

**IMPACT DE LA PYRALE DU BUIS EN EUROPE ET POTENTIEL DE LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR
L'INTRODUCTION DE PARASITOÏDES**

M. KENIS ⁽¹⁾ et H. LI ⁽²⁾

⁽¹⁾ CABI, Delémont, Suisse, m.kenis@cabi.org

⁽²⁾ MoA-CABI Joint Laboratory for Bio-Safety, Institute of Plant Protection Chinese Academy of
Agricultural Sciences, Beijing, Chine, h.li@cabi.org

RÉSUMÉ

La pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*) est devenue en quelques années une menace pour la survie des buis d'ornement et sauvages (*Buxus* spp.) en Europe. Alors que son impact économique est assez faible, l'impact environnemental, par la disparition de son arbre hôte et les effets sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, est considérable. Dans certaines régions, le buis a une forte valeur culturelle et religieuse, et l'impact sociétal de sa disparition n'est pas à négliger. Seule l'action d'ennemis naturels pourra sauver les peuplements de buis, soit par l'adaptation des ennemis naturels indigènes, soit par l'introduction d'espèces asiatiques. Des études préliminaires ont permis de sélectionner des parasitoïdes asiatiques comme candidats à l'introduction, mais des investigations plus poussées sont nécessaires pour évaluer leur potentiel et les risques éventuels pour les espèces non-cibles.

Mots-clés : *Buxus*, *Cydalima perspectalis*, impact environnemental, invasion biologique, parasitoïde.

ABSTRACT

**IMPACT OF THE BOX-TREE MOTH IN EUROPE AND POTENTIAL OF BIOLOGICAL CONTROL
BY THE INTRODUCTION OF PARASITOIDS**

The box tree moth (*Cydalima perspectalis*) is threatening the survival of ornamental and wild box trees (*Buxus* spp.) in Europe. While its economic impact is rather minor, the environmental impact through the eradication of its host tree and cascading effects on biodiversity and ecosystems functioning is significant. In some regions, box has a high cultural and religious value, and the social impact of its disappearance is not negligible. Only natural enemies will be able to save box stands, either by the adaptation of native natural enemies or by the release of Asian species. Preliminary studies have allowed the selection of two Asian parasitoids as candidate biocontrol agents, but further investigations are needed to assess their potential and the risks posed to non-target species.

Keywords: Biological invasion, *Buxus*, *Cydalima perspectalis*, environmental impact, parasitoid.

INTRODUCTION

La pyrale du buis (*Cydalima perspectalis* (Walker)) est un insecte originaire d'Asie de l'Est qui a été observé pour la première fois en Allemagne en 2006, probablement introduit sur des plants de buis (*Buxus* spp.) venus d'Asie. Depuis lors, la pyrale s'est rapidement dispersée dans la grande majorité des pays européens de l'Europe, en Asie Mineure, dans le Caucase et jusqu'en Iran (Kenis *et al.*, 2013; Mitchell *et al.*, 2018). Elle attaque aussi bien les buis sauvages que les arbustes ornementaux dans les parcs et jardins. La plupart des espèces de buis sont attaquées. Les plus gros dégâts sont observés dans les régions où la pyrale peut développer au moins deux générations complètes dans l'année (Nacambo *et al.*, 2014). Dans ces régions, les attaques sont si virulentes qu'il est devenu difficile de garder des buis en vie sans l'utilisation de pesticides biologiques ou chimiques. Ceux-ci sont efficaces contre la pyrale et les municipalités et propriétaires de parcs et jardins peuvent, s'ils le souhaitent protéger leur buis de façon satisfaisante. Par contre, sur les buis sauvages (*Buxus sempervirens*) l'utilisation de ces (bio)pesticides n'est envisageable qu'à court terme et dans les peuplements de buis (buxaies) de valeur exceptionnelle. Dans certaines régions, en particulier dans les habitats humides, le buis est doublement en danger de par les attaques des champignons invasifs responsables du dépérissement du buis, *Calonectria pseudonaviculata* (Crous, J.Z. Groenew. & C.F. Hill) L. Lombard, M.J. Wingf. & Crous et *Calonectria henricotiae* Gehesquière, Heungens and J.A. Crouch (Lehtijärvi *et al.*, 2014; Gehesquière *et al.*, 2016).

