

Abeilles et autres pollinisateurs : importance pour l'agriculture et la biodiversité

Les abeilles mellifères et d'autres insectes pollinisent de nombreuses plantes et se montrent ainsi indispensables à une agriculture productive, une alimentation saine et une nature diversifiée. Les pollinisateurs sont toutefois en danger, même en Suisse. L'abeille mellifère est confrontée à de multiples problèmes, et les pollinisateurs sauvages accusent une réduction inquiétante

du nombre de leurs individus et de leurs espèces. Les mesures prises agissent certes en partie, mais elles ne suffisent pas pour sauvegarder à long terme les insectes pollinisateurs et leurs prestations. Le présent factsheet des Académies suisses des sciences donne une vue d'ensemble du savoir actuel et des initiatives possibles.

Importance de la pollinisation

Agriculture et alimentation

Les abeilles mellifères et d'autres insectes rendent des services très précieux par la pollinisation des plantes sauvages et cultivées. Ils permettent ou améliorent la formation de fruits et de graines chez environ trois quarts des plantes alimentaires les plus commercialisées à l'échelle mondiale¹⁻³. Les principales plantes alimentaires, en volume, telles que blé, riz ou maïs, sont toutefois pollinisées par le vent, et bon nombre des autres plantes cultivées ne sont que partiellement tributaires de la pollinisation animale. C'est pourquoi l'absence de pollinisateurs ne devrait entraîner à court terme qu'une perte de 3-8 % du volume de denrées alimentaires produites dans le monde⁴. Mais les aliments qui en seraient affectés sont particulièrement importants pour notre approvisionnement en vitamines (fruits et légumes, p. ex.)⁵, et leur part de la production n'a cessé de croître depuis 50 ans⁶⁻⁸. Les pertes indirectes à plus long terme liées à l'absence de pollinisateurs, notamment en raison du déclin de la diversité naturelle, seraient beaucoup plus lourdes. Pour l'agricul-

ture, ce n'est pas seulement le nombre d'individus qui compte, mais aussi la diversité des espèces d'insectes pollinisateurs (cf. encadré). Une plus grande diversité d'espèces d'insectes assure une pollinisation plus efficace et plus fiable.

Economie nationale

La valeur de la pollinisation par les insectes représente en Europe environ 11 % de la valeur de production des 100 denrées alimentaires les plus commercialisées⁹. En Suisse, la contribution de l'abeille mellifère à la valeur des fruits récoltés en 2002 a été estimée à environ 271 millions de francs^{10,11}. A cela s'ajoute la pollinisation dont bénéficient la culture et la production de semences. La valeur des produits de l'apiculture s'élève chaque année à quelque 64,7 millions de francs¹⁰. Ne sont pas pris en compte la pollinisation des plantes sauvages et les prestations des pollinisateurs sauvages, jusqu'à présent largement sous-estimées selon des études récentes^{8,12-14}.

La diversité, base de la pollinisation

Outre l'abeille mellifère, beaucoup d'autres organismes sont importants pour la pollinisation des plantes sauvages et cultivées. En Europe, il convient de mentionner les insectes, notamment les abeilles sauvages, représentées par plus de 600 espèces en Suisse; mais aussi les syrphes, les coléoptères ou les papillons contribuent à la pollinisation. La part de la pollinisation des plantes cultivées imputable aux abeilles mellifères ou aux pollinisateurs sauvages dépend avant tout de l'espèce végétale, du nombre de colonies d'abeilles mellifères ainsi que de la proportion de surfaces proches de la nature situées à proximité. La recherche révèle que la pollinisation et, partant, la fructification sont les plus élevées quand les cultures sont fréquentées aussi bien par des abeilles mellifères que par des pollinisateurs sauvages^{13, 17-22}. Les divers groupes de pollinisateurs ne sont que partiellement interchangeables, car leurs prestations se complètent. Plus les communautés de pollinisateurs sont diversifiées, plus la stabilité, la quantité et la qualité de la pollinisation et donc normalement la formation de graines et de fruits seront élevées. En effet,

