

Influence du mode de production sur les carabes en verger de pommiers

Olivier VONLANTHEN¹, Dominique FLEURY² et Nicolas DELABAYS³

¹hepia, 1254 Jussy, Suisse

²CHANGINS, 1260 Nyon, Suisse

³DGA, 1228 Plan-les-Ouates, Suisse

Renseignements: Dominique Fleury, e-mail: dominique.fleury@changins.ch, tél. +41 22 363 40 43, www.changins.ch



Le carabe *Harpalus affinis*, une espèce familière des zones cultivées (photo David Quattrocchi, Agroscope).

Introduction

Les carabes sont, avec les staphylins et les araignées, les macro-arthropodes du sol les plus nombreux (Garcin et Mouton 2006). Ce groupe de coléoptères se caractérise par une forte sensibilité aux altérations du milieu (produits phytosanitaires), mais également à d'autres éléments liés à la gestion du verger. Ces particularités font de ces insectes des indicateurs biologiques importants au sein des agroécosystèmes (Ricard *et al.* 2012). La plupart des espèces appartenant à cette famille sont des

prédateurs généralistes, considérés comme des auxiliaires naturels (Garcin et Mouton 2006). Plusieurs études (Garcin *et al.* 2004, 2008; Boreau de Roince *et al.* 2010) ont mis en évidence l'intérêt de ces coléoptères dans la gestion de certains ravageurs importants dans les vergers de pommiers (notamment le carpocapse *Cydia pomonella*). Les éléments qui influencent les populations carabiques peuvent être tributaires du mode de production utilisé. En effet, selon le cahier des charges de l'arboriculteur (production intégrée: PI ou biologique: Bio), un certain nombre de directives peuvent en-

traîner différentes réponses de la part de ces auxiliaires. Ces différences concernent essentiellement les produits phytosanitaires, mais également certaines pratiques culturales (gestion de l'enherbement entre et sur la ligne). Certaines recherches (Dajoz 2002, Kutasi *et al.* 2004, Deuschle et Glück 2009) indiquent que d'autres facteurs en partie liés aux pratiques culturales ou résultant du contexte pédoclimatique (facteurs édaphiques, humidité, ombrage, populations avoisinantes, couverture végétale) peuvent jouer un rôle non négligeable dans la distribution de ces coléoptères.

Il existe donc plusieurs éléments susceptibles d'influencer, en termes de qualité (prédation des ravageurs) et de quantité (abondance), l'impact des carabes présents en vergers de pommiers. Notre étude s'est concentrée sur l'évaluation de populations carabiques en vergers commerciaux cultivés avec la variété Gala selon le cahier des charges PI et Bio Suisse.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Le suivi des populations de carabes a été réalisé dans la région de Conthey (VS), située à une altitude de 480 m avec une pluviométrie annuelle d'environ 600 mm, une température annuelle moyenne de 9,2 °C et un rayonnement global annuel de 3696 Wh/m²/j (Pythoud 2007).

Résumé Les carabes (*Coleoptera: Carabidae*) sont des auxiliaires importants dans les vergers de pommiers. En 2014, l'influence du mode de production a été étudiée sur la diversité et l'abondance des espèces de carabes dans deux vergers valaisans conduits en production intégrée (PI) et biologique (Bio). Le verger PI possédait un plus grand nombre d'espèces régulières, notamment *Harpalus affinis*, plus rare dans le verger Bio. Les parcelles avec un faible enherbement étaient favorables à l'espèce *Amara aenea*. Par ailleurs, l'étude indique qu'un insecticide avait une influence directe sur les populations d'*H. affinis* dans les vergers concernés.

