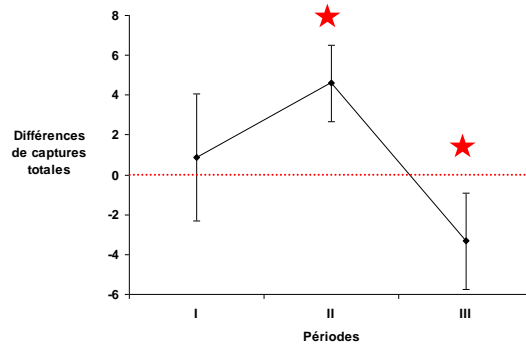


Fig.3b

Fig.3. Différence entre les captures totales de CP en 2005, dans les pièges semi-coniques souples et rigides (fig. 3a) et dans les pièges pyramides de 120 et 30 cm (fig. 3b) (moyenne \pm erreur-type). Les étoiles indiquent des différences significatives entre les pièges (test de Wilcoxon apparié, $\alpha = 0,05$).

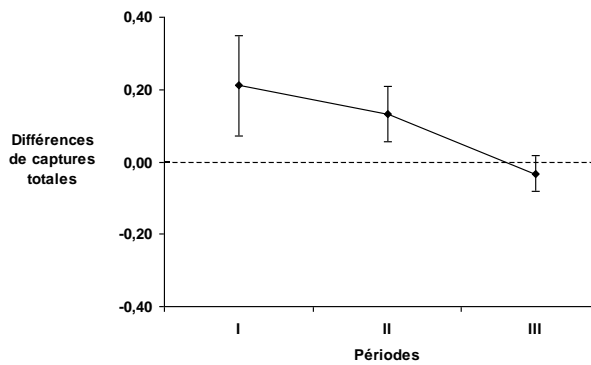


Fig4a

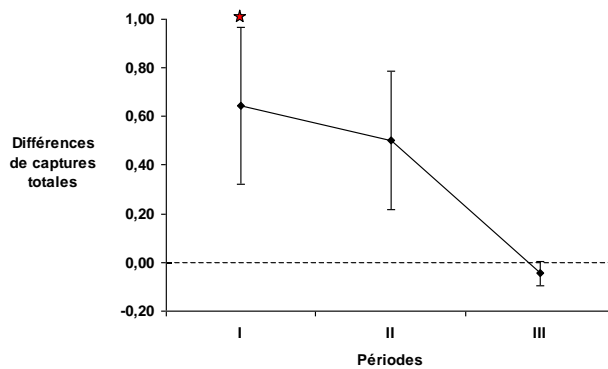


Fig4b

Fig 4. Différence entre les captures totales de CP en 2006, dans les pièges semi-coniques souples et rigides (fig. 4a) et dans les pièges pyramides de 120 et 30 cm (fig. 4b) (moyenne \pm erreur-type). Les étoiles indiquent des différences significatives entre les pièges (test de Wilcoxon apparié, $\alpha = 0,05$).

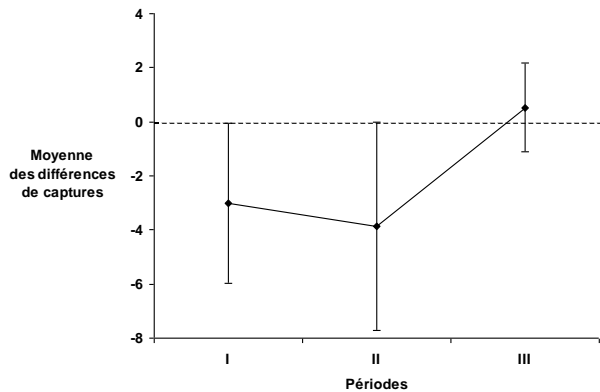


Fig.5a

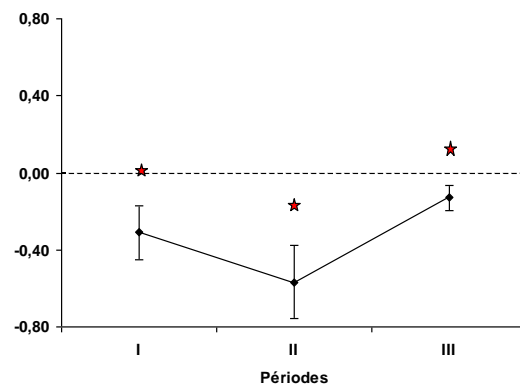


Fig.5b

Fig.5. Différence entre les captures totales de CP. Pièges en bois semi-coniques vs. pyramides en 2005 (fig 5a) et 2006 (fig 5b) (moyenne \pm erreur-type). Les étoiles indiquent des différences significatives entre les pièges (test de Wilcoxon apparié, $\alpha = 0,05$).