- les diverses espèces réagissent différemment aux modifications de l'écosystème²⁰, se déplacent à des heures^{18, 19, 23} ou des saisons différentes²⁴, sont actives dans des conditions météorologiques différentes²⁵⁻²⁷ ou se présentent à des fréquences variables d'une année à l'autre²⁸;
- les diverses espèces conviennent à des degrés différents à la pollinisation de certaines plantes. D'aucunes ne peuvent être pollinisées que par des insectes dotés d'une longue langue (le trèfle des prés par le bourdon, p. ex.); d'autres sont tributaires d'un mode spécifique de pollinisation que tous les insectes ne maîtrisent pas (récolte de pollen par vibration chez les myrtilles, p. ex.)^{29, 30};
- la présence simultanée de diverses espèces accroît l'activité des pollinisateurs durant la visite des fleurs^{31, 32}.

La sauvegarde et la promotion de la diversité des pollinisateurs sauvages et de bons effectifs d'abeilles mellifères sont indispensables à l'agriculture et aux écosystèmes.



La sauvegarde et la promotion de la diversité des pollinisateurs sauvages et de bons effectifs d'abeilles mellifères sont indispensables à l'agriculture et aux écosystèmes.

Ecosystèmes

Les pollinisateurs sont indispensables au bon fonctionnement des écosystèmes terrestres. Dans les régions tempérées, environ 80 % des plantes à fleurs sont pollinisées par des insectes¹⁵. Ils sont donc essentiels à la survie de nombreuses plantes et assurent leur diversité génétique¹⁶. Celle-ci est nécessaire pour que les plantes puissent s'adapter à des conditions ambiantes changeantes. Les pollinisateurs assurent également l'existence des animaux tributaires de graines et de fruits pour leur alimentation.

Pollinisateurs en danger

Disparitions de colonies d'abeilles mellifères

En Europe et dans d'autres régions tempérées, les colonies d'abeilles mellifères subissent surtout des pertes durant l'hiver. Depuis 2003, les effectifs d'abeilles mellifères ont fortement diminué en Europe centrale tout comme en Suisse³³⁻³⁶. Près de 50 % de colonies perdues ou improductives ont été observées en Suisse entre la fin de l'été 2011 et le printemps 2012³⁷. C'est un record à l'échelle européenne³⁵. Aux Etats-Unis, des pertes annuelles de l'ordre de 30 % sont constatées depuis longtemps³⁸⁻⁴¹. Par ailleurs, le nombre des colonies domestiques s'est réduit au cours des 60 dernières années en Europe centrale⁴² de même qu'en Suisse¹¹ et se situe à un bas niveau par rapport à l'évolution pluriannuelle. Malgré tout, la Suisse présente encore une densité élevée de colonies par rapport à d'autres pays européens¹¹. Avant l'arrivée de l'acarien parasite *Varroa destructor*, des colonies d'abeilles mellifères sauvages étaient présentes en Europe, mais elles sont sans doute aujourd'hui pratiquement inexistantes⁴³⁻⁴⁵.

Recul des pollinisateurs sauvages

Un appauvrissement de la diversité spécifique des abeilles sauvages, principal groupe de pollinisateurs, a été observé en Europe et aux Etats-Unis⁴⁶⁻⁴⁸. Les insectes spécialisés dans certaines plantes et certains milieux sont particulièrement affectés^{49, 50}. En Suisse, selon l'estimation de la Liste rouge de 1994, 45 % des quelque 600 espèces d'abeilles sauvages sont menacées⁵¹. La situation est comparable dans d'autres pays d'Europe centrale²⁹. Il en va de même pour les papillons^{52, 53} et, selon la région, pour les syrphes⁴⁹. Les effectifs de pollinisateurs sauvages semblent toutefois s'être stabilisés à un bas niveau depuis les années 1990 dans plusieurs pays d'Europe occidentale⁵⁴. Les indications sont cependant incertaines, car on ne sait pas grand-chose de l'évolution des populations de pollinisateurs^{38, 55-57}.

Causes du déclin des pollinisateurs

L'accroissement des pertes de colonies d'abeilles mellifères et la diminution des pollinisateurs sauvages sont imputables à la conjugaison de plusieurs causes^{33, 38, 55, 58, 59}. En même temps, un facteur (pesticide, p. ex.) peut accroître la sensibilité des pollinisateurs à un autre facteur (maladies, p. ex.)^{38, 60-63}.