Deux vergers conduits en PI et Bio ont été sélectionnés, avec les propriétés suivantes: variété = *Gala*, porte-greffe = M9, âge du verger = 10–20 ans. Le but était d'obtenir des caractéristiques aussi similaires que possible en termes de vigueur (quantité de végétation, ombrage + ravageurs). Quatre parcelles ont été sélectionnées dans chaque verger (fig. 1). Toutes sont implantées sur un sol calcaire, à texture légère (5 à 15 %



Figure 1 | Plan du site d'étude (Conthey, VS) avec les parcelles de pommiers Gala conduites en mode PI (brun) et Bio (jaune).

d'argile) avec un pH compris entre 7,7 et 8 (faiblement alcalin). Les deux vergers sont protégés contre le carpocapse par confusion sexuelle avec une densité de 1000 diffuseurs/ha (codlémone, Isomate-C plus).

Relevés botaniques

Le 10 septembre 2014, la biomasse a été analysée afin d'observer d'éventuelles disparités entre les parcelles d'un même système de production (PI ou Bio). Pour ce faire, quatre prélèvements ont été réalisés sur des carrés de 250 cm² (50 cm x 50 cm) (fig. 2), permettant ainsi d'obtenir une surface totale de 1 m² par parcelle. Deux cadres ont été disposés sur la première ligne de piégeage de l'entomofaune. L'opération a ensuite été répétée sur la deuxième ligne, qui comportait les pièges. Pour chaque parcelle, la totalité de la biomasse a été coupée à environ 3 cm du sol.

Relevés entomologiques

Les pièges d'interception utilisés sont des pots Barber (ou pièges à fosse). Les pièges étaient composés de pots à parois lisses d'un volume de 500 ml et d'un diamètre de 10 cm (Ricard *et al.* 2012). Un couvert légèrement surélevé était disposé au-dessus du pot, de façon à éviter tout débordement en cas de pluie. Les deux tiers du volume des pots contenaient une solution à 10 % d'éthanol additionné de quelques gouttes de détergent pour éliminer la tension superficielle de l'eau et éviter que les prises ne s'échappent des pots. La période de piégeage a débuté en avril et s'est terminée à mi-août 2014, un intervalle qui couvre l'essentiel des périodes d'activité des carabes présents en Suisse (Luka *et al.* 2009).

L'unité expérimentale correspond à la surface définie par six pièges distants de ±8 m (Funuyama 2011; Ricard *et al.* 2012). Les dimensions de cette surface de piégeage (8 m x 16 m) étaient identiques pour toutes les parcelles étudiées, quelle que soit leur taille. Les six pièges ont été disposés au centre de chaque parcelle selon la même configuration (fig. 2).

Le piégeage a été mené durant une semaine tous les mois et cinq périodes d'échantillonnage ont été réalisées d'avril à août 2014. La composition spécifique de chaque verger a été établie en considérant toutes les espèces de carabes qui excédaient 5 % du total des individus capturés. La constance des espèces est déterminée par le nombre de relevés contenant l'espèce en question dans un verger, rapporté au total des relevés effectués dans ce même verger durant la période de piégeage (avril-août). Sur la base des résultats obtenus, la classification suivante a été réalisée: > 50 % = espèces constantes, 25–50 % = espèces accessoires et < 25 % = espèces accidentelles (Garcin *et al.* 2004). Les analyses ont été effectuées sur la totalité des espèces dominantes.

Outils statistiques

Biomasse de l'enherbement

Pour la biomasse, les différences inter-parcellaires ont été déterminées pour chaque verger par le test de Kruskal-Wallis (seuil de significativité de 5 %) avec le logiciel Minitab 16.

