

Effet des plantes associées au colza d'hiver sur les dégâts d'altises

Stève Breitenmoser, Thomas Steinger, Ivan Hiltbold, Yves Grosjean, Vincent Nussbaum, Floriane Bussereau, Françoise Klötzli, Nicolas Widmer et Alice Baux

Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Stève Breitenmoser, e-mail: steve.breitenmoser@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs11-16> Date de publication: 30 janvier 2020



Colza associé n°2, soit le mélange de sept espèces de plantes compagnes (trèfle d'Alexandrie, nyger, sarrasin, lentille, vesce, gesse, féverole) avec le colza d'hiver. (Photo: Xavier Bousselin, Agroscope)

Résumé

Afin de savoir si la présence de plantes associées au colza d'hiver (*Brassica napus* L. subsp. *napus*) a un impact négatif sur les populations d'altises (adultes et larves), des essais avec deux types d'associations de plantes semés avec le colza (association 1 et 2) et un témoin (colza en pur + herbicide) ont été conduits durant quatre saisons (2014–2018) à Agroscope sur le site de Changins. Le vol et la présence des altises ont été suivis à l'aide d'une cuvette jaune au sol durant l'automne avec en parallèle un contrôle des dommages occasionnés par les adultes de l'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala*) et des petites altises des crucifères (*Psyllotreta* spp.) sur les cotylédons. En sortie d'hiver, un contrôle du nombre de larves par plante de l'altise d'hiver du colza a été effectué. Les résultats montrent une différence significative entre le colza

semé avec l'association de plantes («colza associé») par rapport au colza semé en pur en ce qui concerne le nombre de plantes attaquées par les adultes d'altises, et ceci quel que soit le mélange de plantes. Il s'agirait donc plutôt d'un effet de confusion visuelle ou olfactive sur les adultes grâce à une couverture ou une biomasse plus importante. Par contre, cette différence entre le colza associé et le colza en pur ne se concrétise pas dans le nombre de larves/plante de l'altise d'hiver du colza. Ces résultats sont discutés et des perspectives sont proposées, concernant l'amélioration de cette piste de lutte avec les plantes associées au colza.

Key words: oilseed rape, cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala*, Integrated Pest Management, intercropping, multiple cropping.

Introduction

Le colza d'hiver (*Brassica napus* L. subsp. *napus*) est soumis à différents bioagresseurs en automne après les semis. Parmi ceux-ci, l'altise d'hiver du colza *Psylliodes chrysocephala* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Chrysomelidae) (fig. 1) est un ravageur important et connu de longue date de la culture du colza d'hiver en Europe et en Suisse (Chaponnier 1948, Bonnemaïson 1962, Balachowsky 1963, Volker 1988, Derron *et al.* 1991, Häni *et al.* 2018). Les adultes de cette espèce (fig. 1) peuvent poser des problèmes lors de leur arrivée dans les parcelles de colza en automne en endommageant les cotylédons et les feuilles des jeunes semis de colza, empêchant ainsi une bonne levée de la plante. Les femelles pondent ensuite durant tout l'automne aux pieds des plantes. À l'éclosion des œufs, les larves forent les pétioles, puis, parvenues au 3^e stade larvaire, elles abandonnent le pétiole pour pénétrer dans la tige et parvenir dans le cœur de la plante, durant l'hiver (Bonnemaïson 1962, Balachowsky 1963, Derron & Goy 1991, Häni *et al.* 2018). Selon Derron & Goy (1991), une densité moyenne d'une larve par plante provoque une perte de rendement d'environ 40 kg/ha. Si une pression importante de larves est présente et que l'hiver est rigoureux, le gel jumelé aux dégâts de l'insecte peut entraîner la mort de la plante. En effet, les galeries creusées permettent à l'eau de s'infiltrer dans le pétiole, provoquant ainsi l'éclatement



Figure 1 | Adulte de l'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala*) sur un cotylédon de colza avec une morsure en arrière-fond. (Photo M. Kaufmann)

des tissus végétaux en période de gel. Les dégâts les plus importants sont donc causés par les larves (Bonnemaïson 1962, Balachowsky 1963, Alford *et al.* 2003, Williams 2010).

Membre de la même guildes de ravageurs, les petites altises des crucifères du genre *Phyllotreta* – principalement les espèces *P. atra* (Fabricius, 1775), *P. cruciferae* (Goeze, 1777), *P. nemorum* (Linnaeus, 1758), *P. nigripes* (Fabricius, 1775), *P. undulata* Kutschera, 1860 – peuvent quant à elles être présentes ponctuellement dans les parcelles de colza en fonction de la présence de cultures maraîchères dans les environs (choux) ou d'engrais verts (moutardes). Seule une pression massive d'adultes de ce genre peut avoir un impact sur les semis de colza d'hiver en période de sécheresse, en endommageant l'épiderme des cotylédons et premières feuilles. Une fois que la plante s'est développée, ces espèces ne présentent plus de danger pour cette culture. En effet, au contraire de l'altise d'hiver du colza, les altises de ce genre passent l'hiver dans les anfractuosités du sol sous forme d'adulte pour ne pondre que le printemps prochain surtout dans les cultures de choux (Bonnemaïson 1962, Balachowsky 1963, Volker 1988, Oelhafen & Vogler 2014, Häni 2018). Les seuils d'intervention actuels en Suisse sont basés sur différents stades phénologiques du colza (Agridea 2019): avec un contrôle de 10 x 5 plantes sur une parcelle, si 50% des plantes présentent plus d'une morsure due aux adultes d'altises (toutes espèces confondues) sur une culture à développement difficile au stade cotylédon (BBCH 10); puis si 80 % des plantes présentent les mêmes symptômes, ou s'il y a plus de 100 captures de l'altise d'hiver du colza dans la cuvette jaune (piégeage) en trois semaines ou si sept pieds sur dix contiennent au moins une larve aux stades 5–8 feuilles (BBCH 15–18, entre mi et fin octobre), une intervention peut être réalisée. Dans tous les cas, selon les exigences liées aux prestations écologiques requises (PER) contenues dans l'ordonnance sur les paiements directs (RS 910.13), une demande d'autorisation spéciale auprès de la station phytosanitaire cantonale est nécessaire pour pouvoir réaliser un traitement.