Les pertes de colonies d'abeilles mellifères sont principalement dues aux facteurs suivants:

- Affaiblissement par des parasites (*Varroa destructor*) et des maladies (*Nosema* spp. ou virus, p. ex.)^{33, 58, 64-66}
- Faible diversité génétique et manque de vitalité⁶⁷⁻⁷⁰
- Insuffisance d'une offre continue en fleurs et donc en nourriture du printemps à l'automne^{58, 71, 72}
- Apiculture déficiente⁵⁸, notamment contrôle insuffisant du Varroa

Les principales causes du recul des abeilles sauvages sont les suivantes :

- Déclin de la diversité et de la quantité de fleurs, et donc manque de nourriture⁷³⁻⁷⁵
- Disparition des microstructures et des milieux^{22,29,55,56} indispensables à la reproduction

Les abeilles mellifères et les pollinisateurs sauvages peuvent aussi subir un préjudice grave lié aux pesticides⁷⁶⁻⁸⁵, les abeilles mellifères se montrant moins sensibles aux pesticides que les pollinisateurs sauvages^{86,87}. Comme elles hivernent en colonies, elles bénéficient d'un meilleur effet tampon que les insectes solitaires ou les bourdons, chez qui seules les reines fécondées hivernent. Néanmoins, le rôle des pesticides n'a pas encore été parfaitement élucidé.

L'offre insuffisante en fleurs et donc en nourriture est un facteur de risque commun aux abeilles mellifères et aux pollinisateurs sauvages. Ainsi, en Suisse, la surface des prairies sèches riches en fleurs a régressé de 95 % depuis 1900⁸⁸, et l'application à grande échelle d'herbicides de même que la surfertilisation azotée ont provoqué un recul massif de l'offre florale^{28,29,89-91}. Les surfaces limitrophes offrant des structures d'accueil ont été en grande partie éliminées du paysage^{92,93}.

La qualité de reproduction des abeilles sauvages repose en outre tout particulièrement sur la proximité entre sites de nidification et plantes alimentaires^{29,94-100}. Par conséquent, le nombre et la fréquence des pollinisateurs sur une prairie ou un verger éloigné de possibilités de nidification sont plus faibles que sur des surfaces proches^{101,102}; les fleurs sont donc plus rarement visitées^{14,94,101,103}. En sont surtout affectés les pollinisateurs spécialisés dans les fleurs d'une ou de quelques espèces végétales¹⁰⁴.

Incidences

Agriculture

Un déclin des pollinisateurs et de leurs prestations aurait des répercussions négatives indiscutables sur la production agricole et l'alimentation de l'humanité^{1,4,105,106}. La restriction éventuelle de la production alimentaire en Europe centrale par l'activité de pollinisation actuelle fait toutefois l'objet de controverses^{6,107,108}.

Dans certains pays ou en cas de monocultures à grande échelle, l'insuffisance de l'activité de pollinisation est avérée. Le plus souvent, elle résulte d'une production trop intensive, d'une densité trop faible d'abeilles mellifères ou de la perte de milieux propices aux pollinisateurs^{1,109-111}. En Suisse, la densité et la répartition géographique des colonies d'abeilles mellifères sont jugées suffisantes pour la pollinisation, à l'exception de quelques grandes zones fruitières¹¹. Dans les régions les plus concernées par la disparition de colonies, la densité a toutefois sans doute atteint une valeur critique¹¹². Si la régression des pollinisateurs et du nombre de colonies d'abeilles mellifères persiste, des pertes ne sont pas exclues pour la production agricole.

Ecosystèmes

Parallèlement au recul des pollinisateurs, des diminutions ont été observées dans les populations de plantes tributaires de certains groupes de pollinisateurs^{49,113,114}. Il en résulte un appauvrissement du milieu concerné. Si une espèce pollinisatrice disparaît, une autre espèce pourra lui succéder dans de nombreux cas¹¹⁵. Mais la disparition de pollinisateurs visitant de



Une apiculture durable et une intégration judicieuse des exigences des pollinisateurs dans la pratique agricole favorisent la pollinisation des plantes sauvages et cultivées.

nombreuses espèces végétales (abeilles mellifères ou bourdons, p. ex.) peut entraîner la diminution des populations de certaines espèces végétales^{116,117}. En effet, la réduction du nombre d'individus et la perte de certaines espèces pollinisatrices provoquent une diminution des visites de fleurs et donc de la formation de graines^{46,118}. Une faible pollinisation peut aussi découler de la fragmentation du milieu^{107,119,120}, qui empêche les pollinisateurs de se déplacer entre leurs nids et leurs sources de nourriture.