Relevés entomologiques

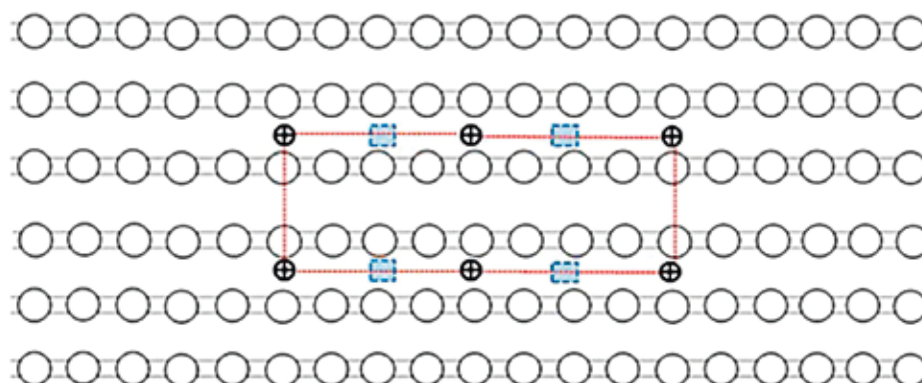
A la fin des piégeages, la totalité des carabes capturés dans chaque verger a été comparée à l'aide du test de Friedman ($p = 5\%$). Ce même procédé a été appliqué aux espèces dominantes pour lesquelles la normalité faisait défaut. Pour le reste des espèces dominantes, les comparaisons ont été réalisées par un test t à 1 échantillon ($p = 5\%$), avec le logiciel Minitab 16.

Résultats et discussion

Biomasse de l'enherbement

Le relevé de biomasse effectué le 10 septembre a mis en évidence, pour les deux systèmes de production PI et Bio, des différences significatives dans le poids des échantillons de certaines parcelles.

Figure 2 | Dispositif expérimental dans les vergers de pommiers Gala PI et Bio (croix = pièges Barber; rectangle rouge = surface de piégeage; carrés bleus = prélèvement de la biomasse).



Sur les quatre parcelles PI, les tests indiquent que la biomasse de la parcelle PI-3 était supérieure à celles de PI-2 et PI-4. Les valeurs de la parcelle PI-1 ne se différencient pas significativement des autres parcelles. En ce qui concerne le verger Bio, une différence significative de biomasse a été enregistrée entre la parcelle Bio-3, plus importante, et la parcelle Bio-2. Bio-1 et Bio-4 ne présentaient pas de différences de poids significatives (tabl. 1).

Espèces de carabidés capturées sur l'ensemble des deux vergers

Sur la totalité des parcelles étudiées, 1059 individus (540 en PI + 519 en Bio) appartenant à 28 espèces de carabes ont été capturés durant la période de végétation 2014. Le nombre d'individus piégés variait considérablement en fonction de l'espèce. Ces différences de quantité pourraient dépendre de plusieurs facteurs, comme la sensibilité aux produits phytosanitaires (Funuyama 2011), la capacité de dispersion (Dajoz 2002), la présence éventuelle de populations voisines (Deuschle et Glück 2009) ou encore la hauteur de l'enherbement lors du piégeage (Garcin 2014).

Tableau 1 | Biomasse moyenne des parcelles

Parcelle	Biomasse moyenne (g)
PI 1	76,02
PI 2	27,67
PI 3	100,95
PI 4	33,02
Bio 1	134,42
Bio 2	113,82
Bio 3	205,75
Bio 4	166,32

Le nombre total de carabes capturés ne diffère pas significativement entre les vergers PI et Bio, de même que la richesse spécifique, avec 20 espèces en PI et 23 en Bio.

Analyse des espèces dominantes

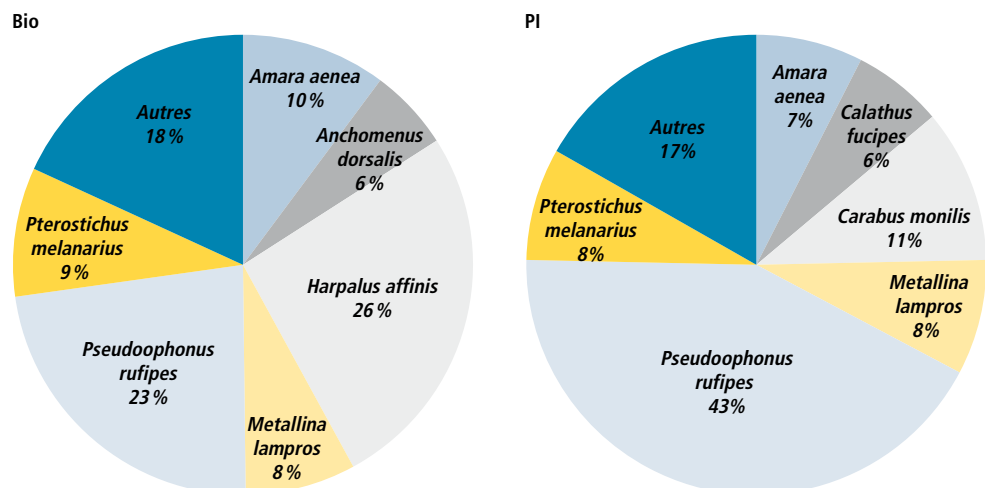
Selon le procédé décrit dans les matériel et méthodes, huit espèces dominantes ont été relevées au sein des deux vergers (fig. 3). Leurs constances (tabl. 2) nous informent que le verger PI possédait quatre espèces accessoires (espèces considérées comme représentatives de l'assemblage spécifique du verger). Avec une seule espèce accessoire relevée dans le verger Bio, l'environnement des parcelles PI semble se prêter davantage à une installation plus ou moins longue des espèces de carabes observées.