A long terme, on peut s'attendre à une quasi disparition de ces buxaies sauf si des ennemis naturels venaient à contrôler la pyrale du buis à l'échelle régionale. Deux scénarios sont possibles. Des ennemis naturels locaux (prédateurs, parasitoïdes ou pathogènes) peuvent s'adapter à l'insecte envahisseur et réduire les densités de population. Plusieurs cas de lutte biologique « fortuite » par adaptation d'ennemis naturel locaux ont été observés lors d'invasions d'insectes (Kenis *et al.*, 2017), mais ces adaptations peuvent prendre plusieurs décennies ce qui, dans le cas de la pyrale du buis, peut s'avérer trop long, compte tenu de la destruction rapides des buxaies. Un insecte envahissant peut aussi être maîtrisé à l'échelle d'une région ou d'un continent par l'introduction d'ennemis naturels de la région d'origine de l'insecte, une méthode appelée « lutte biologique classique » et qui a déjà été utilisée avec succès sur un grand nombre d'insectes (Hajek *et al.*, 2016; Kenis *et al.*, 2017).

Dans cet article, nous décriront d'abord l'impact actuel et potentiel de la pyrale du buis et de la disparition possible du buis sauvage sur l'économie, l'environnement et la société. Ensuite, nous discuterons du potentiel de la lutte biologique classique pour contrôler la pyrale du buis et présenterons les premiers résultats de la recherche d'ennemis naturels en Chine.

IMPACTS DE LA PYRALE DU BUIS

Comme pour les autres organismes envahissants (Parker *et al.*, 1999), Les impacts de la pyrale du buis et de la destruction des buis ornementaux et sauvages peuvent être classés en trois catégories: impacts économiques, environnementaux et sociétaux.

IMPACTS ÉCONOMIQUES

Les coûts économiques de l'introduction de la pyrale en Europe et ailleurs n'ont jamais été calculés précisément mais sont principalement supportés par les municipalités et les propriétaires de parcs et jardins qui doivent, soit lutter de façon continue contre la pyrale, soit remplacer le buis par d'autres essences. Même si le buis ornemental est facilement protégé de la pyrale par des insecticides biologiques ou chimiques, les traitements répétés peuvent être lourds pour certains jardins historiques dont le buis est souvent une composante essentielle pour leur attrait touristique.

L'industrie horticole, qui est responsable de l'introduction de l'insecte, n'est dans sa grande majorité pas affectée par les pullulations de la pyrale parce que la production et la vente de buis sont remplacées par d'autres essences. Le principe du pollueur-payeur est rarement appliqué pour les invasions biologiques et ce sont souvent les pouvoirs publics et les petits propriétaires qui doivent supporter les dégâts causés par l'industrie et le commerce international (Perrings *et al.*, 2005; Aukema *et al.*, 2011). Il est à noter que quelques petits horticulteurs ayant investi spécifiquement dans la production de buis ont vu leurs ventes fortement décliner et ont été obligés de réorienter leur production, parfois avec grande difficulté (M. Kenis, observation personnelle).

Le bois de buis sauvage est utilisé pour la production d'objets de valeur (Savill, 2013) mais cette production est économiquement marginale.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

La pyrale du buis a déjà détruit un grand nombre de buxaies dans le Caucase et en Europe, parfois avec l'aide de champignons responsables du dépérissement du buis (Tuniyev 2016; Mitchell *et al.* 2018). Dans les régions où elle développe au maximum deux générations par an, l'éradication des buxaies peut prendre plusieurs années. Par exemple, autour de Bâle (Suisse), il aura fallu environ huit ans à la pyrale pour détruire plus de 95% des buis sauvages (John and Schumacher 2013; M. Kenis observation personnelle). Mais dans les régions plus chaudes où elle peut développer trois générations annuelles, comme dans le Caucase ou le Sud de l'Europe, les buxaies sont détruites en deux ou trois ans (Tuniyev, 2016 ; Matsiakh *et al.*, 2018). Pour l'instant, seuls les peuplements naturels de buis commun, *Buxus sempervirens*, sont touchés. En Europe, une deuxième espèce indigène, le buis des Baléares, *Buxus balearica*, se rencontre à l'état sauvage dans quelques rares stations sur le pourtour méditerranéen (Espagne, Sardaigne, Maroc, Algérie et Turquie) (Di Domenico *et al.*, 2012). La pyrale ne semble pas encore avoir trouvé ces peuplements mais, comme des tests ont montré que *B. balearica* est aussi sensible à la pyrale que *B. sempervirens* (Brua, 2014) on peut craindre pour la survie de cette espèce.

