

ETUDE DE LA DISPERSION DE LA MINEUSE DU MARRONNIER *CAMERARIA OHRIDELLA* EN FRANCE

Augustin S., Guichard S., Garcia J., Unité de Zoologie Forestière, INRA Orléans
Gilbert M., Laboratoire biologique et Ecologie Spatiale (LUBIES), Université Libre de Bruxelles

Les résultats présentés dans cet article ont été obtenus dans le cadre du projet Européen CONTROCAM (2001-2004) « *Sustainable control of the horse chestnut leafminer, Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae), a new invasive pest of *Aesculus hippocastanum* in Europe » qui avait pour principaux objectifs : (i) d'étudier l'impact des attaques de la mineuse sur les marronniers d'Inde aussi bien en zone urbaine et dans les forêts naturelles des Balkans, (ii) de participer au développement de méthodes de lutte durables et respectueuses de l'environnement (iii) d'étudier l'épidémiologie et la dispersion de l'insecte. Les études réalisées en France et financées par CONTROCAM ont été focalisées sur ce dernier objectif.

Introduction

De nombreuses espèces exotiques ont été détectées en Europe au cours des deux siècles passés mais leur nombre s'est considérablement accéléré pendant les 2 dernières décades notamment à cause de la multiplication des moyens de transports et des échanges commerciaux (Mattson *et al.* 2007). Parmi les lépidoptères, plusieurs espèces de la famille des Gracillariidae ont récemment envahi l'Europe et parmi celles-ci, la mineuse du marronnier *Cameraria ohridella*, découverte dans les Balkans en 1984 (Descka et Dimič 1986).

Pendant les 2 dernières décades *C. ohridella* a envahi l'Europe Centrale et Occidentale (Šefrová et Lastuvka 2001). Elle a été observée pour la première fois en France en 2000 (Augustin et Reynaud 2000), en 2002 en Espagne (Villalva et Del Estal 2003), Grande Bretagne (Straw et Bellett-Travers 2004) et Lituanie (Ivinskis 2004), en 2003 au Danemark (Karsholt and Kristensen 2003), en 2005 en Suède (Svensson 2004), et en 2006 au sud de la Finlande (Juha Pöyry, Communication Pers.).

La mineuse du marronnier *Cameraria ohridella* attaque essentiellement le marronnier d'Inde, *Aesculus hippocastanum* espèce endémique des Balkans et ornementale en Europe, mais d'autres espèces de marronnier tels *A. turbinata*, *A. flava*, or *A. pavia* peuvent présenter de faibles attaques (Freise *et al.* 2004). L'érable sycomore, *Acer pseudoplatanus* et l'érable plane, *A. platanoides* sont également attaqués par *C. ohridella* en conditions naturelles quand ils sont situés à proximité de marronniers fortement infestés et le développement complet de l'insecte a été observé sur ces 2 espèces (Pschorn-Walcher H. 1997).

Les larves de *C. ohridella* sont mineuses de feuilles et les mines de couleur brun roux sont très repérables à la surface supérieure des feuilles. Elles provoquent le brunissement et la chute prématurée des feuilles de son hôte préféré, le marronnier d'Inde. En milieu urbain, ses dégâts spectaculaires ont fait naître l'inquiétude du public et des responsables locaux. Les dégâts causés par *C. ohridella* semblent cependant avoir un impact faible sur la vigueur de leur plante hôte et ne pas entraîner de dangers immédiats pour les marronniers d'Inde de nos villes (Thalman *et al.* 2003; Salleo *et al.* 2003; Nardini *et al.* 2004).

Le succès de l'invasion de cette espèce s'explique par plusieurs facteurs: i) l'absence d'ennemis naturels pouvant exercer une pression suffisante sur les populations [taux de



parasitisme généralement inférieur à 10 % (Grabenweger et Lethmayer 1999, Freise *et al.* 2002)], ii) une forte croissance des populations avec 3-5 générations par an et une multiplication par 10 des populations à chaque génération (Šefrová et Lastuvka 2001), iii) l'absence de compétition inter-spécifique avec d'autres insectes défoliateurs.