Compte tenu de la courte durée de cette étude, il est risqué d'imputer les résultats obtenus aux systèmes de production. En effet, il est probable que des éléments du paysage (cultures avoisinantes, surface de promotion de la biodiversité SPB) situés à proximité de ces agroécosystèmes aient influencé la quantité et la qualité des carabes capturés. Toutefois, en confrontant

Tableau 2 | Constance des espèces dominantes (cases jaunes: espèces accessoires)

Genre	Espèce	Constance PI (%)	Constance Bio (%)
<i>Amara</i>	<i>aenea</i>	29,2	18,3
<i>Anchomenus</i>	<i>dorsalis</i>	–	20
<i>Calathus</i>	<i>fuscipes</i>	–	12,5
<i>Carabus</i>	<i>monilis</i>	–	20
<i>Harpalus</i>	<i>affinis</i>	47	–
<i>Metallina</i>	<i>lampros</i>	38	21
<i>Pseudoophonus</i>	<i>rufipes</i>	35	39
<i>Pterostichus</i>	<i>melanarius</i>	12,5	17,5

Figure 3 | Proportions des espèces dominantes capturées en verger de pommiers Gala PI et Bio.



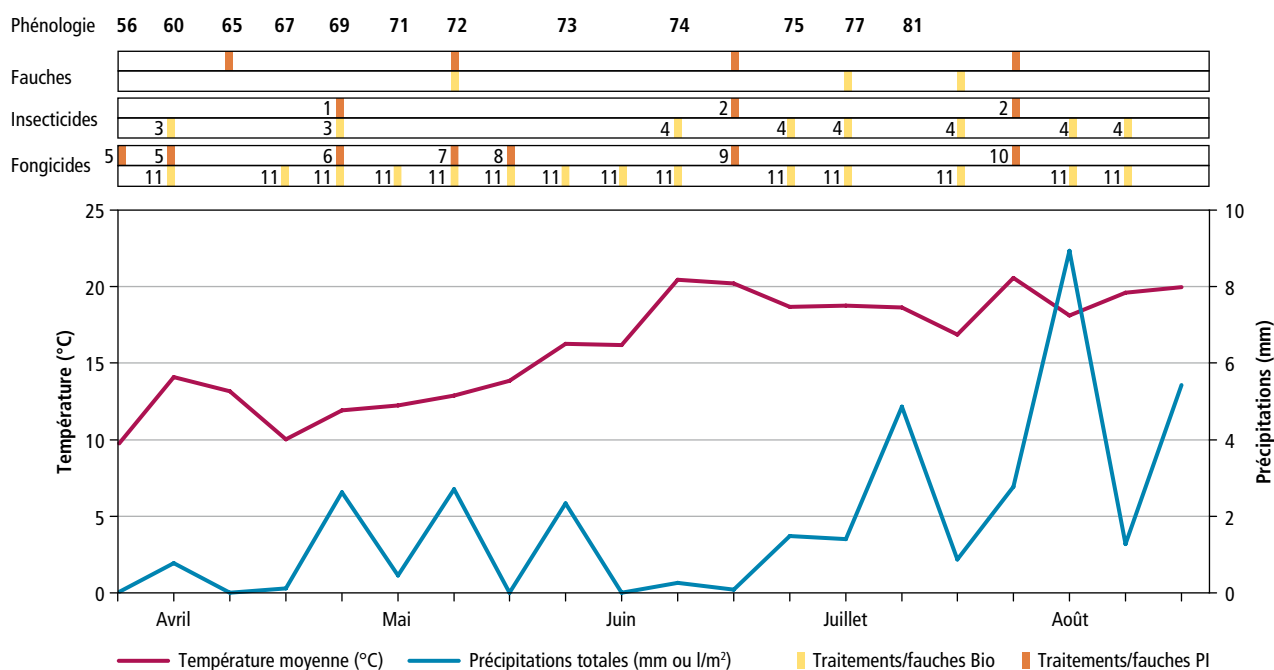
la phénologie d'*Amara aenea* et d'*Harpalus affinis* avec les dates des différentes opérations arboricoles réalisées durant l'étude (fig. 4), il se pourrait que le mode de gestion ait une influence sur ces deux espèces.