Depuis la suspension des enrobages de semences de colza à base de néonicotinoïdes en décembre 2013 en Suisse (suivie d'une interdiction en 2018), la lutte par pulvérisation dans cette culture avec des pyréthrinoïdes (seule famille chimique d'insecticides homologuée en Suisse) est en augmentation. Celle-ci était cependant déjà réalisée par le passé en Suisse lorsque le seuil d'intervention était atteint malgré la semence enrobée. En effet, l'efficacité

de l'enrobage diminuant avec le temps (Dewar 2017), si l'attaque et les dégâts dus aux adultes persistaient après le stade de quatre feuilles, une (ou deux) applications de pyréthrinoides pouvaient être réalisées pour un contrôle supplémentaire, ce qui fut parfois le cas en Suisse.

Depuis quelques années en France et en Suisse romande, se développe la culture de colza en association (colza associé) où des plantes – principalement des légumineuses gélives – sont ajoutées à la culture principale en sous-semis. Cette méthode culturale appelée *multiple cropping* ou *mixed cropping* (Andrews & Kassam 1976) ou encore *intercropping* (Theunissen 1994, Cadoux *et al.* 2015) est la mise en place d'une association simultanée de deux ou plusieurs espèces sur la même surface, avec ou sans disposition distincte des rangs. L'objectif principal de cette méthode est de concurrencer les adventices en automne et ainsi éviter l'application d'herbicide. De plus, diverses hypothèses ont été posées, comme celle que les cultures associées pourraient diminuer les dégâts dus aux insectes nuisibles dans une culture par effet de supplément de biomasse produite, par effet visuel masquant en partie la culture, par atterrissage inapproprié sur une plante compagne du colza, ou encore en favorisant des auxiliaires (Finch & Collier 2000, Jamont *et al.* 2013, Cadoux *et al.* 2015, Cadoux & Sauzet 2016).

Agroscope a conduit différents essais sur le domaine de Changins, à la recherche de solutions et d'alternatives durables pour la protection du colza contre les altises, tous genres confondus. Cet objectif s'inscrit dans le cadre des mesures liées au Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires (PAN 2017), et afin de limiter le risque de développement de résistance aux pyréthrinoides dont des cas sont confirmés en Allemagne, en France, au Danemark et en Grande-Bretagne (Heimbach & Müller 2013, Zimmer *et al.* 2014, Brandes & Heimbach 2015, Hojland *et al.* 2015, Robert *et al.* 2015, Heimbach &

Brandes 2016, Dewar 2017, Robert *et al.* 2017, Brandes & Heimbach 2018ab). Se basant sur l'hypothèse que la présence de plantes associées au colza a un impact négatif sur les populations d'altises, adultes et larves, cet article expose les résultats des essais menés durant quatre ans à Agroscope sur le site de Changins.

Matériel et méthodes

Description des essais du colza en culture associée

Les essais ont été conduits sur du colza d'hiver (*Brassica napus* L. subsp. *napus*) et couvrent quatre saisons consécutives de culture (2014–2015 à 2017–2018) sur des parcelles différentes (rotation) d'Agroscope, site de Changins (VD). La variété Avatar (Norddeutsche Pflanzenzucht) a été choisie en raison de sa popularité en Suisse au moment de la mise en place de l'essai. Le colza a été cultivé selon les règles PER. Le dispositif expérimental consiste en trois procédés avec trois ou quatre répétitions selon les années, dont chaque plot mesurait 24,75 m² (2,25 × 11 m). Le détail de ces parcelles d'essai est donné dans le tableau 1. Les plantes en association ont été semées en même temps que la culture de colza. La description des espèces, la composition des mélanges ainsi que la densité de semis sont présentés dans le tableau 2.

Suivi du vol et de la présence des adultes d'altises

L'arrivée, le vol et la présence des adultes d'altises (*Psylliodes chrysocephala* et *Phyllotreta* spp.) dans la culture de colza ont été suivis à l'aide d'une cuvette jaune en métal d'un diamètre de 28 cm, à 2/3 enterrée, contenant de l'eau avec quelques gouttes de mouillant puis de l'antigel à l'arrivée des premiers froids (Derron & Goy 1991). Une cuvette jaune par parcelle et saison a été mise en place lors du semis de la culture en août et contrôlée deux fois par semaine jusqu'à mi-décembre.

Tableau 1 | Description des parcelles d'essais concernant le colza en association réalisés à Agroscope Changins (2014–2018).

Saison d'essai	Parcelles, essais, procédés							Contrôle des dégâts d'adultes en automne			Prélèvement des plantes pour contrôle larvaire en hiver		
	N°	Altitude	Variété	Date de semis / récolte	Précédent cultural	Nb proc.	Nb répét.	Date	BBCH	Type	Date	BBCH	Type
2014/2015	P.5	423 m	Avatar	22.08.2014 04.07.2015	Blé tendre d'hiver	3	4	16.9.2014	14–15	Nombre de plantes attaquées (avec > 2 morsures d'altises sur les cotylédons-feuilles)	19.2.2015	30	Nombre de larves par plante
2015/2016	P.52	381 m	Avatar	20.08.2015 08.07.2016	Blé tendre de printemps	3	4	15.9.2015	14–15		22.2.2016	30	
2016/2017	P.7	426 m	Avatar	25.08.2016 27.06.2017	Blé tendre d'hiver	3	3	27.9.2016	15		1.2.2017	30	
2017/2018	P.27	422 m	Avatar	22.08.2017 28.06.2018	Blé tendre d'hiver	3	4	6.10.2017	15		7.2.2018	30	

Tableau 2 | Description des procédés et des plantes en association au colza pour les quatre années d'essais réalisés à Agroscope Changins (2014–2018).

