

Dynamique temporelle et spatiale du sitone dans les cultures de pois

Lukas Schaub et Stève Breitenmoser, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon

Renseignements: Lukas Schaub, e-mail: lukas.schaub@acw.admin.ch, tél. +41 22 363 43 13



L'aspiration permet l'échantillonnage des sitones directement au sol.
(Photo: ACW)

Introduction

Le charançon *Sitona lineatus* L. (Coleoptera, Curculionidae) est un ravageur régulièrement combattu en culture de pois protéagineux (*Pisum sativum* L.). Les adultes dévorent les bords des feuilles (stipules) en laissant des encoches typiques de forme semi-circulaire, sans conséquence économique (fig. 1). Les œufs de sitone sont déposés sur et près des légumineuses. Les larves se nourrissent des nodosités racinaires propres à cette famille de plantes (Balachowsky 1936; Cantot 1989). En cas de forte infestation au début de la croissance, cette attaque du système entraîne une diminution de la récolte (Cantot 1989; Nielsen 1990; Doré et Meynard 1995). La densité des encoches sert de base pour évaluer la nécessité d'un traitement insecticide à base de pyréthrinoides contre les adultes (Anonyme 2010). Selon l'Ordonnance sur les paiements directs (RS 910.13), pour respecter les prestations écologiques requises (PER), ce traitement est soumis à une autorisation spéciale établie par le service phytosanitaire cantonal.

Les sitones adultes hivernent sur des légumineuses pérennes (Hans 1959) en bordure de forêt et de chemin,

dans des prairies mixtes et des cultures de pois d'hiver. Dès que le printemps est assez chaud, ils se nourrissent de feuilles de légumineuses. Ils volent ensuite vers les cultures de pois de printemps, qu'ils colonisent dès la levée (Hans 1959). L'apparition des sitones dans un champ de pois dépend alors de la proximité des lieux d'hivernation et de la température. L'insecte reste très mobile au sol dans un champ de pois, mais on ne l'observe pratiquement jamais en vol (Halmon et al. 1987) (fig. 2). Cette mobilité peut constituer un problème si le traitement intervient quand la colonisation n'est pas encore terminée et peut également perturber l'interprétation des résultats d'un témoin non traité (PER).

Afin de mieux comprendre l'influence de la mobilité du sitone sur l'effet d'un traitement, nous avons suivi la dynamique temporelle sur plusieurs années et étudié la répartition du sitone dans plusieurs parcelles non traitées et une parcelle traitée. Pour décrire la dynamique temporelle, nous avons utilisé le concept de la somme de températures (degrés-jours).

Matériel et méthodes

Les observations de la dynamique temporelle, de la répartition spatiale et de l'effet d'un traitement insecticide ont été effectuées dans sept parcelles sur trois lieux, durant cinq ans (tabl. 1).

Parcelles et lieux

Sept parcelles de 0,8 ha à 2,1 ha appartenant à Agroscope ACW ont servi pour les observations: quatre situées à Changins (alt. 425 m), une à Prangins (380 m) près de Nyon et deux à Goumoëns (610 m) dans le Gros-de-Vaud. A cause de l'altitude, les cultures du Gros-de-Vaud ont généralement une à deux semaines de retard par rapport à celles de La Côte. Les six parcelles ont été semées entre fin février et fin mars, dès que le terrain le permettait, avec du pois de printemps.

Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé par aspiration à l'aide d'un aspirateur à dos et par piégeage au sol (Southwood 1978).



Figure 1 | Encoches sur des stipules de pois occasionnées par des morsures de sitones adultes.

L'aspirateur permet de collecter les sitones situés à proximité de la bouche du tuyau d'aspiration et ainsi d'estimer la densité de sitones à un moment et sur une surface donnée. Ce type d'échantillonnage présume que les sitones sont à la surface du sol et non cachés dans des aspérités ou protégés par les plantes. A cet effet, le fabricant ecoTec® a adapté une souffleuse à feuilles à dos en inversant le sens d'utilisation. Le modèle ecoVac possède une bouche de 15 cm de diamètre (176 cm²) et une puissance d'aspiration de 637 m³/h. Un échantillon est formé après aspiration de 2×5 m de longueur, correspondant idéalement à une surface de 1,5 m². Après le comptage, les insectes aspirés sont relâchés sur la surface échantillonnée. L'aspiration est fortement conditionnée par l'accès à la surface du sol: elle devient impraticable dès que les rangs de pois se ferment, c'est-à-dire, dans nos essais, au début de la floraison.