Dans certaines régions, les peuplements de buis sont une composante importante d'écosystèmes forestiers. Même si les buis survivront dans certains jardins et que, en forêt, certaines plantes pourraient éventuellement développer une résistance à la pyrale, on peut craindre que, dans quelques années, les fonctions écologiques des buxaies auront disparu. Cette disparition aura probablement un impact écologique considérable par effet de cascade sur les autres composantes de ces écosystèmes. Mitchell *et al.* (2018) ont compté 132 champignons, 12 chromistes (algues), 98 invertébrés et 44 lichens se développant sur le buis en Europe et dans le Caucase. Parmi ces organismes, 43 champignons, 3 chromistes et 18 invertébrés n'ont été répertoriés que sur le buis et ces espèces risquent de disparaître avec leur plante hôte.

La disparition écologique des buxaies peut également avoir des conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes dans lesquels elles sont intégrées. Les buxaies ont été en général peu étudiées mais on sait qu'elles ont un rôle protecteur par leur capacité de maintien des sédiments et que la présence du buis influence les successions des essences forestières. Mais les conséquences de la disparition du buis vont dépendre de la façon dont ses niches écologiques vont être comblées par les autres essences. Plus les espèces re-colonisatrices seront différentes du buis (p.ex. des arbres à feuille caduques), plus les impacts sur les écosystèmes seront importants (Mitchell *et al.*, 2018).

IMPACTS SOCIÉTAUX

Le buis a joué, du néolithique jusqu'à nos jours, un rôle culturel et religieux important, passé en revue par Mitchell *et al.* (2018). Ce rôle est encore particulièrement notable dans certaines régions du Caucase, où la disparition du buis est ressentie comme un choc culturel significatif. En Europe, les branches sont encore utilisées dans beaucoup de régions lors des cérémonies religieuses du dimanche des rameaux. L'art topiaire est essentiel à l'existence de nombreux jardins historiques. Le bois, très dur, a été, et est encore utilisé pour la fabrication d'objets de valeur tels que des bas-reliefs, des instruments de musique et de mathématique et divers objets artisanaux (Savill 2013 ; Mitchell *et al.* 2018).

LUTTE BIOLOGIQUE PAR INTRODUCTION DE PARASITOÏDES ASIATIQUES

Il est probable que seule une augmentation de la régulation biologique de la pyrale sur l'ensemble du territoire par des ennemis naturels pourra sauver les buxaies envahies. Des parasitoïdes et prédateurs indigènes ont déjà été observés en Europe (Wan *et al.*, 2014) et dans le Caucase (Belokobylskij et Gninenko, 2016; Tuniyev, 2016), mais ceux-ci ont un impact limité. Si on peut espérer, avec le temps, une augmentation de la pression exercée par ces ennemis naturels indigènes, l'urgence de la situation suggère une action plus rapide, via l'introduction d'ennemis naturels asiatiques dans le cadre d'un programme de lutte biologique classique. Ces ennemis naturels peuvent être des parasitoïdes, des prédateurs ou des entomopathogènes mais, dans le cas de papillons, il est préférable de privilégier les parasitoïdes, habituellement plus spécifiques que les prédateurs (Kenis *et al.*, 2017). La spécificité est un critère essentiel dans le choix d'un ennemi naturel à introduire pour éviter des effets négatifs sur les insectes non-cibles (Hajek *et al.*, 2016).