Procédés		Densité de semis et proportion de chaque espèce dans le colza associé							
Nom	Description	Colza d'hiver (<i>Brassica napus</i> L.)	Trèfle d'Alexandrie (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.)	Nyger (<i>Guizotia abyssinica</i> [L.f.] Cass.)	Sarrasin (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	Lentille fourragère (<i>Lens nigricans</i> [M.Bieb.] Godr.)	Vesce commune de printemps (<i>Vicia sativa</i> L.)	Gesse (<i>Lathyrus sativus</i> L.)	Féverole de printemps (<i>Vicia faba</i> L.)
Témoin	Colza pur + herbicide Devrinol Top (napropamide 345 g/l; clomazone 30 g/l) contre adventices (dicot- et monocotylédones) annuelles à 3 l/ha	2,5 kg/ha (50 grains/m ²)	–	–	–	–	–	–	–
Culture associée 1	Colza + trèfle d'Alexandrie + nyger	2,5 kg/ha (50 grains/m ²)	3 kg/ha	2 kg/ha	–	–	–	–	–
		1	1/2	1/2	–	–	–	–	–
Culture associée 2	Colza + mélange (trèfle d'Alexandrie, nyger, sarrasin, lentille, vesce, gesse, féverole)	2,5 kg/ha (50 grains/m ²)	3 kg/ha	2 kg/ha	7 kg/ha	7 kg/ha	7 kg/ha	6 kg/ha	22 kg/ha
		1	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7

Contrôle des dégâts d'adultes d'altises (*P. chrysocephala* et *Phyllotreta* spp.)

L'effet présumé des plantes associées au colza (culture associée) a été contrôlé sur le nombre de plantes attaquées par les adultes des différentes espèces d'altises liées au colza en automne, comme l'altise d'hiver du colza (*P. chrysocephala*) et les petites altises des crucifères (*Phyllotreta* spp.). En effet, les morsures entre ces espèces sont indissociables.

Le contrôle a été réalisé en comptant le nombre de plantes de colza présentant des morsures d'altises sur les cotylédons et premières feuilles (2 × 5 plantes consécutives/plot). Ce qui peut aisément être converti en taux de plantes attaquées, pour se référer au seuil d'intervention actuel (Agridea 2019). Pour être considérée comme attaquée, une plante doit avoir ≥ 2 morsures par cotylédon ou feuilles.

Contrôle des larves de l'altise d'hiver du colza (*P. chrysocephala*)

Deuxièmement, l'effet présumé des plantes associées au colza (culture associée) a été contrôlé sur les dégâts dus aux larves de l'altise d'hiver du colza dans les plantes. Le contrôle a été réalisé en dénombrant les larves par plante à la sortie d'hiver. Pour cela, dix plantes par plot ont été prélevées puis les larves ont été extraites en utilisant la méthode de Berlese adaptée (fig. 2). Cette technique consiste à extraire des organismes du sol, de la litière ou d'une plante, par la chaleur émise d'une lampe positionnée au-dessus d'un entonnoir (Berlese

1905). Dans notre cas, cinq plantes ont été déposées par entonnoir (type conique, fig. 2 ou cylindrique) avec un flacon d'alcool à 70° situé en dessous de l'entonnoir dans un système semblable à celui décrit par Anonymous (2015) ou par Conrad *et al.* (2016). Contrairement à la méthode traditionnelle de Berlese, les entonnoirs ne sont pas chauffés directement avec une lampe mais uniquement grâce à la température du local (23–25°C). La durée d'extraction était de 30 jours. Durant cette période, le colza se dessèche et les larves qui sortent afin de trouver une nouvelle plante-hôte tombent ainsi dans le récipient d'alcool.



Figure 2 | Méthode de Berlese, type conique, pour l'extraction des larves de l'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala*).

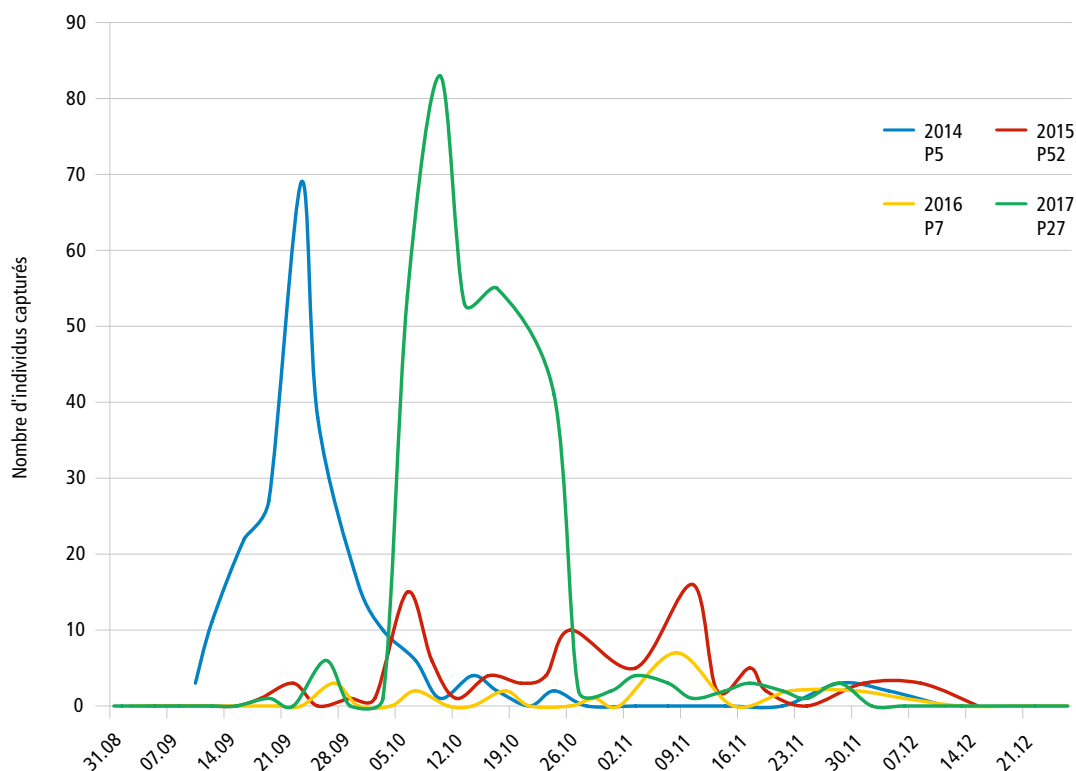


Figure 3 | Courbe de présence des adultes de l'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala*) capturés dans la cuvette jaune dans le colza en association durant la période 2014–2018 (essais réalisés à Agroscope Changins). En ordonnée, nombre d'individus capturés; en abscisse, dates de captures.

Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées dans R (R Core Team 2019). L'effet des cultures associées sur les dommages occasionnés par les altises adultes et par l'altise d'hiver du colza au stade larvaire a été testé à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) en utilisant les trois procédés (tabl. 2) et l'année comme cofacteurs. Chaque ANOVA a été suivie d'un test de Dunnett pour comparaison avec le témoin (sans plantes associées et avec un traitement herbicide) et d'un test de Tukey pour comparaison multiple.

Résultats

Vol et présence des adultes d'altises

Lors des quatre années d'essais dans les colzas en association, les captures des adultes de petites altises des crucifères (*Phyllotreta* spp.) dans la cuvette jaune ont été très faibles et ainsi considérées comme négligeables. Concernant les adultes de l'altise d'hiver, les premières captures dans la cuvette jaune ont été observées entre le 10 et le 27.09. En moyenne, la première capture se situe le 17.09 ± 9 jours. En automne 2015 et 2016, les captures ont été faibles mais régulières jusqu'à début décembre

(fig. 3). Pour les deux années avec un vol important, le pic a été observé respectivement le 23.09.2014 et le 10.10.2017 (fig. 3), alors que pour les autres années il est plus difficile de le déterminer. La durée entre le semis et les premières captures varie de 17 à 33 jours avec une moyenne à 26 jours.

Dégâts occasionnés par les adultes d'altises

Les résultats de l'analyse de variance (tabl. 3) montrent une différence significative entre les trois procédés, les années d'essais mais pas de différence dans l'interaction procédés et années d'essai. La moyenne générale des trois procédés sur les quatre ans d'essai (n=45) est de 5,26 plantes attaquées sur 10 ± 0,50 erreur standard. La figure 4 représente la moyenne ± erreur standard de chaque procédé sur quatre ans d'essai. La comparaison multiple par paire (test de Tukey) montre qu'il y a une différence significative du témoin avec herbicide par rapport au colza semé en association avec le trèfle d'Alexandrie et le nyger (p=0,010) et par rapport au colza semé en association avec le mélange (p=0,025). Cependant, aucune différence significative entre les deux procédés de colza en association n'a été mesurée (p=0,923).

Nombre de larves/plante de l'altise d'hiver du colza

Les résultats de l'analyse de variance (tabl. 4) ne montrent pas de différence significative entre les trois procédés mais une différence entre les années d'essais. L'interaction entre les procédés et les années d'essai ne montre également pas de différence significative. La moyenne générale des trois procédés sur les quatre ans d'essai (n=45) est de 4,50 larves/plante \pm 0,78 erreur standard. La figure 5 représente la moyenne \pm erreur standard de chaque procédé sur quatre ans d'essai. La moyenne du nombre de larves par plante \pm erreur standard par année d'essai, tous procédés confondus, est pour 2014/2015 (n=12) de 3,75 \pm 0,46; pour 2015/2016 (n=12) de 0,55 \pm 0,08; pour 2016/2017 (n=9) de 0,59 \pm 0,11; pour 2017/2018 (n=12) de 12,15 \pm 1,07.

Discussion

Dans les essais réalisés dans le bassin lémanique entre 1977 et 1989 par Derron & Goy (1991), les dates des premières captures de l'altise d'hiver du colza se situaient entre le 2.09 et le 17.09, ce qui coïncide avec nos suivis réalisés de 2014 à 2017, dont les premières captures se situaient entre les 10.09 et le 27.09. Cependant, il y a une tendance montrant une colonisation plus tardive des adultes dans la culture de colza. Cette tendance jumelée à la technique du colza associé – dont la date de semis est plus précoce (20–25.08) que pour les colzas semés conventionnellement – permettrait de limiter le risque lié aux dégâts occasionnés par les adultes au stade sensible de cotylédons (BBCH10) et ainsi d'éviter un traitement insecticide contre les adultes. Valantin-Morison *et al.* (2007) arrivent aux mêmes conclusions concernant les larves, en mentionnant qu'une date de semis pré-

coce diminue significativement la proportion de plantes contenant au moins une larve de l'altise d'hiver du colza. Ruck *et al.* (2018) mentionnent qu'un semis précoce, pour que le colza puisse atteindre le stade BBCH 14 avant l'infestation de l'altise d'hiver du colza, permet de réduire les dégâts dus aux larves durant l'hiver (moins de 20% de plantes buissonnantes au printemps suivant). Grâce au développement foliaire et l'accumulation de biomasse dépassant 1,5 kg/m² à la fin de l'automne, les larves ont plus de difficulté à atteindre le cœur des plantes. Conrad *et al.* (2018) mentionnent que seule la migration précoce (début à mi-septembre) engendre un nombre significativement plus élevé de larves dans les plantes, ce qui peut entraîner un effet sur la croissance, l'architecture des plantes et les pertes durant des hivers rigoureux. Cependant, dans nos essais, où la migration des adultes a eu lieu après le 10 septembre avec des pics de présence plus tardifs, le nombre de larves/plante s'est avéré élevé les années à forte pression d'adultes, soit en 2014 et 2017 (fig. 3). En effet, en 2014, la première capture du 10.09, puis le pic de 69 adultes le 23.09 correspondent à une moyenne de 3,75 larves/plante tous procédés confondus. Quant à 2017, la première capture du 19.09, puis le pic de 83 adultes le 10.10 ont abouti à une moyenne 12,15 larves/plante, tous procédés confondus. Ces résultats de larves par plante sont similaires à supérieurs à ceux obtenus par Conrad *et al.* 2014.

Nos résultats sur quatre ans montrent une différence significative entre le colza semé en association avec des plantes par rapport au colza semé en pur en ce qui concerne le nombre de plantes attaquées par les adultes d'altises et ceci quel que soit le mélange de plantes. Il pourrait s'agir plutôt d'un effet de confusion visuelle ou olfactive sur les adultes grâce à une couverture ou

Tableau 3 | Analyse de variance (ANOVA) de l'effet du colza associé sur les dégâts d'adultes d'altises (nombre de plantes attaquées sur dix) sur quatre années d'essais à Agroscope, site de Changins.