Les pièges capturent les sitones à la surface du sol. Ils tombent dans un entonnoir en franchissant le rebord. Un bocal placé sous le goulet de l'entonnoir est rempli d'alcool à 50 %. Un toit protège l'entonnoir de la pluie. Seuls les sitones actifs tombent dans ce piège. Pour cette raison, le résultat de cet échantillonnage est souvent appelé activité-densité. L'échantillon représente une >

Résumé

Le sitone du pois *Sitona lineatus* L. colonise sporadiquement au printemps les champs de pois protéagineux et endommage le système racinaire. Afin de mieux cibler un éventuel traitement insecticide contre ce charançon, sa dynamique temporelle, sa répartition spatiale et l'effet d'un traitement insecticide ont été étudiés, en recourant au piégeage et à l'aspiration. Le sitone est apparu au moment de la levée du pois, soit 47 degrés-jours après le semis. La température de 8 °C a servi de seuil de développement et les valeurs journalières minimales et maximales ont été utilisées pour l'accumulation des températures. La distribution du sitone dans le champ a été agrégée, mais à aucun moment un gradient n'a été observé. Le traitement n'a eu que peu d'effet et la partie traitée a été rapidement réinfestée. Vu la grande mobilité du sitone, le témoin non traité exigé par les prestations écologiques requises doit être évalué la semaine qui suit le traitement.



Figure 2 | Un sitone adulte.

Tableau 1 | Nombre d'échantillons pris lors de dix essais dans sept parcelles pendant cinq années

Lieu	Changins				Prangins	Goumoëns	
Parcelle	P7	P11	P2	P12	P54	P6	P9
Année	2006	2008	2009	2010	2007	2006	2007
Dynamique temporelle	192	165	156	168	156	120	
Répartition spatiale	492		285			365	
Effet d'un traitement							264

période entre deux dates de contrôles. Les animaux étant morts dans le bocal, ils sont enlevés de la parcelle. Le piégeage au sol devient impraticable quand les précipitations remplissent les bocaux.

Températures

Les données utilisées pour le calcul des sommes de températures sont celles de la station météorologique de Meteosuisse de Changins, pour les parcelles de Changins et de Prangins, et de la station du réseau agrométéo (www.agrometeo.ch) sur le domaine de Goumoëns. Les sommes de températures ont été calculées avec la méthode ajustant la fonction sinus entre le minimum et le maximum journaliers et en choisissant le seuil de développement de 8 °C. Ce seuil de développement a été basé sur une régression linéaire issue des observations de Lerin *et al.* (1997) sur la vitesse de développement larvaire à 11, 15, 20 et 25 °C. Nous avons utilisé le même seuil de 8 °C pour la description du développement du pois, même si celui-ci est généralement fixé à 5 °C (Bourgeois *et al.* 2000). Puisque le sitone n'apparaît pas dans un champ de pois avant le semis, le cumul de la température a débuté à la date de semis.

Dynamique temporelle

La dynamique de la population du sitone a été suivie dans le temps depuis la levée du pois par des contrôles hebdomadaires des pièges au sol. Alignés et distants de 1 m, trois pièges ont été placés dans chaque coin (12 pièges au total) d'une parcelle non traitée.

Le modèle de la dynamique temporelle sur toute la saison a été basé sur le cumul des densités observées. Les différentes années et lieux ont été standardisés en divisant chaque densité observée par la somme totale de la série d'observations. Afin d'estimer une fonction linéaire, les valeurs sur l'abscisse ont été transformées en logarithme et celles de l'ordonnée ont subi la transformation en logit. Les observations et la fonction

modélisée ont finalement été présentées dans un graphique dans leur forme non transformée (x degrés-jours et y proportions).

Puisque l'observation de l'arrivée d'un ravageur dépend beaucoup des aléas de l'échantillonnage, nous avons opté pour une estimation indirecte de cette arrivée. Celle-ci a été définie comme la somme de température à laquelle la fonction modélisée atteint 0,01 (ST01). Cette fonction permet également de calculer la somme de température à laquelle la valeur de la fonction est à 0,5 (ST50). Puisque la fonction modélisée du cumul de la densité est sigmoïdale, cette somme de température correspond au moment auquel la densité estimée est maximale.