Le complexe parasitaire de la pyrale du buis dans sa région d'origine est peu connu. Il y a quelques données sur le parasitisme dans la littérature chinoise, compilées par Wan *et al.* (2014), mais les informations sur l'importance du parasitisme sur les populations de pyrale ainsi que sur l'identité et la biologie des parasitoïdes sont lacunaires. De plus, toutes les données proviennent de plantations de buis en zone urbaine, dans des milieux écologiquement pauvres et, souvent, dans des régions où les buis et la pyrale ne sont pas indigènes (correspondant à la moitié nord de la Chine – eFloras, 2008).

En 2017, quelques prospections supplémentaires ont été effectuées dans sept provinces chinoises (Beijing, Anhui, Shandong, Zhejiang, Jiangsu, Liaoning et Henan), principalement sur buis ornementaux en milieu urbain. Un total de 114 plantations ont été examinées, les larves de la pyrale du buis ont été collectées et élevées en laboratoire pour obtenir des parasitoïdes. Nous résumons ci-dessous l'état des connaissances sur la situation de la pyrale en Chine et sur le parasitisme, sur la base de nos observations et de la littérature (Wan *et al.*, 2014).

ABONDANCE DE LA PYRALE EN CHINE

La pyrale est considérée comme un ravageur important du buis en Chine. Lors de nos prospections, des signes de la présence de la pyrale du buis ont été observés à 60.5% des sites même si, dans la plupart des cas, elle avait disparu, probablement éliminée par des insecticides. Il est à noter que toutes nos observations et les informations publiées se réfèrent à des plantations de buis ornementaux. Nous n'avons pas trouvé de pyrales dans les rares buxaias que nous avons pu examiner. L'abondance de la pyrale en milieu urbain en Chine peut s'expliquer par le fait que les parcs et jardins sont abondamment traités aux insecticides et ont dès lors un complexe de parasitoïdes et prédateurs très affaibli. De plus un grand nombre des sites étudiés sont situés en dehors de l'aire naturelle de distribution du buis en Chine et on peut donc également considérer que la pyrale est invasive dans ces régions. Il n'est pas exclu que des ennemis naturels présents dans les régions où le buis est indigène soient absents des régions d'introduction.

PARASITISME

Des taux de parasitismes larvaires très variables ont été observés dans nos échantillons, allant de 0 à 50%. Ces taux sous-estiment l'impact du parasitisme parce que les larves sont souvent collectées soit avant l'attaque de certains parasitoïdes soit après l'émergence de certains autres. Neuf espèces de parasitoïdes, pas encore identifiées, ont été collectées lors de nos prospections en 2017. Le complexe parasitaire le plus riche (6 espèces) a été trouvé dans la province du Zhejiang, qui est aussi la province prospectée où les buis sauvages sont les plus abondants. Wan *et al.* (2014) avaient répertorié un nombre semblable d'espèces. La plupart de ces espèces sont des parasitoïdes très occasionnels, polyphages et qui attaquent la pyrale du buis de façon opportuniste. Pour l'instant, selon l'état de nos connaissances, seules deux espèces de parasitoïdes sont à considérer pour une introduction en Europe.

Dolichogenidea sp. (Hym.: Braconidae: Microgastrinae) est un parasitoïde grégaire qui attaque les jeunes larves et tue les larves de stade intermédiaire pour former une vingtaine de cocons blancs à leur surface. Il est probable que cette espèce correspond à *Dolichogenidea stantoni* (Aschmead), mentionnée plusieurs fois dans la littérature chinoise comme parasitoïde de la pyrale du buis (Wan *et al.*, 2014). *Dolichogenidea stantoni* est connue dans plusieurs régions d'Asie pour attaquer un grand nombre de lépidoptères de différentes familles. Elle a cependant été très peu étudiée. Krishnamoorthy *et al.* (2004) fournissent quelques données sur sa biologie sur un autre Crambidae, *Diaphania indica*. Au regard de son importance sur la pyrale du buis en Chine, il est important de vérifier que la pyrale du buis n'est pas attaquée par une espèce jumelle de *D. stantoni*, spécifique à la pyrale.