Šefrová et Lastuvka (2001) avaient évalué que la vitesse de propagation de l'insecte était approximativement de 60 km par an. Il est cependant indispensable pour prévoir précisément la dispersion d'une espèce invasive de connaître son schéma de dispersion et la vitesse de son invasion. Dans ce but, après la détection de *C. ohridella* en France en 2000, des recherches ont été menées avec pour principaux objectifs (1) de développer des méthodes de détection et de surveillance des populations (2) d'étudier la dynamique d'invasion de l'espèce à l'échelle régionale et nationale (3) de modéliser et comprendre les schémas de dispersion de cette espèce invasive à différentes échelles.

Matériel et méthodes

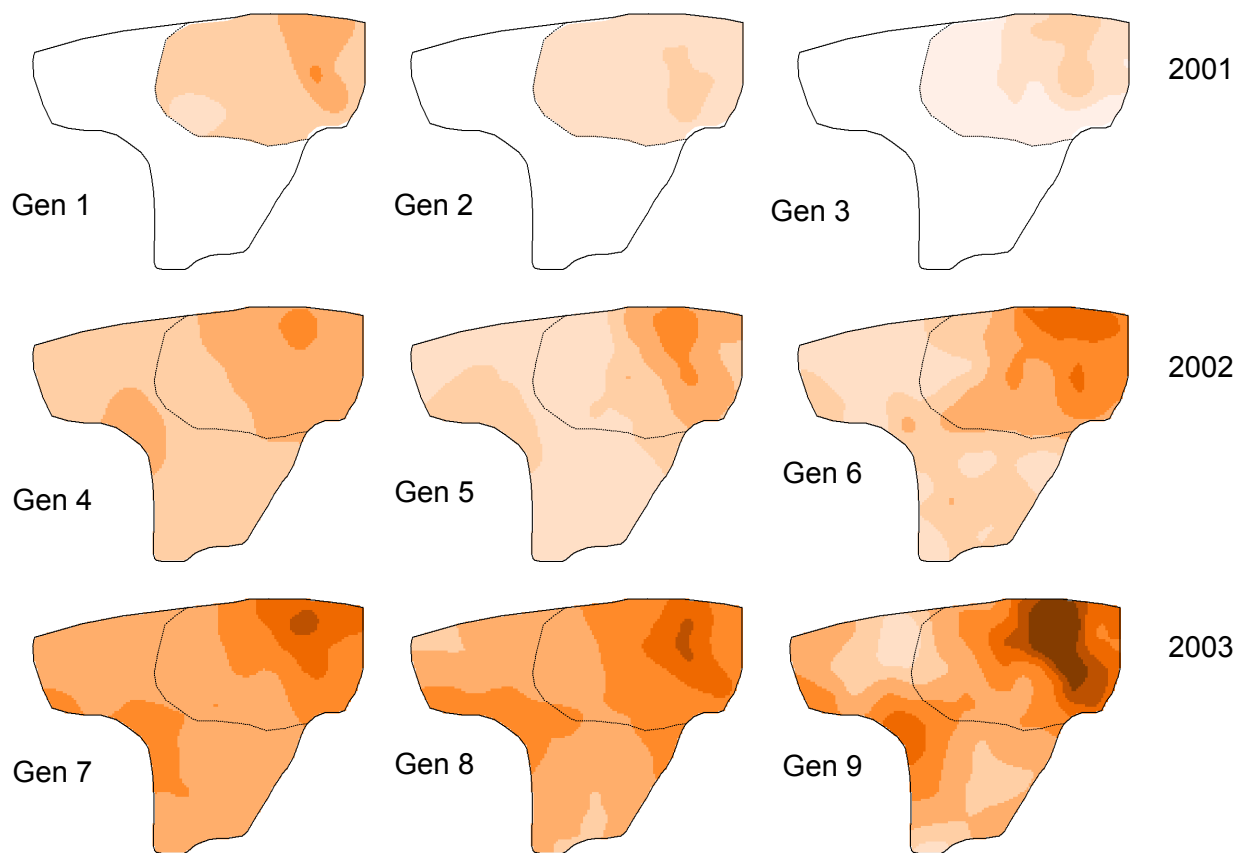
La **dispersion régionale** a été étudiée de 2001 à 2003 en zone rurale située dans l'Est de la France entre Metz, Nancy, Chalon en Champagne et Bar le Duc. Des sites séparés par une distance de 5 à 10 kilomètres et abritant au minimum un marronnier ont été sélectionnés. En 2001, 69 sites ont été considérés sur une zone couvrant de 60 x 55 km² et en 2002 cette zone a été élargie et comportait 125 sites. Les populations de *C. ohridella* ont été évaluées à l'aide de 2 méthodes : (1) l'observation visuelle des mines (2) le piégeage phéromonal des mâles. Pour quantifier visuellement les dégâts de l'insecte, la proportion de feuillage brun avec mines a été évaluée avec un système de notation à 8 classes (0 : 0 %, 1 : 0-2 %, 2 : 2-5 %, 3 : 5-10 %, 4 : 10-25 %, 5 : 25-50 %, 6 : 50-75 %, 7 : 75-100 %) utilisées par Gilbert et Grégoire (2003). Une évaluation a été réalisée par an et par génération aux périodes correspondant au maximum de dégâts de chaque génération (fin Juin, Août, et Septembre-Octobre). Des pièges à phéromone ont également été installés sur chaque site pour piéger les mâles de 1^{ère} et de 2^{ème} génération (2^{ème} et 3^{ème} vols des adultes) en 2001 et 2002 (Augustin *et al.* 2004). La dynamique spatiale des densités de population évaluées par les 2 méthodes a été analysée à l'aide de corrélogrammes et interpolées spatialement par krigeage ordinaire avec le logiciel Surfer 8 (Golden Software Inc, Golden USA). Deux méthodes ont été utilisées pour mesurer la dispersion de la 1^{ère} à la 9^{ème} génération: la distance radiale vs temps et la distance moyenne vs temps (Augustin *et al.* 2004).