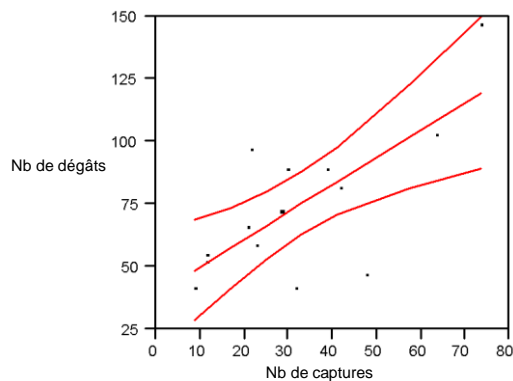


Fig. 6. Corrélation entre le nombre de cicatrices de pontes des CP et leur capture totale par le piège semi-conique en bois noir ($r^2=0,52$; $P=0,0038$).

Effet de l'application de Surround WP® sur le Charançon de la prune (CP).

Objectif : Tester l'effet d'applications de Surround WP® dans des vergers à régie biologique sur a) la présence des CP dans les vergers traités, b) les dégâts sur fruits causés par les CP et c) la migration des CP vers les vergers commerciaux avoisinants. Le Surround WP® est à base de kaolin (95%) et est préconisé comme protecteur physique des fruits contre les dommages causés par les insectes.

Réalisé dans deux vergers à régie biologique dans la région de Rougemont (verger 1) et St-Hilaire (verger 2) du 12 mai au 28 juin 2004. Deux zones d'échantillonnage par verger, 1) zone Surround WP® et 2) zone témoin. À partir du stade calice et durant quatre semaines, pour la zone 1), le Surround WP® était appliqué une fois par semaine selon des dates variables en fonction de la pluviométrie et à des doses comprises entre 33 et 55kg/ha (respectant la fiche signalétique du produit). Pour l'objectif a), les captures

d'adultes de CP étaient relevées 3 fois par semaine pour 10 pièges/zone/verger, positionnés aléatoirement dans le verger au pied de pommiers. Comme une rotation des pièges était effectuée (cf. Évaluation de différents pièges utilisés dans une approche intégrée de lutte), 6 périodes de captures ont été établis. Pour l'objectif b), une fois par semaine, à partir du stade de la nouaison, une estimation visuelle des cicatrices de pontes des CP était effectuée sur la face exposée de 40 fruits sur 5 arbres associés à un piège/zone/verger. Pour l'objectif c), les captures d'adultes de CP étaient relevées 3 fois par semaine pour 5 pièges positionnés le long de chaque zone traitée (zone 1) et à la périphérie des vergers voisins.

Résultats et discussions

a) L'application de kaolin semble n'avoir eu aucun effet sur la présence de CP dans le verger 1 (ANOVA à deux critères ; $F=1,3081$; $P=0,2601$) (fig. 1) et dans le verger 2 (ANOVA à deux critères ; $F=0,798$; $P=0,7792$) (fig. 2). Les captures dans les deux sites à l'étude se sont donc 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 modifiés par les applications de kaolin dans les vergers biologiques b) Le nombre de dégâts de CP est identique entre les zones témoin et traitées des deux vergers ($P>0,05$) c) Les captures sont demeurées faibles ou nulles dans les vergers conventionnels avant, pendant et après les applications de kaolin dans les vergers biologiques. La migration des CP vers les vergers commerciaux semble donc être très faible et ne pas être reliée à l'application de kaolin.

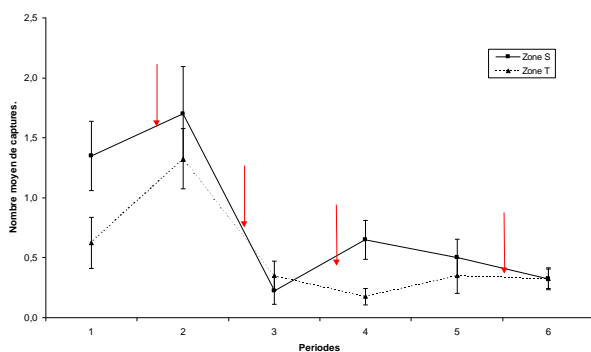


Fig.1. Moyennes des captures de CP dans les zones S et T pour le verger 1 (moyennes \pm erreur-type). Aucune différence statistique n'a été relevée (ANOVA à deux critères: $\alpha=0,05$)