Chelonus sp. (Hym.: Braconidae: Cheloniinae) est un parasitoïde solitaire ovo-larvaire. Il pond dans les œufs de ses hôtes et se développe dans les larves pour les tuer le moment venu. C'est le parasitoïde de la pyrale du buis le plus souvent cité dans la littérature chinoise, habituellement sous le nom de *Chelonus tabonus* (Sonan) (Wan *et al.*, 2007). Dans nos échantillons il a été collecté seulement dans les provinces du Zhejiang et Anhui, les deux provinces prospectées où le buis est indigène. Des études précédentes ont également montré qu'il est abondant au Zhejiang, avec des taux de parasitisme avoisinant les 50% (She and Feng, 2006, H. Li, données non publiées). Les parasitoïdes ovo-larvaires sont généralement spécifiques parce qu'ils doivent développer une relation très proches avec leur hôte pour synchroniser leur développement avec celui de leur hôte.

Chelonus tabonus a été récolté dans plusieurs régions de Chine, du Japon, de Corée et d'Indonésie (Wan *et al.*, 2014). La liste de ses hôtes connus inclut quelques Crambidae (*Diaphania pyloalis*, *Maruca testulalis*, *Haritalodes (=Sylepta) derogata* et *Omiodes (=Hedylepta) indicata* ainsi qu'un Tortricidae (*Eucosma aemulana*). Mais les erreurs d'identifications de parasitoïdes sont fréquentes dans la littérature, de même que l'existence d'espèces jumelles spécifiques à certains hôtes.

PERSPECTIVES POUR LA LUTE BIOLOGIQUE CLASSIQUE ET FUTURES ÉTAPES

Les données récoltées en Chine ont montré que la pyrale du buis est abondante sur les buis ornementaux. Par contre, aucune pyrale n'a pour l'instant pu être collectée sur les buis sauvages, mais ceux-ci sont difficiles d'accès et ont été très peu prospectés. Les taux de parasitisme les plus élevés et le complexe parasitaire le plus fourni ont été observés dans le Zhejiang, où le buis sauvage est indigène. Deux espèces de parasitoïdes Braconidae sont actuellement considérées comme des agents potentiels pour la lutte biologique en Europe et dans le Caucase. *Chelonus* sp., de par sa probable spécificité et son abondance dans les régions où le buis est indigène en Chine, est le parasitoïde le plus prometteur. Il est urgent de poursuivre le programme de lutte biologique en mettant en place les activités suivantes :

- Continuer les prospections pour les parasitoïdes larvaires en Chine et, éventuellement en Corée et au Japon, en particulier dans les peuplements naturels, dans des régions climatiquement similaires aux régions abritant les principales buxaies européennes et caucasiennes.
- Collecter également des œufs et chrysalides de la pyrale pour étudier leur complexe parasitaire.
- Étudier la biologie et l'écologie de *Chelonus* sp. et *Dolichogenidea* sp. sur le terrain, dans les régions où ils sont abondants (par exemple sur des buis ornementaux non traités) : cycles de vie, stratégie d'hivernation, dynamique des populations, hyperparasitisme, etc.
- Mettre en place des élevages en laboratoire des deux parasitoïdes, en Chine et en quarantaine en Europe et dans le Caucase, pour compléter les observations sur la biologie et l'écologie des parasitoïdes; évaluer en particulier leur spécificité en les testant sur d'autres Crambidae; clarifier leur identité taxonomique.

REMERCIEMENTS

Les recherches présentées dans cet article ont été financées par la FAO, the Ministère des Affaires Etrangères de la République Fédérale d'Allemagne et l'Office de l'Environnement de la République et Canton du Jura, Suisse.

BIBLIOGRAPHIE

Aukema J.E., Leung B., Kovacs K., Chivers C., Britton K.O., Englin J., Frankel S.J., Haight R.G., Holmes T.P., Liebhold A.M., McCullough D.G., Von Holle B., 2011. Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. *PLoS One*, 6(9), e24587.

Belokobylskij S.A., Gninenko Yu.I., 2016. A solitary endoparasitoid (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) of the severe Buxus pest *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the North Caucasus of Russia. *Zoosystematica Rossica*, 25, 248-254.

Brua C., 2014. La pyrale du buis: le point sur cette espèce 615 envahissante. *Phytoma-La Défense des Végétaux*, 675,16-22.