Dans l'ensemble, les connaissances demeurent lacunaires en ce qui concerne les incidences du recul des pollinisateurs sur les plantes sauvages ou les écosystèmes tout entiers.

Mesures

Des mesures efficaces ont déjà été mises en œuvre en Suisse au profit des pollinisateurs (surfaces de compensation écologique, stratégie pour la promotion de l'apiculture, p. ex.)^{103,112,121}. La sauvegarde à long terme de la diversité des pollinisateurs et de leurs prestations pour la production agricole et les écosystèmes requiert toutefois l'adoption de mesures plus radicales. Il conviendrait en même temps de promouvoir si possible conjointement les pollinisateurs sauvages et les abeilles mellifères, car leur régression a des origines en partie communes²¹. Une grande diversité de milieux, une offre florale variée, généreuse et permanente du printemps à l'automne, une offre abondante de microstructures ainsi qu'un emploi plus mesuré de produits phytosanitaires, herbicides et fertilisants sont indispensables aux pollinisateurs^{29,58,121-124}. De plus, l'élevage des abeilles mellifères doit se faire selon un mode durable¹¹².

Il est relativement facile de mettre en œuvre des mesures probantes¹²⁵⁻¹³¹. De petites surfaces présentant une offre florale variée^{103,127} ou des plantes sauvages à fleurs sur les terres assolées^{131,132} ont un impact positif sur les pollinisateurs, ce qui favorise la pollinisation des cultures¹³³.

Mesures générales

- Réduction de la perte d'habitats⁵⁵ et création de surfaces riches en fleurs et en microstructures⁷²
- Incitations pour des mesures favorables aux pollinisateurs (contributions pour bandes florales, p. ex.)
- Durcissement des procédures d'autorisation des pesticides, y compris en cas d'incidences non mortelles pour les abeilles mellifères et autres pollinisateurs^{38, 58, 134-136}

Transfert de savoir, formation et conseil

- Renforcement de la formation et de l'information concernant la protection et la promotion des pollinisateurs dans toutes les professions et activités concernées (www.bluehendlandschaft.de, p. ex.)¹¹², y compris dans l'enseignement supérieur
- Amélioration de la communication entre science, politique et pratique^{134, 137}
- Information du public basée sur des projets tels que HOBOS (www.hobos.de)

Agriculture

- Exploitation des cultures soucieuse des pollinisateurs (emploi modéré de produits phytosanitaires¹³⁸, réduction de l'apport en pesticides, herbicides et azote, fauche échelonnée et technique de fauchage respectueuse des abeilles, p. ex.^{29, 139, 140})
- Maintien et aménagement de surfaces riches en fleurs et en microstructures si possible à intervalles de moins de 200-300 mètres^{29, 55, 72, 126, 138, 141-144}

- Intégration des abeilles mellifères et pollinisateurs sauvages dans le planning d'exploitation^{21, 143, 144}

Milieu urbain

- Aménagement et entretien des espaces verts, des surfaces situées le long des axes de communication, des zones industrielles et des jardins privés effectués dans le respect des pollinisateurs^{29, 127}
- Création de réseaux de surfaces riches en fleurs et en microstructures et présentant une part élevée de sols non imperméabilisés²⁹

Apiculture

- Apiculture durable, favorable à la santé des abeilles mellifères^{71, 145}

Recherche et monitoring

- Analyse des risques actuels auxquels les pollinisateurs sauvages sont confrontés (Liste rouge)^{134, 137}
- Surveillance des effectifs d'abeilles mellifères et de pollinisateurs sauvages^{134, 137}
- Elaboration de mesures favorisant une apiculture durable^{112, 146}
- Recherche relative à l'écologie et à la santé des pollinisateurs^{55, 57, 58, 137, 138}; notamment en ce qui concerne les influences à court et à long terme de facteurs de menace potentiels et interactifs^{58, 61, 134}
- Etude des causes de la disparition des colonies d'abeilles mellifères⁵⁸