Répartition spatiale

La répartition de la population du sitone dans une parcelle de pois non traitée à une date donnée a été estimée à l'aide de 80–100 points d'aspiration répartis de manière régulière à des distances de 15–30 m sur une grille. Ces estimations ont été effectuées chaque semaine depuis la levée du pois.

Les points géo-référencés (dimension x et y) et le nombre de sitones capturés dans l'échantillon (dimension z) de ce point ont servi à une interpolation nommée «kriging». Les valeurs z ont, avant l'interpolation, été standardisées par le maximum de toutes les valeurs z d'une parcelle et transformées par la fonction racine. La standardisation permet de mieux comparer les parcelles et la transformation met davantage en évidence les valeurs basses.

Le degré d'agrégation des sitones dans une parcelle a été décrit à l'aide de l'équation

$$I_A = \frac{s^2(n-1)}{\bar{x}}$$

I_A correspond à l'index d'agrégation, s^2 à la variance, \bar{x} à la moyenne du nombre de sitones échantillonnés à chaque point et n au nombre de points. L'hypothèse d'une distribution aléatoire a été testée en comparant I_A avec la distribution χ^2 (Southwood 1978).

Effet d'un traitement insecticide

Une parcelle de pois à Goumoëns a subi le 14 avril 2007, dès que le seuil de tolérance a été dépassé, un traitement insecticide du groupe des pyrèthrinoides (matière active: bifentrine 80 g/l, nom commercial: Talstar SC 0,1 l/ha). Une bande de la largeur d'une barre de traitement (16 m) a été laissée comme témoin non traité.

La densité a été évaluée à l'aide de l'aspiration et du piégeage à plusieurs distances de la ligne de séparation entre les parties traitées (2,5; 5; 10; 15 m) et non traitées (2,5; 5; 10 m). Ces évaluations ont été répétées trois fois

à une distance de 10 m. L'estimation a été effectuée la première fois trois jours après le traitement et répétée cinq fois tous les trois à six jours.

L'effet du traitement a été comparé à l'aide d'une analyse de variance (traité, non traité) du nombre de sitones échantillonnés par aspiration et du nombre de sitones capturés par jour par piégeage. Cette analyse a été effectuée avec les données de dates choisies: au premier échantillonnage après le traitement, au maximum de la densité des sitones et au dernier contrôle. L'efficacité du traitement a été calculée selon Abbott (1925). Un éventuel gradient dans les parties traitées et non traitées a été recherché par une régression linéaire des mêmes données en fonction de la distance depuis la ligne entre les deux parties.

Résultats et discussion

Dynamique temporelle

La somme de température modélisée des premières arrivées de sitones ($ST_{0,1}$) est de 50 °C-d après la date de semis (fig. 3). La somme de température à laquelle la densité modélisée est maximale (ST_{50}) est de 194 °C-d. Lors d'une année moyenne (1980–2009) et en présumant la date de semis le 60^e jour de l'année (début mars), les premiers sitones arriveraient selon le modèle, 48 jours plus tard (mi-avril). La densité maximale serait atteinte mi-mai, 80 jours après cette date de semis. La déviation au cours d'une année entre les observations et le modèle est considérable. La variabilité de la dynamique temporelle entre les années est également relativement grande. Ces fluctuations pourraient résulter du choix du seuil de température. Le seuil de 8 °C est notre meilleure estimation, mais ne correspond peut-être pas à la réalité. Il est basé sur le développement larvaire, malgré son utilisation pour l'activité des adultes. Deux autres informations vont cependant plutôt dans le sens de notre choix: le seuil d'activité post-diapausante des adultes de l'anthomome du pommier (*Antonomus pomorum* L.), un charançon dont la biologie est similaire à celle du sitone, est de 6 °C (Jörg Samietz comm. pers.) et le seuil d'activité du sitone déduit de Hans (1959) est de 9 °C.

Les sitones sont apparus dans les parcelles à la levée du pois et les ont quittées à la fin de maturation verte (fig. 3). Leur densité a commencé à baisser en début de floraison. Pendant la maturation, les premiers adultes de la nouvelle génération ont été aperçus.

Les décisions liées aux traitements insecticides sont prises en début de croissance du pois. A ce moment, la dynamique temporelle du sitone coïncide étroitement avec la phénologie du pois. Le producteur peut alors baser ses décisions sur l'observation de la culture. Le

modèle phénologique utilisant les sommes de températures n'est pas nécessaire pour répondre à ses questions pratiques. En décrivant mieux une année moyenne, il contribue à la compréhension de la biologie du sitone.