Chen H.L., Gao Z.G., Zhou J.M., Chen H.M., 2005. Bionomics of the box tree pyralis, *Diaphania perspectalis* (Walker). *Jiangxi Plant Protection*, 28, 1-4 (en chinois).

Di Domenico F., Lucchese F., Magri D., 2012. Buxus in Europe: late quaternary dynamics and modern vulnerability. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 14, 354-362.

eFloras 2008. Published on the Internet <http://www.efloras.org> [accessed 23 July 2018]. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA.

- Gehesquière B., Crouch J.A., Marra R.E., Van Poucke K., Rys F., Maes M., Gobin B., Höfte M., Heungens K., 2016. Characterization and taxonomic reassessment of the box blight pathogen *Calonectria pseudonaviculata*, introducing *Calonectria henricotiae* sp. nov. *Plant Pathology*, 65, 37-52.
- Hajek A.E., Hurley B.P., Kenis M., Garnas J.R., Bush S.J., Wingfield M.J., van Lenteren J.C., Cock M.J. 2016. Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions? *Biological Invasions*, 18, 953-969
- John R., Schumacher J.R., 2013. Der Buchsbaum-Zünsler (*Cydalima perspectalis*) im Grenzach-Wyhlener Buchswald – Invasionschronik und Monitoringergebnisse. *Gesunde Pflanzen* 65,1-6.
- Kenis M., Nacambo S., Leuthardt F.L.G., di Domenico F., Haye T., 2013. The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster? *Aliens*, 33, 38-41.
- Kenis M., Hurley B., Hajek A., E., Cock M., 2017. Classical biological control of insect pests of trees - facts and figures. *Biological Invasions*, 19, 3401-3417.
- Krishnamoorthy A., Rama N., Mani M., 2004. Record of *Dolichogenidea stantoni* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of pumpkin caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Biological Control*, 18, 205-206.
- Lehtijärvi A. Doğmuş-Lehtijärvi H.T., Oskay F., 2014, *Cylindrocladium buxicola* is threatening the native *Buxus sempervirens* populations in Turkey. *Plant Protection Science*, 50, 227-229.
- Matsiakh I., Kramarets V., Mamadashvili G., 2018. Box Tree Moth *Cydalima perspectalis* as a threat to the native populations of *Buxus colchica* in Republic of Georgia. *Journal of Entomological Research Society*. Sous presse.
- Mitchell R., Chitanava S., Dbar R., Kramarets V., Lehtijärvi A., Matchutadze I., Mamadashvili G., Matsiakh I., Nacambo S., Papazova-Anakieva I., Sathyapala S., Tuniyev B., Véték G., Zukhbaia M., Kenis M., 2018. Identifying the ecological and societal consequences of a decline in *Buxus* forests in Europe and the Caucasus. *Biological Invasions*, <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1799-8>.
- Nacambo S., Leuthardt F.L.G., Wan H., Li H., Haye T., Baur B., Weiss R.M., Kenis M., 2014. Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 138, 14-26.
- Parker I.M., Simberloff D., Lonsdale W.M., Goodell K., Wonham M., Kareiva P.M., Williamson M.H., Von Holle B., Moyle P.B., Byers J.E., Goldwasser L., 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions*, 1, 3-19.
- Perrings C., Dehnen-Schmutz K., Touza J., Williamson M., 2005. How to manage biological invasions under globalization. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 212-215.
- Savill P., 2013. *Buxus sempervirens* L. - box. In Savill, P. (ed) *The Silviculture of Trees Used in British Forestry*. CABl ebook. doi: 10.1079/9781780640266.0000.
- She D.S., Feng F.J., 2006. Bionomics and Control of *Diaphania perspectalis* (Walker). *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 26, 47-51 (en chinois).
- Tuniyev B.S. (Ed.) (2016) Colchis boxwood – *Buxus colchica*: retrospective and current status of populations (monograph). *Proceeding of the Sochi National Park*, 7. Moscow, Publ. buki vedi (en russe).
- Wan H., Haye T., Kenis M., Nacambo S., Xu H., Zhang F., Li H. 2014. Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: Is there biological control potential in Europe? *Journal of Applied Entomology*, 138, 715-722