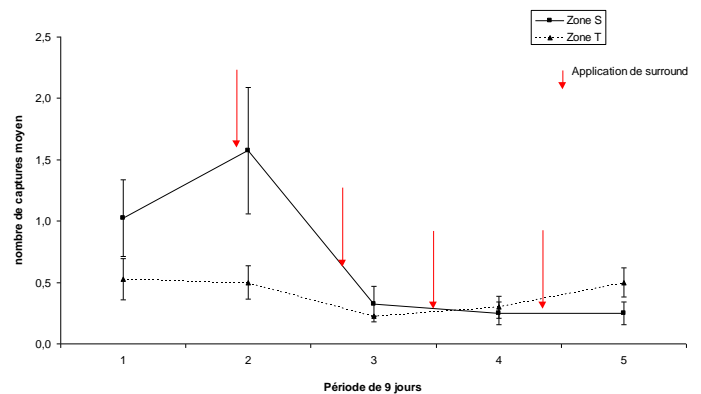


Fig.2. Moyennes des captures de CP dans les zones S et T pour le verger 2 (moyennes \pm erreur-type). Aucune différence statistique n'a été relevée (ANOVA à deux critères: $\alpha=0,05$)

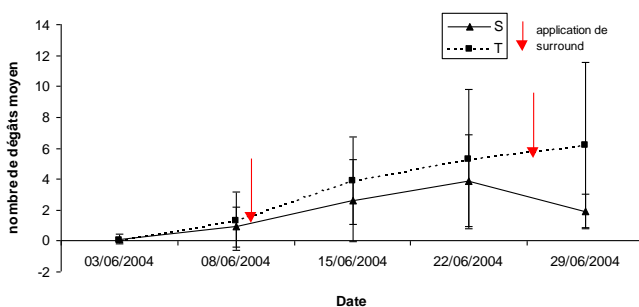


Fig.3. Moyennes des dégâts dans les zones S et T pour le verger 1 en fonction du temps (moyennes \pm écart-type).

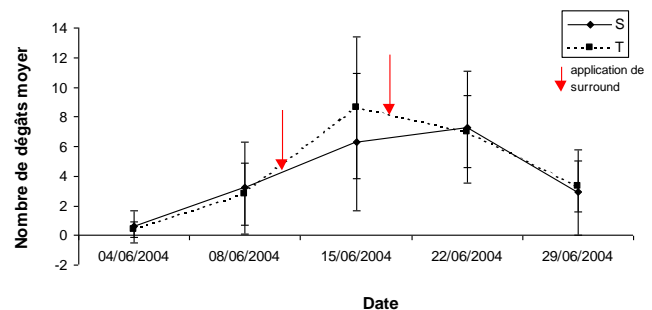


Fig.4. Moyennes des dégâts dans les zones S et T pour le verger 2 en fonction du temps (moyennes \pm écart-type).

Comparaison de l'impact d'un programme de lutte à risque réduit et d'un programme classique

Objectifs. Comparer l'impact d'un programme de protection à risque réduit à celui d'un programme classique, en termes de nombre de traitements et de résidus de pesticides retrouvés dans l'eau de drainage

Les mesures ont été prises dans un verger commercial de la Montérégie comportant les installations nécessaires de prise d'eau de drainage. La parcelle d'une dimension de 1,5 ha a été séparée en deux moitiés de 0,75 ha, régies de la façon suivante: a) programme classique de lutte au charançon: application préventive d'un organophosphoré (azinphos-méthyle) au calice sur toute la surface, suivies d'une seconde application avec le même produit, lorsque le seuil d'intervention a été atteint (3 semaines plus tard). b) programme à risque réduit: application d'un insecticide de remplacement aux organophosphorés (acétamipride), aux mêmes périodes que pour le premier programme. Les doses utilisées correspondent aux recommandations de l'étiquette. Des échantillons d'eau ont été prélevés à 5 occasions (1: avant traitement 2: immédiatement suite au traitement au calice, 3: au moins une semaine plus tard, 4: deux semaines plus tard, 5: 4 semaines plus tard) afin de mesurer et de comparer les résidus de ces deux pesticides pouvant se retrouver dans les eaux de drainage. 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 et sur la santé de chaque programme a été calculé à l'aide de l'IRPeQ (Indicateur de risque des pesticides du Québec).

Résultats

Les dégâts à la récolte causés par le charançon de la prune se sont élevés en moyenne à 3,5% et 1,6% en 2004 et 2006 dans les 4 blocs sous protocole "acétamipride" contre 0,8 % et 1,0% en 2004 et 2006 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 (Tab. 2). 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 et la quantité de matière active utilisée ont donc été réduits par l'utilisation d'acétamipride comme alternative à l'azinphos-méthyle.

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 nous a toutefois informé que certains échantillons de 2004 avait été perdus car les bouteilles de verre qui les contenaient ont éclaté (en entreposage ou lors du transport), et que possiblement les échantillons ont pu souffrir d'une dégradation soit en amont de l'échantillonnage ou en raison du délai d'analyse au laboratoire LaSève ou en raison du seuil de détection de 5 microgrammes/l. Le laboratoire LaSève 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) et de réduire les délais d'analyse. 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 (fig. 5), 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 .