Bilan

- **Importance:** Bon nombre de plantes cultivées sont totalement tributaires de la pollinisation par les insectes; ou bien le rendement et la qualité des fruits et des graines sont accrus par la pollinisation animale.
- **Valeur de la diversité:** Les pollinisateurs se complètent dans leurs prestations: une grande diversité de pollinisateurs favorise la stabilité, la quantité et la qualité de la pollinisation et la productivité des cultures.
- **Déclins:** Dans de nombreuses régions du monde, y compris l'Europe centrale et la Suisse, des diminutions parfois inquiétantes ont été observées dans les populations d'abeilles mellifères et de pollinisateurs sauvages.
- **Causes et conséquences:** Le recul des effectifs de pollinisateurs est imputable à la réduction des milieux, à l'insuffisance de l'offre en fleurs (nourriture) et en microstructures (nids) de même qu'aux maladies, aux parasites et aux produits phyto-

sanitaires. Cependant, il n'en résulte pas encore en Suisse de pertes de production importantes. Des exceptions peuvent être quand même constatées dans des cultures intensives tributaires des pollinisateurs.

- **Mesures requises:** Le maintien de la diversité des pollinisateurs et la conservation d'une activité de pollinisation stable à long terme requièrent l'adoption de mesures spécifiques. En priorité, il convient d'enrayer la disparition des milieux, de créer des surfaces riches en fleurs et en microstructures ainsi que d'assurer la santé des pollinisateurs.

Bibliographie

¹⁻¹⁴⁶ Le factsheet accompagné des références peut être téléchargé sur www.biodiversity.ch/f/publications/position_papers

MENTIONS LEGALES

AUTEURS

Jodok Guntern¹, Maiann Suhner¹,
Peter Neumann², Andreas Müller³

¹ Forum Biodiversité Suisse,
Académie suisse des sciences naturelles

² Institut pour la santé des abeilles,
Université de Berne

³ Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich

RELECTEURS

Jean-Daniel Charrière (Agroscope, Centre de recherche apicole), Jürgen Tautz (Biozentrum Universität Würzburg, BEEgroup), Ingolf Steffan-Dewenter (Biozentrum Universität Würzburg, Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie)

EDITEUR ET CONTACT

Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT)
Forum Biodiversité Suisse, Schwarztörstrasse 9
3007 Berne, Tél. +41 (0)31 312 02 75
biodiversity@scnat.ch, www.biodiversity.ch

TRADUCTION

Henri-Daniel Wibaut

GRAPHISME ET MISE EN PAGE

aplus caruso kaeppli gmbh, Olivia Zwygart

CREDITS PHOTOGRAPHIQUE

photocase.com; ETH Zürich/Albert Krebs; zoonar.de

www.academies-suisse.ch/factsheets

INSTRUCTIONS RELATIVES AUX CITATIONS

Académies suisses des sciences (2014) Abeilles et autres pollinisateurs: Importance pour l'agriculture et la biodiversité. Swiss Academies Factsheets 9 (1).

Le présent factsheet a été élaboré par le Forum Biodiversité de l'Académie suisse des sciences naturelles.