Répartition spatiale

Les interpolations spatiales des densités observées (fig. 4) et les index d'agrégation¹ montrent une distribution groupée des sitones dans les parcelles. Le gradient attendu depuis le bord de la parcelle, reflétant la colonisation à partir de l'extérieur, n'est pas confirmé. On n'observe aucune infestation particulière d'une partie de la parcelle, ou de ses bords. La densité élevée en 2006 le long de la bordure nord-est de la parcelle P7 de Changins était probablement due à une humidité du sol plus élevée qui a permis au pois de croître davantage dans cette partie de la parcelle.

Effet du traitement insecticide

Le traitement insecticide n'a eu que peu d'impact sur la dynamique des sitones. On observe dans les pièges au sol, malgré le traitement, entre le premier et deuxième

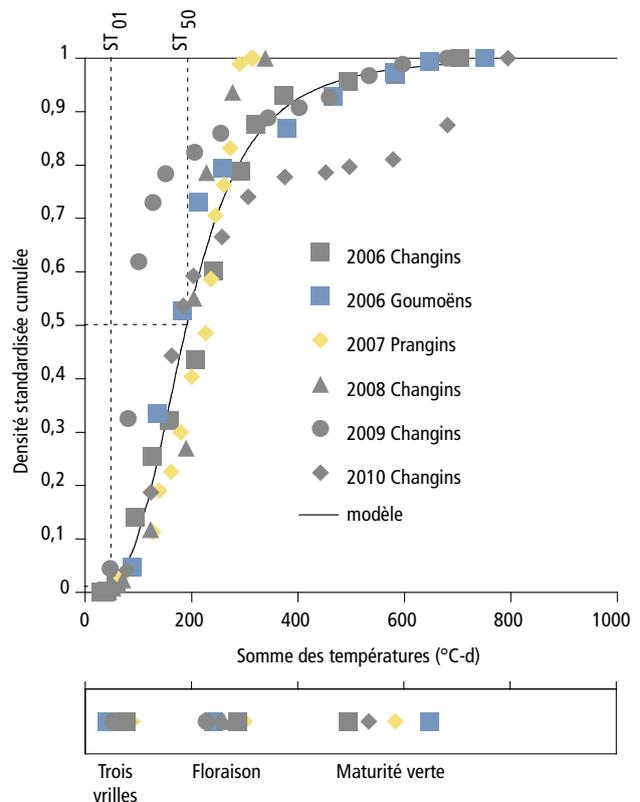
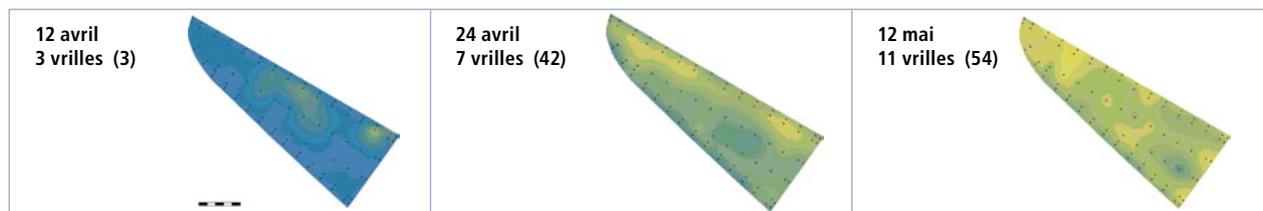
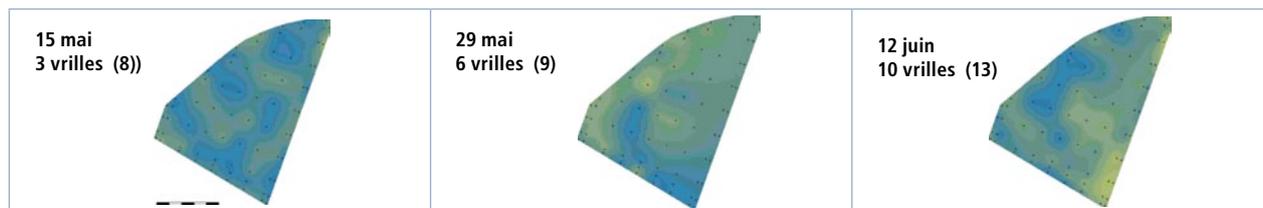


Figure 3 | Dynamique temporelle. Densité standardisée et cumulée des sitones dans six parcelles de pois au cours des saisons 2006–10 observée à l'aide de piégeage: densité observée et modélisée dépendant de la somme des températures. Somme des températures modélisant la densité à 0,01 et 0,5 ($ST_{0,1}$, ST_{50}). Intervalle de confiance à 95 % du modèle (IC95). Stades phénologiques du pois dépendants de la somme des températures.