Amara aenea

Sur l'ensemble de la saison, 55 individus de cette espèce ont été capturés en PI et 39 en Bio. Ces résultats ne révèlent pas de disparité entre les deux systèmes de production.

En comparant les deux populations, leur phénologie apparaît comme relativement similaire (fig. 5), avec un pic d'activité au mois de mai. Les effectifs diffèrent le plus en juin: le nombre d'individus capturés était certes faible, mais cet écart pourrait découler en partie de la fauche effectuée à la mi-juin dans les parcelles PI (Garcin 2014). Sur l'ensemble de la saison de végétation, la répartition d'*A. aenea* était homogène dans le verger PI (fig. 6), ce qui permet de minimiser l'influence éven-

tuelle des SPB et de prendre en compte l'effet de cette opération mécanique. Les traitements effectués dans le verger Bio durant cette même période (virus de la granulose contre le carpocapse, soufre + cuivre; fig.4) ne comportaient pas de matières actives considérées comme toxiques pour les coléoptères, sauf le soufre (Bohren *et al.* 2015; OILB 2014). Toutefois, si ce dernier exerçait une toxicité sur *A. aenea*, son effet aurait certainement été relevé sur tous les effectifs mensuels, cette substance ayant été appliquée à quinze reprises au cours de la saison de végétation (fig.4). De manière générale, *A. aenea* est considérée comme une espèce peu affectée par les produits phytosanitaires. Au contraire, les pratiques intensives la favoriseraient même au détriment des espèces plus fragiles (Garcin *et al.* 2011). En verger Bio, les effectifs d'*A. aenea* variaient en fonction des parcelles. Avec une biomasse moyenne de 205,75 g (tabl. 1), la parcelle Bio-3 a fourni l'enherbement le plus important sur l'ensemble de la saison, ce qui explique



Produits phytosanitaires utilisés

Insecticides: matière active, dose d'application/ha, concentration (%)

PI Bio

1: acétamipiride, 0,25 kg, 20

2: granulose du carpocapse, 0,5 l, 0,075

3: azadirachtine, 3 l, 3

4: granulose du carpocapse, 50 ml

Fongicides: matière active, dose d'application/ha, concentration (%)

PI Bio

5: soufre, 6 kg, 51-80 + dithianon, 0,5 kg, 70-75

6: soufre, 6 kg, 51-80 + dithianon, 0,5 kg, 70-75, + laminarin 0,75 kg, 35

7: dithianon, 0,5 kg, 70-75 + krésoxim-méthyl+captane, 0,25 kg, 50+80

8: krésoxim-méthyl + captane, 0,25 kg, 50+80

9: captane, 2,6 kg, 80-83 600g/l + krésoxim-méthyl + captane, 0,25 kg, 50+80

10: triflumizole + captane ou dithianon, 0,5 kg, 50+80/75

11: oxychlorure tétracuvrique, 0,1 kg, 50 + soufre, 3 kg, 51-80

Figure 4 | Positionnement des travaux arboricoles, phénologie, pluviométrie et températures moyennes durant la saison de végétation.

peut-être le peu d'individus capturés dans cette parcelle et conforte l'hypothèse selon laquelle la présence de ce carabe serait favorisée par une végétation plutôt basse.