Prédicteurs	Sommes des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance des moindres carrés	F	p-value
(Ordonnée à l'origine)	1121,58	1	1121,58	277,90	0,000
Procédés	47,03	2	23,52	5,83	0,007
Année	254,92	3	84,97	21,05	0,000
Procédés \times année	52,16	6	8,69	2,15	0,073
Erreur	133,19	33	4,04		

Tableau 4 | Analyse de variance (ANOVA) de l'effet du colza associé sur les dégâts de larves de l'altise d'hiver du colza (nombre de larves par plante) sur quatre années d'essais à Agroscope, site de Changins.

Prédicteurs	Sommes des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance des moindres carrés	F	p-value
(Ordonnée à l'origine)	80397,34	1	80397,34	158,47	0,000
Procédés	588,36	2	294,18	0,58	0,566
Année	103392,02	3	34464,01	67,93	0,000
Procédés \times année	644,18	6	107,36	0,21	0,971
Erreur	16742,33	33	507,34		

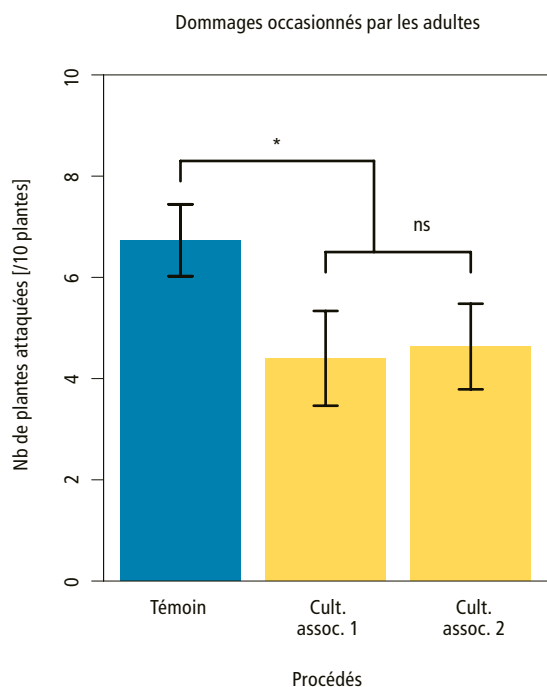


Figure 4 | L'association de colza avec d'autres semis diminue les dégâts (morsures sur cotylédons et feuilles) imputés aux adultes d'altises (*Psylliodes chrysocephala* et *Phyllotreta* spp.). Les dégâts mesurés sur les plantes de colza dans les parcelles en cultures associées (cult. assoc. 1: colza + trèfle d'Alexandrie + nyger; cult. assoc. 2: colza + mélange (trèfle d'Alexandrie, nyger, sarrasin, lentille, vesce, gesse, féverole) (barres jaunes) étaient significativement plus bas que les dégâts évalués sur les plantes de colza des parcelles témoins (barre bleue). Les dégâts d'altises mesurés entre les deux cultures associées n'étaient pas différents (barres jaunes). Le niveau de significativité est indiqué par ns, ($p \geq 0,05$), * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$). Moyenne par procédé sur 4 ans d'essais ($n = 15$) à Agroscope Changins. Les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard sur la moyenne.

une biomasse plus importante. Theunissen (1994) mentionne notamment, parmi les hypothèses pouvant expliquer la diminution de ravageurs dans un colza associé, l'interférence avec l'orientation visuelle ou olfactive du ravageur pouvant mener à une colonisation plus faible ou retardée de la culture. Les essais de Cadoux *et al.* (2015) ont montré que grâce au supplément de biomasse produit par l'association de légumineuses gélives en automne dans le colza, les dommages causés par le charançon du bourgeon terminal (*Ceutorhynchus piciparsis* Gyllenhal, 1837) ont pu être réduits par rapport à un colza pur. Ils mentionnent cependant que cette mesure seule ne serait pas suffisante et devrait être intégrée à une stratégie de lutte intégrée (IPM). Ces résultats sont confirmés par Ruck *et al.* (2018) qui mentionnent que l'association de légumineuses sensibles au gel avec du colza a contribué à réduire les dommages causés par

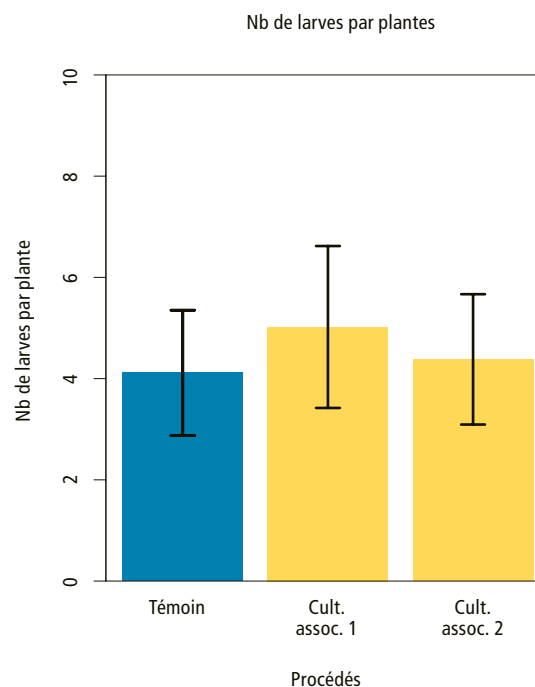


Figure 5 | L'association de colza avec d'autres semis ne diminue pas le nombre de larves de l'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala*) trouvées dans les plantes de colza entre les parcelles témoin (barre bleue) et les parcelles de colza en cultures associées (cult. assoc. 1: colza + trèfle d'Alexandrie + nyger; cult. assoc. 2: colza + mélange (trèfle d'Alexandrie, nyger, sarrasin, lentille, vesce, gesse, féverole) (barres jaunes). Moyenne par procédé sur 4 ans d'essais ($n = 15$) à Agroscope Changins. Les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard sur la moyenne.

les larves de l'altise d'hiver du colza et du charançon du bourgeon terminal lorsque la biomasse des cultures de légumineuses dépassait 200 g/m^2 .