Changins P7 2006



Goumoëns P6 2006



Changins P2 2009

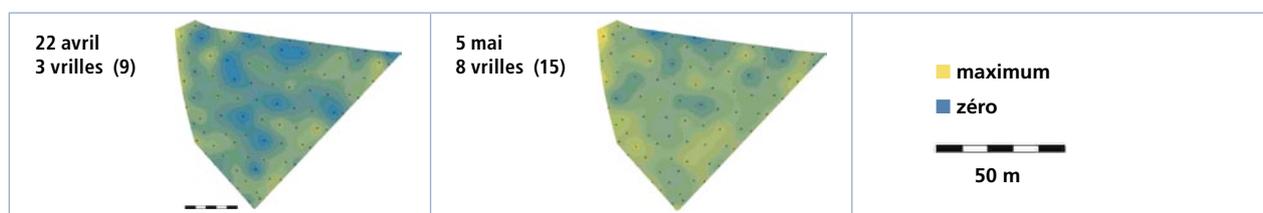


Figure 4 | Répartition spatiale. Interpolation du nombre de sitones aspirés à chaque point (+) à des dates choisies dans trois parcelles au cours de 2006 et 2009 (maximum pour une date entre parenthèse).

contrôle, une augmentation de la densité due à la colonisation de la parcelle (fig. 5). Les différences des densités sont les plus significatives lors du premier contrôle et ne le sont plus lors du dernier contrôle². L'effet du traitement est le plus élevé dans le premier contrôle neuf jours après le traitement, avec une efficacité de 74,7 %. Elle est réduite après 16 jours à 31,1 % et après 23 jours à 7,8 %. Les différences de densités observées à l'aide de l'aspiration entre la partie traitée et non traitée ne sont

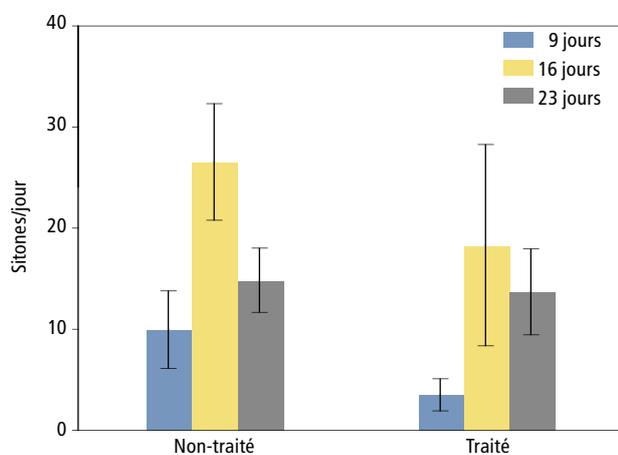


Figure 5 | Effet d'un traitement insecticide. Nombre de sitones piégés au sol par jour à 9, 16 et 23 jours après le traitement du 14.04.2007 à Goumoëns.

jamais significatives³. A aucun moment, ni par aspiration, ni par piégeage, un gradient significatif n'est constaté dans les deux parties de la parcelle⁴.

Conclusions

- La colonisation du champ de pois depuis la levée jusqu'à la floraison peut expliquer des échecs de lutte pratique.
- Les observations sur la répartition spatiale et sur l'effet d'un traitement insecticide suggèrent une grande mobilité du sitone. Cette mobilité nécessite que l'évaluation du témoin non traité, exigé par les prestations écologiques requises, soit effectuée la semaine suivant le traitement.
- L'observation de la phénologie du pois suffit au producteur pour prendre les décisions liées à la lutte insecticide.
- Un simple modèle basé sur les sommes des températures décrit la dynamique temporelle. Afin d'améliorer le modèle, l'étude de la biologie du sitone (lieu d'hibernation, seuil de température) et de la méthode d'échantillonnage est à privilégier. ■