A l'échelle nationale, le territoire français a été divisé en réseau avec des mailles de 50 km. Des campagnes de prospection ont été organisées pour suivre la dispersion de l'insecte de 2001 à 2006. Ces observations ont d'abord été réalisées dans l'est de la France où l'insecte était présent en 2000 et ont ensuite été étendues d'est en ouest. Dans chaque maille, nous avons observé en fin d'été la présence/absence de l'insecte sur un minimum de 10 sites comportant des marronniers d'Inde. Quand l'insecte était détecté, les populations ont été quantifiées en utilisant l'échelle de notation utilisée par Gilbert et Grégoire (2003). Comme il n'a pas été possible de visiter tous les sites chaque année, nous avons dû évaluer le statut des sites non visités. Deux règles simples ont été appliquées dans l'analyse : (1) un site infesté par *C. ohridella* une année donnée reste infesté pour les années suivantes (2) un site non infesté une année donnée est considéré non infesté pour les années précédentes. Nous avons également prédit la probabilité d'infestation des sites une année n en fonction des dégâts observés les années $n+1$ et $n+2$ en utilisant les données recueillies en 2001, 2002 et 2003 à l'échelle régionale dans l'est de la France (Augustin *et al.* 2004). Des données complémentaires ont également été fournies par les Services de protection des végétaux et le DSF. Au total 4652, 4640, 4737, 4041 et 3638 points ont été considérés en 2000, 2001, 2002, 2003 et 2004, respectivement. Les données recueillies entre 2001 et 2004 ont été utilisées pour modéliser la dispersion de *C. ohridella*. Différents modèles mathématiques ont été utilisés et comparés à la dispersion observée en France (Gilbert *et al.* 2005).



Résultats

A l'échelle régionale, les 2 méthodes d'estimation des populations (notation des dégâts et piégeage des males) ont montré qu'une grande partie de la zone d'étude avait été colonisée dès 2001 par *C. ohridella* à partir d'un foyer situé à l'Est et que l'ensemble du dispositif avait été rapidement colonisé par la mineuse en 2002 (Figure 1). En juin 2002, un nouveau foyer a été identifié au Sud-Ouest du dispositif expérimental et les 2 foyers se sont rejoints en 2003. Nos résultats ont montré que les 2 méthodes d'estimation pouvaient être utilisées pour surveiller la dispersion de l'insecte puisque les estimations réalisées visuellement étaient corrélées aux captures réalisées dans les pièges à phéromones (Augustin *et al.* 2004). L'analyse des distributions spatiales et les variations temporelles des populations ont permis d'établir que l'insecte dispersait très peu d'une génération à l'autre au cours d'une même année et que la dispersion se produisait principalement d'une année sur l'autre (*par exemple* génération 1 à 4, et 4 à 7). Les vitesses de dispersion estimées variaient de 5.7 ± 2.4 à 9.2 ± 1.7 km / génération quand elle était estimée par la distance moyenne au foyer initial d'infestation en fonction du temps et de 7.9 ± 3.3 à 12.6 ± 4.0 km / génération par la distance radiale en fonction du temps.