Par contre, nos résultats ne confirment pas d'effet des plantes associées au colza sur le nombre de larves par plante de l'altise d'hiver du colza. Or, ce sont les dégâts causés par les larves qui sont à l'origine des pertes de rendement importantes, voire la mort de plantes durant l'hiver (Bonnemaison 1962, Balachowsky 1963, Alford *et al.* 2003, Williams 2010). Par le fait que l'altise d'hiver du colza migre plus tardivement mais continuellement et qu'elle reste présente dans la parcelle et pond jusqu'après la destruction des plantes compagnes par le gel, on peut supposer qu'à cette période l'interférence avec l'orientation visuelle ou olfactive sur les adultes n'ait plus lieu.

Perspectives et conclusions

Suite à ces premiers résultats, il est nécessaire de continuer à améliorer le choix des mélanges de plantes associées au colza. Une piste testée par Agroscope à Changins consiste à tester l'effet *push-pull* sur les altises, en complétant les mélanges de plantes associées au colza par des dérobées comme la moutarde (*Sinapis alba* L.), le radis fourrager (*Raphanus sativus* L.) et la navette (*Brassica rapa* L.), afin d'attirer les altises sur ces plantes plutôt que sur le colza (plantes pièges). En effet, les ravageurs du colza, dont l'altise d'hiver du colza, sont attirés par le glucosinolate et ses substances de dégradation comme l'isothiocyanate (Fenny *et al.* 1970, Lamb 1988, Bartlet & Williams 1991, Bartlet *et al.* 1994, Giomoustaris & Mithen 1995, Bartlet *et al.* 1996, Médiène *et al.* 2011, Döring 2012, Bruce 2014). Étant donné que ces plantes en contiennent davantage que les variétés de colza actuellement cultivées (variétés double zéro sans acide érucique et pauvres en glucosinolate depuis le début des années 1990) (Lamb 1988, Vulliod & Frey 1998, Doré & Varoquaux 2006, Breitenmoser 2017, Bell & Wagstaff 2017), elles pourraient faire office de plantes-piège. Bohinc *et al.* (2013) mentionnent que l'attrait des altises dépend du taux de glucosinolate et leurs essais ont montré que le radis était le plus efficace comme culture piège pour les petites altises des crucifères (*Phyllotreta* spp.). Quant à Bartlet & Williams (1991), ils ont montré dans leurs essais l'attractivité de ces trois espèces de crucifères pour les adultes de l'altise d'hiver du colza puis des larves.

Il serait également intéressant de tester cette approche en associant au colza une ou des plantes un peu plus tolérantes au gel afin d'augmenter l'effet de confusion jusqu'en fin d'année (tout en préservant son caractère gélif) et peut-être ainsi diminuer le nombre de larves de l'altise d'hiver du colza dans les plantes.

Une autre piste consisterait à favoriser les auxiliaires prédateurs et les hyménoptères parasitoïdes sur le cortège de ravageurs du colza, et plus particulièrement le Braconidae *Microctonus melanopus* Ruthe, 1856 parasitant les adultes et les Ichneumonidae *Tersilochus microgaster* (Szépligeti, 1899) et *T. tripartitus* (Brischke, 1880) parasitant les larves de l'altise d'hiver du colza (Ulber & Williams 2003, Ferguson 2006, Ferguson *et al.* 2010, Ulber *et al.* 2010, Williams 2010). Pour cela, il conviendrait de tester l'effet de la combinaison du colza avec des bandes fleuries dans un but de service écosystémique pour favoriser les auxiliaires prédateurs et parasitoïdes à l'échelle du territoire et des cultures (Tschumi *et al.* 2015, Luka *et al.* 2016, Tschumi *et al.* 2016abc, Sutter *et al.* 2017). À

tester également, l'effet de la combinaison de plantes attractives pour les auxiliaires parasitoïdes, comme la féverole (*Vicia faba* L.), directement dans la composition du mélange associé (Jamont *et al.* 2013). Ils ont pu montrer que la fourniture de nectar extra-floral produit par la féverole pouvait augmenter à la fois le taux de parasitisme et le taux de survie du parasitoïde *Diaeretiella rapae* (M'Intosh, 1855) sur le puceron cendré du chou (*Brevicoryne brassicae* [Linnaeus, 1758]).

A l'avenir, dans un contexte de diminution des produits phytosanitaires et un risque accru de résistance, l'approche de la lutte intégrée contre l'altise d'hiver du colza, comme pour tous les autres ravageurs, passera de plus en plus par des stratégies innovantes, la gestion des interactions biotiques entre les espèces, le paysage et les techniques agricoles à différentes échelles temporelles et spatiales (Médiène *et al.* 2011) et certainement par une combinaison holistique de multiples mesures de gestion plutôt que sur la somme de méthodes uniques comme le décrivent Lechenet *et al.* (2017). ■