Harpalus affinis

Sur l'ensemble de la saison, 141 individus de cette espèce ont été capturés dans les parcelles PI contre 3 en Bio (fig. 7). Cette différence de captures globales entre les deux populations est significative ($p=0,025$) et traduit une inégalité entre les deux systèmes de production.

Les effectifs mensuels enregistrés en PI indiquent que cette espèce apparaît en avril et augmente en mai, pour diminuer ensuite les mois suivants. En observant les deux populations, on voit les effectifs mensuels varier de façon plus ou moins importante, l'écart le plus marqué étant au mois de mai, où 81 individus ont été capturés en PI contre 1 en Bio (fig. 7).

H. affinis est une espèce commune au sein des vergers (Garcin *et al.* 2011) et largement répandue en

Valais (Luka *et al.* 2009). Capable de se déplacer en volant, il possède un pouvoir de dissémination important. Sa répartition dans chaque parcelle montre qu'il est absent, ou présent en très faible quantité, dans les quatre zones cultivées en mode Bio. En PI, les parcelles PI-1, PI-2, PI-3 comportaient de nombreux individus de cette espèce. Le faible effectif de PI-4 peut être dû à la présence de routes encerclant la zone échantillonnée (fig. 8).

L'écart le plus marqué (mois de mai) entre les deux populations correspond à l'application d'azadirachtine dans les parcelles Bio (fig. 4). Ces différences font supposer que cette matière active peut être à l'origine de la quasi-absence de *H. affinis*. Selon l'OILB (2014), plusieurs espèces d'insectes (ravageurs et auxiliaires) présentent une sensibilité notable à l'azadirachtine, une substance également utilisée en culture de pommes de terre contre le doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*), un coléoptère également.

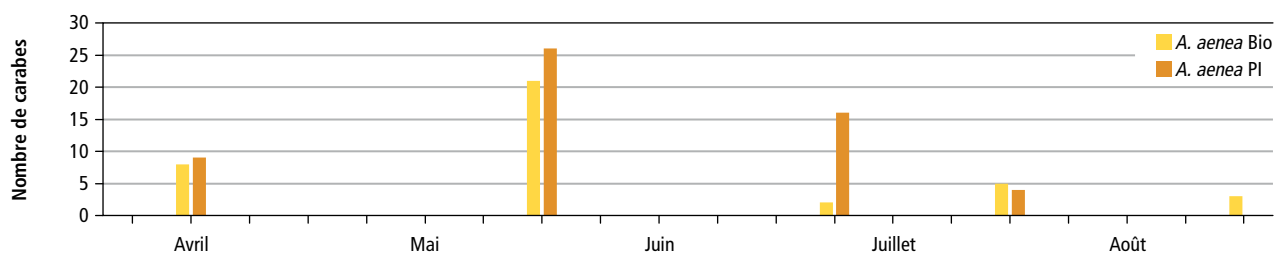


Figure 5 | Evolution quantitative d'*Amara aenea* en verger de pommiers Gala PI et Bio

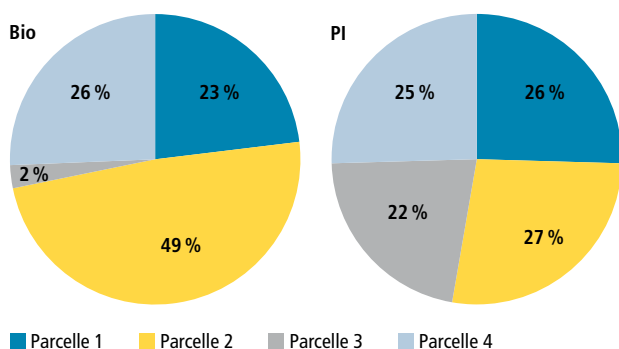


Figure 6 | Répartition d'*Amara aenea* dans les vergers de pommiers Gala PI et Bio.