Estimation visuelle des populations (Gen 1-9)
(nombre moyen de mines par feuilles)

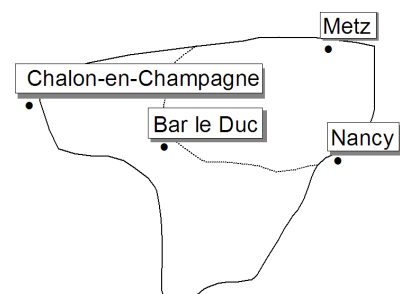
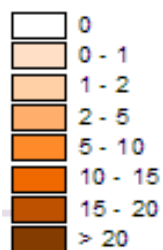


Fig. 1 Distribution des populations de chaque génération de *C. ohridella* entre 2001 à 2003 dans l'Est de la France.



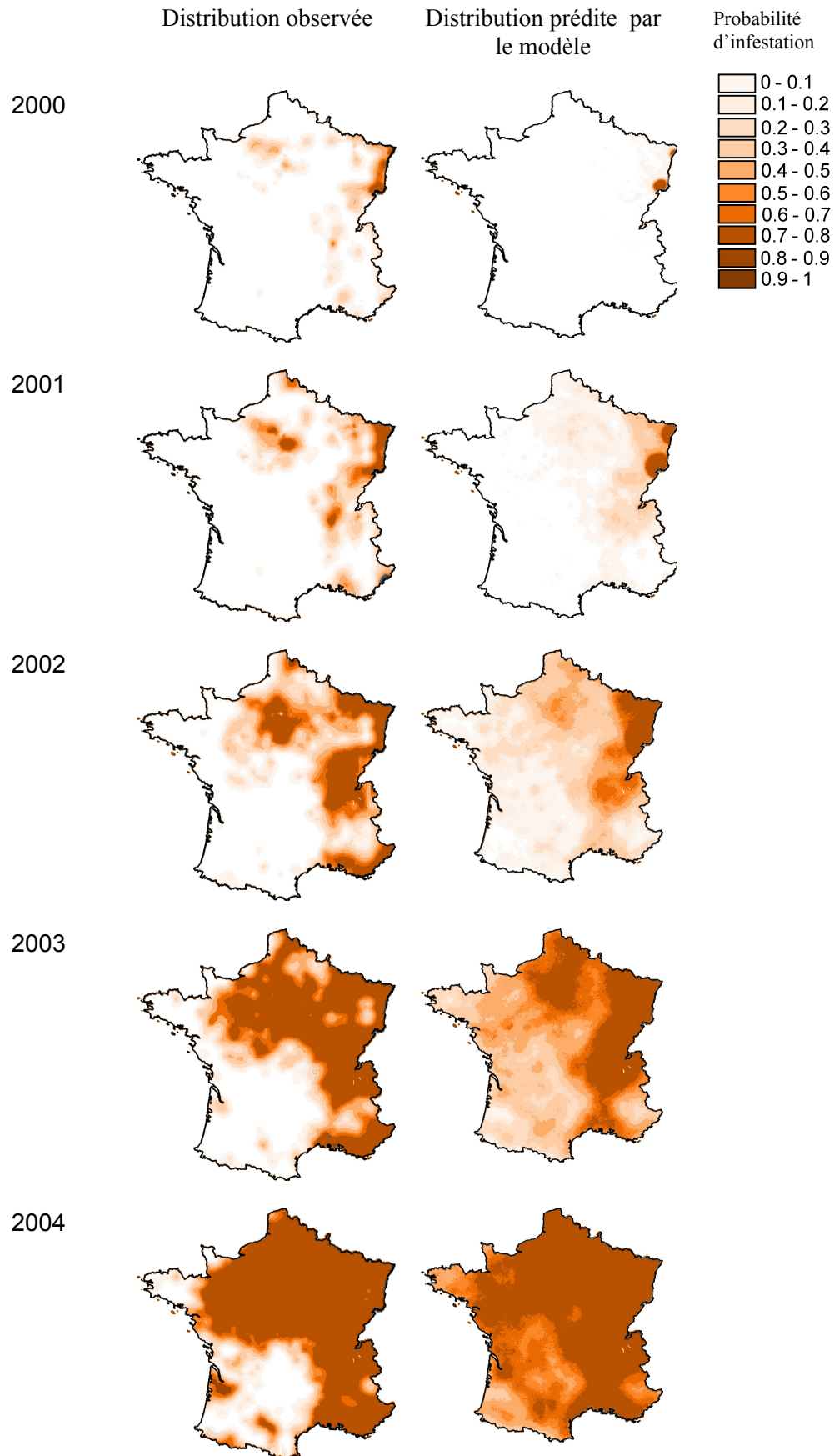


Fig. 2 Distribution observée de *C. ohridella* en France de 2000 à 2004 et distribution prédite par modèle de diffusion stratifié combiné avec l'effet de la densité des populations humaines

Au niveau national, les observations réalisées ont montré que *C. ohridella* a progressé rapidement et les fronts de dispersion des différents foyers se sont rejoints en 2002. Elle a



ensuite continué sa colonisation vers l'ouest et en 2004, elle était présente dans presque tous les départements français exceptés, au sud-ouest du Massif Central, dans le Cantal, le Lot et l'Aveyron et dans le Sud-Ouest, dans les Pyrénées Orientales. Parmi les modèles utilisés pour prédire la dispersion de *C. ohridella* seul le modèle "*stratifié incorporant les densités de population humaines*" simulait de façon raisonnable la distribution observée (Figure 2). Les prédictions de ce modèle étaient proches de la dispersion observée et rendaient même compte de certains détails de l'invasion. En 2001, ce modèle indique une plus forte probabilité d'infestation des grandes villes (Paris et Lyon). En 2002, le modèle décrit fidèlement l'établissement de *C. ohridella* dans l'est de la France ainsi que l'établissement à longue distance dans l'Ouest et le Sud du pays. En 2003 et 2004, des déviations au modèle ont été observées dans le Massif Central et en Bretagne.

La vitesse, estimée par la distance radiale en fonction du temps variait de 50 km à 58 km/an en fonction du seuil de population.

Conclusion