Bibliographie

- Agridea, 2019. Seuils d'intervention contre les organismes nuisibles en grandes cultures (PER). Groupe de travail pour les seuils d'intervention en grandes cultures (AG BKSF). Stations phytosanitaires cantonales, HAFL, Agroscope, AGRIDEA. Document définitif: valable dès 2019. Fiche 1.33, 9 pp. https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Productions_vegetales/Grandes_cultures/bekaempfungsschwellen/1.33-39_Seuils.pdf [10.10.2019]
- Alford D., Nilsson C. & Ulber B., 2003. Insect pests of oilseed rape crops: 9-41. In: Alford D. V. 2003. Biocontrol of oilseed rape pests (Eds). Blackwell Science, Oxford.
- Andrews D. J. & Kassam A. H., 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: Papendick, R.I.; Sanchez, P.A.; Triplett, G.B., eds. Multiple cropping. *Amer. Soc. Agron. Spec. Pub.* **27**, 1–10.
- Anonymous. 2015. Protocol «BERLESE» – Larves de grosse altise C16 AVE – Annexe XII – V1.0 Mode opératoire Protocole Vigicolza 2015–2016 (URL: http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/regions/Ouest/Conseil/2015/AnnexeXII-C16AVE-Mode_operatoire_Berlese_LarvesAltise_V1_0.pdf).
- Balachowsky A. S., 1963. Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome I Coléoptères, Second Volume. Masson et Cie Editeurs, Paris, 567–1385.
- Bell L. & Wagstaff C., 2017. Enhancement Of Glucosinolate and Isothiocyanate Profiles in Brassicaceae Crops: Addressing Challenges in Breeding for Cultivation, Storage, and Consumer-Related Traits. *J. Agric. Food Chem.* **65**, 9379–9403. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b03628.
- Bartlet E. & Williams I. H., 1991. Factors restricting the feeding of the cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala*). *Entomol. Exp. Appl.* **60**, 233–238.
- Bartlet E., Parsons D., Williams I. H. & Clark S. J., 1994. The influence of glucosinolates and sugars on feeding by the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **73**, 77–83.
- Bartlet E., Mithen R. & Clark S. J., 1996. Feeding of the cabbage stem flea beetle *Psylliodes chrysocephala* on high and low glucosinolate cultivars of oilseed rape. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **80**, 87–89.
- Berlese, A., 1905. Apparecchio per raccogliere presto e in gran numero piccolo Artropodi *Redia* **2**, 85–89.
- Bohinc T., Kosir I. J. & Trdan S., 2013. *Zemdirbyste-Agriculture* **100** (2), 199–204. DOI 10.13080/z-a.2013.100.026
- Bonnemaïson L., 1962. Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts II. Ordre des Coléoptères et Lépidoptères. Editions Sep, Paris. 504 p.
- Brandes M. & Heimbach U., 2015. Aktueller Stand der Pyrethroidresistenz bei Rapsschädlingen. *Raps* **33** (1), 26–29.
- Brandes M. & Heimbach U., 2018a. Pyrethroidresistenz bei Rapsschädlingen in Deutschland. In: JKI (Hrsg.): 61. Deutsche Pflanzenschutztagung: Herausforderung Pflanzenschutz - Wege in die Zukunft ; 11.–14. September 2018, Universität Hohenheim – Kurzfassungen der Vorträge und Poster – (Julius-Kühn-Archiv 461), Braunschweig, 108-109.
- Brandes M. & Heimbach U., 2018b. Pyrethroid resistance of insect pests of oilseed rape in Germany. In: Cook, S.M.; Jedryczka, M.; Juran, I.; Truman, W. (Hrsg.): IOBC-WPRS. *Bulletin* **136**, 69–72.
- Breitenmoser S., 2017. Et quels sont les insectes nuisibles au colza aujourd'hui? À propos de Forel A. (1866). Notes sur quelques insectes nuisibles du colza. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* **96**, 99–116.
- Bruce T. J. A., 2014. Glucosinolates in oilseed rape: secondary metabolites that influence interactions with herbivores and their natural enemies. *Annals of Applied Biology* **164**, 348–353.
- Cadoux S. & Sauzet G., 2016. Colza associé à un couvert de légumineuses gélives. Editions Terres Inovia, Thiverval-Grignon. 30 p.
- Cadoux S., Sauzet G., Valantin-Morison M., Pontet C., Champolivier L., Robert C., Lieven J., Flénet F., Manganot O., Fauvin P. & Landé N., 2015. Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves. *Oilseeds & fats Crops and Lipids OCL* **22** (3) D302. DOI: 10.1051/ocl/2015014.
- Chaponnier A., Rapin J. & Sandoz F., 1948. Nos cultures. Céréales – Plantes sarclées – Cultures fourragères. Deuxième édition revue et augmentée avec 56 illustrations. Librairie Payot, Imprimeries Réunies S. A., Lausanne. 308 pp.
- Conrad N., Brandes M. & Heimbach U., 2016. Automatic extraction of *Psylliodes chrysocephala* larvae versus sorting by hand. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin* **116**, 63–66.
- Conrad N., Brandes M., Ulber B. & Heimbach U., 2018. Effect of migration time on population dynamics and damage potential of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin* **136**, 56–57.
- Derron J. & Goy G., 1991. L'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala* L.): biologie, nuisibilité et moyens de lutte. *Revue suisse Agric.* **23** (1), 5–9.
- Dewar A. M., 2017. The adverse impact of the neonicotinoid seed treatment ban on crop protection in oilseed rape in the United Kingdom. *Pest Manag Sci* **73**, 1305–1309.
- Doré C. & Varoquaux F. (eds), 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Collection Savoie-faire. INRA, Cemagref Cirad. Editions Quae, pp. 255–279.
- Döring A., 2012. Effect of plant characteristics on host plant selection and larval performance of specialist insect pests on Brassicaceae. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany. 132 p.
- Feeny P., Paauwe K. L., & Demong N. J., 1970. Flea beetles and mustard oils: host plant specificity of *Phyllotreta cruciferae* and *P. striolata* adults (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ann. ent. Soc. Am.* **63**, 832–841.
- Ferguson A. W., Williams I. H., Castle L. M. & Skellern M., 2010. Key Parasitoids of the Pests of Oilseed Rape in Europe: A Guide to Their Identification: 77-114. In: Williams I. H. (Eds.). Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- Ferguson A. W., Barari H., Warner D. J., Campbell J. M., Smith E. T., Watts N. P. & Williams I. H., 2006. Distributions and interactions of the stem miners *Psylliodes chrysocephala* and *Ceutorhynchus pallidactylus* and their parasitoids in a crop of winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* **119**, 81–92.
- Finch S. & Collier R. H., 2000. Host-plant selection by insects – a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **96**, 91–102.
- Giamoustaris A. & Mithen R., 1995. The effect of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) on its interaction with specialist and generalist pests. *Annals of Applied Biology* **126**, 347–363.
- Häni F. J., Popow G., Reinhard H., Schwarz A. & Voegeli U., 2018. Pflanzenschutz im nachhaltigen Ackerbau. Handbuch für prozessorientiertes Handeln. 9., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage. Edition-LMZ, Zollikofen, 467 pp.
- Heimbach U. & Müller A. 2013. Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. *Pest Management Science* **69**, 209–216.
- Heimbach U. & Brandes M., 2016. Pyrethroid resistance of insect pests in oilseed rape in Germany since 2005. In: Cook, S.M.; Jedryczka, M.; Kaczmarek, J.; Truman, W.; Veremann, E. (eds.): Proceedings of the meeting «Prospects and progress for sustainable oilseed crop protection» at Tartu (Estonia) September 07 – 09, 2016 (IOBC WPRS bulletin 116), Darmstadt, 17–22.
- Højland D. H., Nauen R., Foster S. P., Williamson M. S. & Kristensen M., 2015. Incidence, Spread and Mechanisms of Pyrethroid Resistance in European Populations of the Cabbage Stem Flea Beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *PLoS ONE* **10** (12): e0146045. doi:10.1371/journal.pone.0146045.
- Jamont M., Crépellière S. & Jaloux B., 2013. Effect of extrafloral nectar provisioning on the performance of the adult parasitoid *Diaeretiella rapae*. *Biological Control* **65**, 271–277.