Tableau 2 : Traitements et indicateurs de risque pour l'environnement(IRE) et pour la santé(IRS) selon l'IRPeQ pour 2004 et 2006 dans le verger.

Bloc Azinphos-méthyle				Bloc Acétamipride			
		IRPeQ				IRPeQ	
		IRE	IRS			IRE	IRS
2004							
Guthion	2,25 kg	289	184	Assail	240g	8	16
Sevin	1,33 l	72	146	Sevin	1,33 l	72	146
Guthion	2,0 kg	289	184	Assail	240g	8	16
Imidan	3,0 kg	156	194	Imidan	3,0 kg	156	194
Pyramite	450g	256	20	Pyramite	450g	256	20
Total Indicateur de risque		1062	728			500	392
2006							
Guthion	2,24 kg	289	184	Assail	240g	8	16
Success	182 ml	110	2	Success	182 ml	110	2
Imidan	3,75 kg	156	194	Assail	240g	8	16
Guthion	2,24 kg	289	184	Assail	240g	8	16
Envidor	0,75 l	16	541	Imidan	3,75 kg	156	194
Imidan	3,75 kg	156	194	Envidor	0,75 l	16	541
				Imidan	3,75 kg	156	194
Total Indicateur de risque		1016	1299			462	979

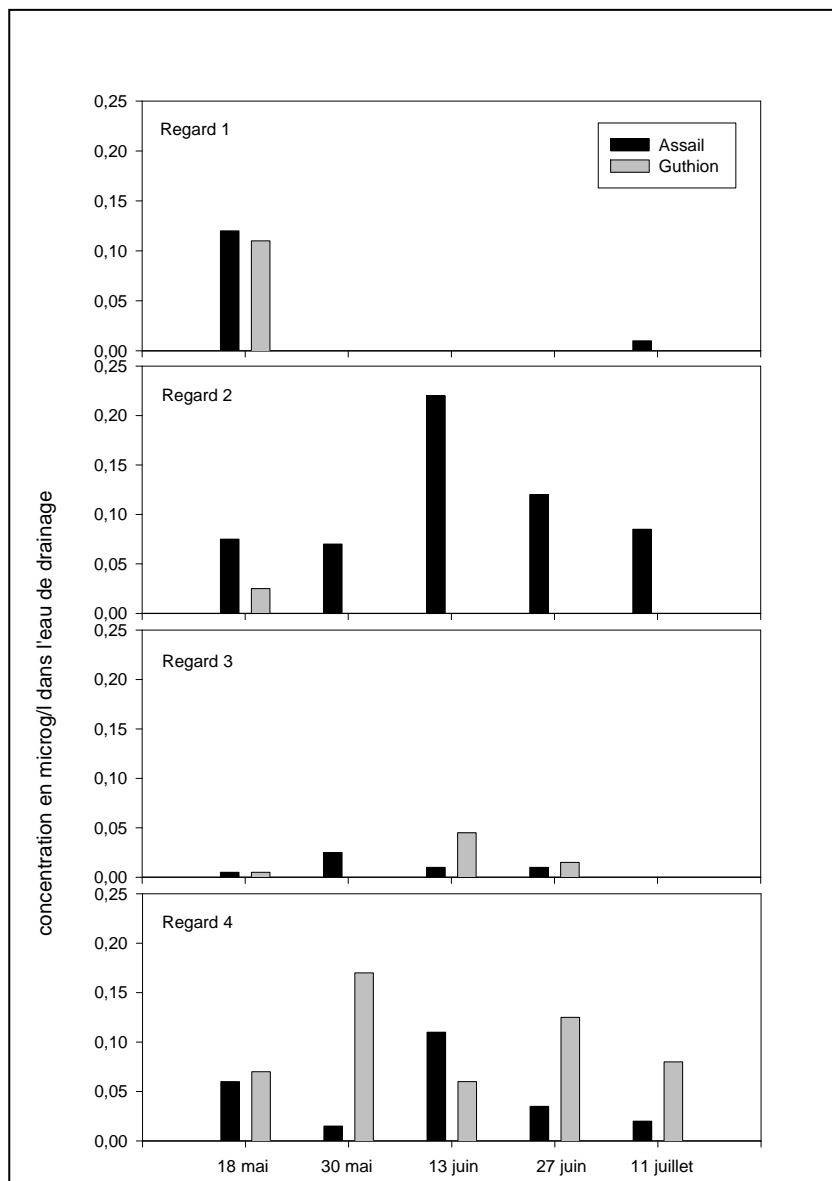


Fig. 5: Quantités d'azinphos-méthyle et d'acétamipride détectés dans les eaux de drainage tirées de chacun des regards au cours de la saison