Figure 8 | Répartition d'*Harpalus affinis* au sein des parcelles de pommiers Gala PI.

■ Parcelle 1 ■ Parcelle 2
■ Parcelle 3 ■ Parcelle 4

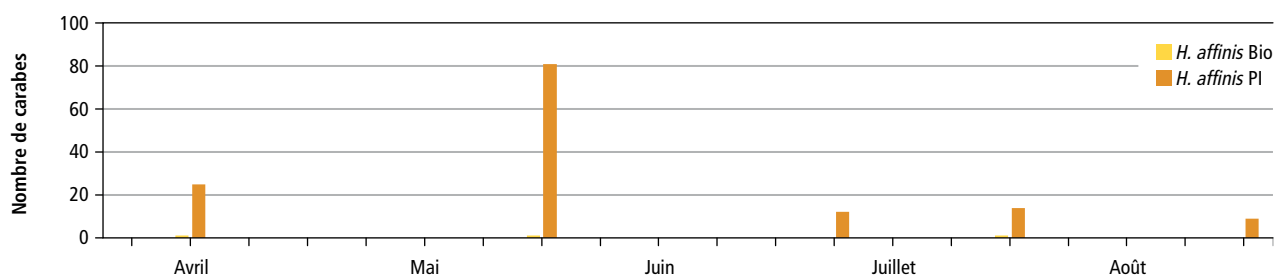
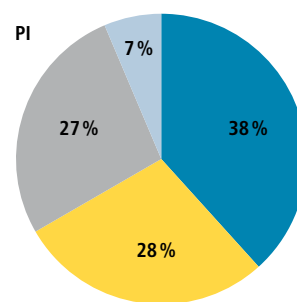


Figure 7 | Evolution quantitative d'*Harpalus affinis* en verger de pommiers Gala PI et Bio.

Summary **Impact of the production system on ground beetle in apple orchards**
Ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) are important beneficials in apple orchards. In 2014, the influence of production systems was studied on the diversity and abundance of ground beetles species in two apple orchards (cultivated under the directive of integrated or organic production). The IP-orchard showed a greater number of regular species than the organic one; in particular, *Harpalus affinis* was rarer in the organic orchard. Plots with low understorey were more favourable to the species *Amara aenea*. Moreover, the study indicates that one insecticide had a direct impact on *H. affinis* populations in the studied apple orchards.

Key words: ground beetles, insecticide, apple orchard, integrated production, organic production.

Zusammenfassung **Einfluss der Bewirtschaftungsform auf Laufkäfer in Apfelanlagen**
Laufkäfer (*Coleoptera: Carabidae*) sind wichtige Nützlinge in Apfelanlagen. 2014 wurde der Einfluss der Bewirtschaftungsform auf die Diversität und Häufigkeit von Laufkäferarten in zwei Walliser Obstplantagen studiert, welche nach den Richtlinien der integrierten Produktion (IP) und des Biolandbaues (Bio) angebaut wurden. Die IP-Plantage verfügte über eine grössere Anzahl regelmässiger Arten, insbesondere der Laufkäfer *Harpalus affinis* war seltener in der Bio-Anlage. Parzellen mit schwachem Unterwuchs waren geeigneter für die Art *Amara aenea*. Ausserdem weist die Studie darauf hin, dass ein Insektizid direkt die Populationen von *H. affinis* in den untersuchten Anlagen beeinflusst.