- Lamb R. J., 1988. Susceptibility of low- and high-glucosinolate oilseed rapes to damage by flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Canadian Entomologist* **120** (2), 195–196.
- Médiène S., Valantin-Morison M., Sarthou J.-P., de Tourdonnet S., Gosme M., Bertrand M. & Roger-Estrade J., Aubertot J.-N., Rusch A., Motisi N., Pelosi C. & Doré T., 2011. Agroecosystem management and biotic interactions: a review. *Agronomy Sust. Developm.* **31**, 491–514.
- Lechenet M., Deytieux V., Antichi D., Aubertot J.-N., Bàrberi P., Bertrand M., Cellier V., Charles R., Colnenne-David C., Dachbrodt-Saaydeh S., Debaeke P., Doré T., Farcy P., Fernandez-Quintanilla C., Grandeau G., Hawes C., Jouy L., Justes E., Kierzek R., Kudsk P., Lamichhane J. R., Lescourret F., Mazzoncini M., Melander B., Messéan A., Moonen A.-C., Newton A. C., Nolot J.-M., Panozzo S., Retaureau P., Sattin M., Schwarz J., Toqué C., Vasileiadis V. P. & Munier-Jolain N. Diversity of methodologies to experiment Integrated Pest Management in arable cropping systems: Analysis and reflections based on a European network. *European Journal of Agronomy*, **83**, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.012>
- Luka H., Barloggio G. & Pfiffner L., 2016. Les bandes fleuries régulent les ravageurs des cultures maraîchères et favorisent la biodiversité. *Recherche Agronomique Suisse* **7** (6), 268–275.
- Oelhafen A. et Vogler U., 2014. Altises (*Phyllotreta* spp.; Coleoptera: Chrysomelidae) sur brassicacées. Agroscope, Fiche technique No 7, 4 p.
- PAN 2017. Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. Rapport du Conseil fédéral. 81 p. <https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html> [23.07.2019].
- R Core Team 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Accès: <https://www.R-project.org/>
- Robert C., Ruck L. & Carpezat J., 2015: Integrated pest management of the rape winter stem weevil (*Ceutorhynchus piciparsis*) in France. 14th International Rapeseed Congress. Saskatoon, 5–9 July 2015, 109.
- Robert C., Ruck L., Carpezat J., Lauvernay A., Siegwart M. & Leflon M., 2017. Suivi des résistances des populations d'altises d'hiver (*Psylliodes chrysocephala*) et de charançon du bourgeon terminal (*Ceutorhynchus piciparsis*) aux pyrethrinoides en France en culture de colza. Écologie Chimique: nouvelles contributions à la protection des cultures contre les ravageurs et 11^e Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, 24 au 26 octobre 2017, Montpellier, France 2017, 196–208.
- Ruck L., Cadoux S. & Robert C., 2018. Agronomic practices to control cabbage stem flea beetle and rape winter stem weevil. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin* **136**, 65–67.
- Sutter L., Albrecht M. & Jeanneret P. 2017. Landscape greening and local creation of wildflower strips and hedgerows promote multiple ecosystem services. *J Appl Ecol.* **55**, 612–620.
- Theunissen J., 1994. Intercropping in filed vegetable crops: pest management by agrosystem diversification – an overview. *Pest. Sci.* **42**, 65–68.
- Tschumi M., Albrecht M., Entling M. H. & Jacot K., 2015. High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**, 1369.
- Tschumi M., Albrecht M., Dubsky V., Herzog F. & Jacot K., 2016a. Les bandes fleuries pour auxiliaires limitent les ravageurs dans les grandes cultures. *Recherche Agronomique Suisse* **7** (6), 260–267.
- Tschumi M., Albrecht M., Bärtschi C., Collatz J., Entling M. H. & Jacot K., 2016b. Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. *Agriculture Ecosystems & Environment* **220**, 97–103.
- Tschumi M., Albrecht M., Collatz J., Dubsky V., Entling M.H., Najjar-Rodriguez A.J. & Jacot K., 2016c. Tailored flower strips promote natural enemy biodiversity and pest control in potato crops. *Journal of Applied Ecology* **53**, 1169–1176. doi: 10.1111/1365-2664.12653
- Ulber B. & Williams I. H., 2003. Parasitoids of Flea Beetles: 125-138. *In*: Alford D. V. 2003. Biocontrol of oilseed rape pests (Eds). Blackwell Science, Oxford.
- Ulber B., Williams I. H., Klukowski Z., Luik A. & Nilsson C., 2010. Parasitoids of Oilseed Rape Pests in Europe: Key Species for Conservation Biocontrol: 45–76. *In*: Williams I. H. (Eds.). Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- Valantin-Morison M., Meynard J. M. & Dore T., 2007. Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Prot* **26**, 1108–1120. doi:10.1016/j.cropro.2006.10.005
- Volker H. P., 1988. Krankheiten und Schädlinge des Rapses. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, 121 p.
- Vullioud P. & Frey F., 1998. Evolution de la production de colza d'automne en Suisse et résultats des essais variétaux de 1982 à 1996. *Revue suisse agricole* **30** (3), 99–104.
- Williams I. H., 2010. The Major Insect Pests of Oilseed Rape in Europe and Their Management – An Overview: 1–44. *In*: Williams I. H. (Eds.). Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- Zimmer C. T., Müller A., Heimbach U. & Nauen U., 2014. Target-site resistance to pyrethroid insecticides in German populations of the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* **108**, 1–7.