¹ Pour chaque parcelle et date: $p(I_{jt}, n, x^2) < 0,05$

² ANOVA (piégeage): $p_{9j} = 0,017$; $p_{16j} = 0,051$; $p_{23j} = 0,773$

³ ANOVA (aspiration): $p_{9j} = 0,047$; $p_{16j} = 0,503$; $p_{20j} = 0,600$

⁴ Régressions (piégeage, aspiration): $p > 0,05$

Riassunto

Dinamica temporale e spaziale della sitona nelle colture di pisello

In primavera la sitona dei piselli *Sitona lineatus* L. colonizza sporadicamente i campi di pisello proteico, danneggiando il sistema radicale. Per applicare in modo più mirato eventuali trattamenti insetticida contro questo punteruolo, sono state studiate la sua dinamica temporale, la ripartizione spaziale e l'effetto di un trattamento insetticida, mediante trappole e aspirazione. La sitona è apparsa in coincidenza con la levata, vale a dire 47 gradi-giorni dopo la semina. La temperatura di 8 °C è servita da soglia di sviluppo e i valori giornalieri minimi e massimi sono stati utilizzati per l'accumulo delle temperature. La distribuzione della sitona nel campo è stata aggregata, ma non ha mai mostrato un gradiente. Il trattamento ha avuto uno scarso effetto e la parte trattata è stata rapidamente ricolonizzata. Vista la grande mobilità della sitona, il testimone non trattato, richiesto dalle prestazioni ecologiche richieste, deve essere valutato una settimana dopo il trattamento.

Summary

Temporal and spatial dynamics of pea weevils in pea crops

The pea weevil *Sitona lineatus* L. colonises pea fields sporadically in spring and damages the pea root system. To increase efficiency of insecticide treatments against this weevil, its temporal dynamics, spatial distribution and the effect of treatments were studied using traps and an aspirator. Pea weevils appeared at pea emergence, i.e. 47 degree-days after sowing. The temperature of 8 °C served as development threshold and minimum and maximum daily values were used for temperature accumulation. Weevil distributions in fields were aggregated, but at no time any gradient was observed. Treatment had only small effects and the treated plot was quickly re-infested. Due to the high mobility of pea weevils, non-treated control plots required by Swiss regulations need to be monitored during the week following treatments.

Key words: *Sitona lineatus*, *Pisum sativum*, degree-days, interpolation, treatment, sampling.

Bibliographie

- Abbot W. S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol.* **18**, 265–267.
- Anonyme, 2010. Classeur fiches techniques - Grandes cultures. Ordner Datenblätter – Ackerbau. AGRIDEA, 580.
- Balachowsky A. S., 1936. Les sitones. *In: Entomologie appliquée à l'agriculture - Coléoptères*. Masson et Cie Editeurs, Paris, 929–940.
- Bourgeois G., Jenni S., Laurence H. & Tremblay N., 2000. Improving the prediction of processing pea maturity based on the growing-degree day approach. *HortScience* **35**, 611–614.
- Cantot P., 1989. Action larvaire de *Sitona lineatus* L. sur quelques facteurs de production du pois protéagineux (*Pisum sativum* L.). *Agronomie* **9**, 765–770.
- Doré T. & Meynard J. M., 1995. On-farm analysis of attacks by the pea weevil (*Sitona lineatus* L.; Col. Curculionidae) and the resulting damage to pea (*Pisum sativum* L.) crops. *J. appl. Ent.* **119**, 49–54.
- Halmon N., Bardner R., Allen-Williams L. & Lee J. B., 1987. Flight periodicity and infestation size of *Sitona lineatus*. *Ann. appl. Biol.* **111**, 271–284.
- Hans H., 1959. Beiträge zur Biologie von *Sitona lineatus* L. *Z. ang. Ent.* **44**, 343–386.
- Lerin J., Haack L. & Cantot P., 1997. Influence de la température sur le développement larvaire de *Sitona lineatus* sur pois. *In: Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture*, Montpellier, 6–8 janvier 1997. Association Nationale pour la Protection des Plantes (ANPP), Paris, 1069–1076.
- Nielsen B., 1990. Yield responses of *Vicia faba* in relation to infestation levels of *Sitona lineatus* L. (Col., Curculionidae). *J. appl. Ent.* **110**, 398–407.
- Southwood T. R. E., 1978. *Ecological methods*. Chapman and Hall, London, 524 p.