A l'échelle régionale, les résultats obtenus avec les observations visuelles des dégâts et le piégeage des mâles étaient comparables et ils ont montré que ces 2 méthodes pouvaient être utilisées pour suivre les populations de *C. ohridella*. Le piégeage phéromonal, qui avait été utilisé par Liebhold *et al.* (1995) pour suivre la dispersion de *Lymantria dispar* aux USA, s'est révélé être bien adapté pour suivre la dynamique des populations d'une génération à l'autre. Les études réalisées à l'échelle nationale en France ont montré que la dispersion de *C. ohridella* était stratifiée, et combinait dispersion à courte distance résultant du transport passif par le vent et dispersion à grande distance avec établissement de nouveaux foyers en relation avec les densités de population humaine. Les prédictions de ce modèle préalablement testé sur la dispersion de la mineuse en Allemagne s'était également montré fidèle à l'invasion observée dans ce pays (Gilbert *et al.* 2003). Dans les grandes villes, les flux anthropiques plus importants (personnes, voitures, trains ou camions) participent au transport passif de l'insecte, et les fortes densités de l'hôte augmentent les probabilités d'intercepter les nouveaux arrivants. Par contre les régions montagneuses et moins peuplées comme le Massif Central, sont nettement moins favorables à la dispersion. Les études ont montré que *C. ohridella* progressait à une vitesse de 50 à 58 km/an à grande échelle, vitesse supérieure à celle de nombreuses espèces invasives mais proche de celle estimée pour certaines espèces voisines (Agassiz 2002). Ce modèle nous a permis de prédire qu'à partir de son point d'introduction au sud de l'Angleterre en 2002, elle coloniserait la partie méridionale et centrale de ce pays en 2006-2007 et en atteindrait le Nord vers 2008 (Gilbert *et al.* 2005).