Riassunto **Influenza del modo di produzione nel frutteto di meli sui carabidi**
I carabidi (*Coleoptera: Carabidae*) sono degli importanti ausiliari nei frutteti di meli. Nel 2014 è stata studiata in due frutteti vallesani condotti a produzione integrata (PI) e biologica (Bio), l'influenza del modo di produzione sulla diversità e l'abbondanza delle specie di carabidi. Il frutteto PI possedeva un numero maggiore di specie regolari, in particolare *Harpalus affinis*, più rara nel frutteto Bio. Le parcelle con un debole inerbimento erano favorevoli per la specie *Amara aenea*. Inoltre, lo studio indica che un insetticida aveva un'influenza diretta sulle popolazioni di *H. affinis* nei frutteti in questione.

Conclusions

- Les deux vergers étudiés cultivés en mode PI ou Bio ne se distinguaient pas significativement pour le nombre d'espèces de carabes capturées en 2014.
- Les différences observées portaient sur les espèces régulières. Dans ce cas, le verger PI semblait plus propice à l'établissement des espèces carabiques dominantes.
- La confrontation de la phénologie des populations d'*Amara aenea* avec les travaux arboricoles laisse à penser que cette espèce affectionne les interlignes à faible enherbement.
- La quasi-absence de l'espèce printanière *Harpalus affinis* dans les parcelles Bio pourrait être liée à l'application d'azadirachtine en début de saison. Des tests complémentaires devraient être réalisés pour étayer cette observation.

Remerciements

Nous tenons à remercier les deux arboriculteurs qui ont participé à cette étude: Stéphane Dessimoz (Biofruit) et Raphaël Bianco.

Bibliographie

- Bohren C., Dubuis P.-H., Kuske S., Kuster T. & Linder C., 2015. Index phytosanitaire pour l'arboriculture. *Revue suisse de Vitic., Arboric., Hortic.* 47 (supplément), 14.

- Boreau de Roince C., Ricard J.-M., Garcin A., Jay M., Mandrin J.-F., Lavigne C. & Bouvier J.-C., 2010. Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier (première partie). *Infos-Ctifl* 263, 10–15.
- Dajoz R., 2002. Les Coléoptères: Carabidés et Ténébrionidés. Editions TEC & Doc (Paris, France), 522 p.
- Deuschle J. & Glück E., 2009. Colonisation and steadyness of carabid beetles in orchards. *Bonner zoologische Beiträge* 56, 7–16.
- Funuyama K., 2011. Influence of pest control pressure on occurrence of ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) in apple orchards. *Appl. Entomol Zool.* 46, 103–110.
- Garcin A., Darthout L. & Lochard G., 2008. Les carabes en verger de pommier: des auxiliaires à préserver. *Infos-Ctifl* 244, 31–35.
- Garcin A., Demarle O. & Soldati F., 2004. Les carabes, indicateurs de biodiversité et auxiliaires généralistes. *Infos-Ctifl* 119, 42–47.
- Garcin A. & Mouton S., 2006. Le régime alimentaire des carabes et staphylyns. *Infos-Ctifl* 218, 19–23.
- Garcin A., Picault S. & Ricard J.-M., 2011. Les carabes en cultures fruitières et légumières. *Infos-Ctifl* 273, 10 p.
- Kutasi C., Markó V. & Balog A., 2004. Species composition of carabid (*Coleoptera: Carabidae*) communities in apple and pear orchards in Hungary. *Acta phytopathologica et entomologica Hungarica* 39, 71–89.
- Luka H., Marggi W., Huber C., Gonseth Y. & Nagel P., 2009. *Coeloptera, Carabidae: Ecology-Atlas*. CSCF & SEG, Neuchâtel, 677 p.
- Organisation internationale de lutte biologique et intégrée (OILB), 2014. Pesticides database. Adresse: <http://www.iobc-wprs.org/> [5 octobre 2014]
- Ricard J.-M., Garcin A., Jay M. & Mandrin J.-F., 2012. Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière. Ctifl, Paris, France, 472 p.
- Ricard J.-M., Garcin A., Lavigne C., Boreau de Roince C., Jay M., Mandrin J.-F., Bouvier J.-C. & Mille M., 2011. Fonctionnalité des arthropodes du sol dans le contrôle des ravageurs du pommier (deuxième partie). *Infos-Ctifl* 274, 24–29.