Références bibliographiques

- Agassiz DJL** (2002). The invasion and spread of Lepidoptera in Britain. Belgian fauna and alien species. In: Proceedings of the symposium held on 14.12.2001 in Brussels Ed by Peeters M, Van Goethem JL, Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg. **72**, pp. 171–178
- Augustin S., Reynaud P.** (2000). Un nouveau ravageur pour le marronnier: *Cameraria ohridella*. PHM. Rev. Hortic. **418**, pp. 41–45
- Augustin S., Guichard S., Svatos A., Gilbert M.** (2004). Monitoring the regional spread of the invasive leafminer *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) by damage assessment and pheromone trapping. Env. Entomol. **33**, pp. 1584–1592
- Deschka G., Dimič N.** (1986). *Cameraria ohridella* n. sp. Aus Mazedonien, Jugoslawien (Lepidoptera, Lithocolletidae). Acta Entomologica Jugoslavia **22**, pp. 11–23
- Freise J., Heitland W., Tosevski I.** (2002). Parasitism of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka and Dimic (Lep., Gracillariidae), in Serbia and Macedonia. J. Pest Sci. **75**, pp. 152–157
- Freise J.F., Heitland W., Sturm A.** (2004). Host plant range of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), a pest of the white flowering horse-chestnut, *Aesculus hippocastanum*. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. **14**, pp. 351–354



- Gilbert M., Grégoire J.-C.** (2003). Visual, semi-quantitative assessments allow accurate estimates of leafminer population densities: An example comparing image processing and visual evaluation of damage by the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella*. *J. Appl. Entomol.* **127**, pp. 354–359
- Gilbert M., Grégoire J.-C., Freise J., Heitland W.** (2004). Long-distance dispersal and human population density allow the prediction of invasive patterns in the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella*. *J. Anim. Ecol.* **73**, pp. 459–468
- Gilbert M., Guichard S., Freise J., Grégoire J.-C., Heitland W., Straw N., Tilbury C., Augustin S.** (2005). Forecasting *Cameraria ohridella* invasion dynamics in recently invaded countries: from validation to prediction. *J. Anim. Ecol.* **45**, pp. 805–813
- Grabenweger G., Lethmayer C.** (1999). Occurrence and phenology of parasitic Chalcidoidea on the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka and Dimic (Lep., Gracillariidae). *J. Appl. Entomol.* **123**, pp. 257–260
- Ivinskis P.** (2004). Lepidoptera of Lithuania. Annotated catalogue. Vilnius: Institute of Ecology of Vilnius University.
- Karsholt O., Kristensen NP.** (2003). Kastaniemøllet: et kønt nyt skadedyr i Danmark. – Dyr. *I. Nat. Mus.* **1**, pp. 9–11
- Mattson W., Vanhanen H., Veteli T., Sivonen S., Niemela P.,** (2007). Few immigrant phytophagous insects on woody plants in Europe: legacy of the European crucible? *Biological Invasions* **9**, pp. 957-974
- Nardini A., Raimondo F., Scimone M., Salleo S.** (2004). Impact of the leaf miner *Cameraria ohridella* on whole-plant photosynthetic productivity of *Aesculus hippocastanum*: insights from a model. *Trees-Struct. Funct.* **18**, pp. 714-721
- Pschorn-Walcher H.** (1997). Biology and population dynamics of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella*. *Forstschutz Aktuell* **21**, pp. 7-10
- Salleo S., Nardini A., Raimondo F., Lo Gullo M.-A., Pace F., Giacomich P.** (2003). Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in North-Eastern Italy. *Trees-Struct. Funct.* **17**, pp. 367–375
- Šefrová H., Lastuvka Z.** (2001). Dispersal of the horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986, in Europe: its course, ways and causes (Lepidoptera: Gracillariidae). *Entomol. Zeitsch.* **111**, pp. 194–198
- Sharov A., A. Liebhold, A.-M. and Roberts E.-A.** (1996). Spatial variation among counts of gypsy moths (Lepidoptera: Lymantriidae) in pheromone-baited traps at expanding population fronts. *Environmental Entomology*, **25**(6), pp. 1312-1320
- Straw NA, Bellett-Travers M.** (2004). Impact and management of the horse chestnut leafminer, (*Cameraria ohridella*). *Arboricultural Journal* **28**, pp. 67–83
- Svensson I.** (2004). Remarkable records of Microlepidoptera in Sweden during 2003. *Entomol. tidskrift* **125**, pp. 43–53
- Thalmann C., Freise J., Heitland W., Bacher S.** (2003). Effects of defoliation by horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) on reproduction in *Aesculus hippocastanum*. *Trees-Struct. Funct.* **17**, pp. 383–388
- Villalva S., Del Estal P.** (2003). Presencia en España de *Cameraria ohridella* Descka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae) plaga del castaño de indias. III. Congreso Nacional de Entomología Aplicada. IX. Jornadas científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada, Ávila, España, 20/10/2003–24/10/2003.