sc | nat 

Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

Bibliographie

- 1 Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 303–313.
- 2 Williams IH (1994) The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews* 6: 229–257.
- 3 Tscharntke T, Dormann CF, Holzschuh A, Klein A-M, Thies C (2010) Bedeutung und Management der Bestäubung in Kulturlandschaften. Fokus Biodiversität. Wie Biodiversität in der Kulturlandschaft erhalten und nachhaltig genutzt werden kann. oekom, München, pp 175–180.
- 4 Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein A-M (2009) How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany* 103: 1579–1588.
- 5 Eilers EJ, Kremen C, Smith Greenleaf S, Garber AK, Klein A-M (2011) Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS one* 6: e21363.
- 6 Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein A-M (2008) Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology* 18: 1572–1575.
- 7 Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF (2012) Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS one* 7: e35954.
- 8 Breeze T, Bailey A (2011) Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 142: 1–14.
- 9 Gallai N, Salles J-M, Settele J, Vaissière BE (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810–821.
- 10 Fluri P, Frick R (2005) L'apiculture en Suisse: état et perspectives. *Revue Suisse d'Agriculture* 12: 104–109.
- 11 Fluri P, Schenk P, Frick R (2004) Bienenhaltung in der Schweiz. *ALP forum* 8: 1–52.
- 12 Losey JE, Vaughan M (2006) The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311–323.
- 13 Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, et al (2013) Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339: 1608–1611.
- 14 Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, et al (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062–1072.
- 15 Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321–326.
- 16 Van der Niet T, Johnson SD (2012) Phylogenetic evidence for pollinator-driven diversification of angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution* 27: 353–361.
- 17 Klein A-M, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T (2003) Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 270: 955–961.
- 18 Albrecht M, Schmid B, Hautier Y, Müller C (2012) Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 4845–4852.
- 19 Höhn P, Tscharntke T, Tylanakis JM, Steffan-Dewenter I (2008) Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275: 2283–2291.
- 20 Winfree R, Kremen C (2009) Are ecosystem services stabilized by differences among species? A test using crop pollination. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 229–237.
- 21 Aebi A, Vaissière BE, VanEngelsdorp D, Delaplane KS, Roubik DW, Neumann P (2012) Back to the future: *Apis* versus non-*Apis* pollination – a response to Ollerton et al. *Trends in Ecology & Evolution* 27: 142–143.
- 22 Holzschuh A, Dudenhöffer J-H, Tscharntke T (2012) Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation* 153: 101–107.
- 23 Rader R, Edwards W, Westcott DA, Cunningham SA (2013) Diurnal effectiveness of pollination by bees and flies in agricultural *Brassica rapa*: Implications for ecosystem resilience. *Basic and Applied Ecology* 14: 20–27.
- 24 Amiet F, Krebs A (2012) Bienen Mitteleuropas. Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Haupt Verlag AG, Bern, pp 424.
- 25 Brittain C, Kremen C, Klein A-M (2013) Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology* 19: 540–547.
- 26 Corbett S, Fussell M, Ake R, Fraser A, Gunson C, Savage A, Smith K (1993) Temperature and the pollinating activity of social bees. *Ecological Entomology* 18: 17–30.
- 27 Vicens N, Bosch J (2000) Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology* 29: 413–420.
- 28 Kremen C, Williams NM, Thorp RW (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 16812–16816.
- 29 Zurbuchen A, Müller A (2012) Wildbienenenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis. Bristol Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, pp 162.

- 30 FAO (2008) Rapid Assessment of Pollinators' Status. A Contribution to the International Initiative for the Conservation and Sustainable Use of Pollinators. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, pp 112.
- 31 Greenleaf SS, Kremen C (2006) Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 13890–13895.
- 32 Brittain C, Williams NM, Kremen C, Klein A-M (2013) Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280: 1471–2954.
- 33 Neumann P, Carreck NL (2010) Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research* 49: 1–6.
- 34 Charrière J-D, Neumann P (2010) Surveys to estimate winter losses in Switzerland. *Journal of Apicultural Research* 49: 132–133.
- 35 Van der Zee R, Pisa L, Andonov S, et al (2012) Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008-9 and 2009-10. *Journal of Apicultural Research* 51: 100–114.
- 36 Sieber R, Charrière J-D (2013) Geringere Winterverluste 2012/2013. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 136: 26–27.
- 37 Sieber R, Charrière J-D (2012) Massive Völkerverluste im vergangenen Winter. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 135: 14–17.
- 38 Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 345–53.
- 39 Spleen AM, Lengerich EJ, Rennich K, Caron D, Rose R, Pettis JS, Henson M, Wilkes JT, Wilson M, Stitzinger J, Lee K, Andree M, Snyder R, VanEngelsdorp D (2013) A national survey of managed honey bee 2011-12 winter colony losses in the United States: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research* 52: 44–53.
- 40 VanEngelsdorp D, Caron D, Hayes J, Underwood R, Henson M, Rennich K, Spleen AM, Andree M, Snyder R, Lee K, Roccasecca K, Wilson M, Wilkes JT, Lengerich EJ, Pettis JS (2012) A national survey of managed honey bee 2010-11 winter colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research* 51: 115–124.
- 41 VanEngelsdorp D, Meixner MD (2010) A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: 80–95.
- 42 Potts SG, Roberts SPM, Dean R, Marris G, Brown M, Jones R, Neumann P, Settele J (2010) Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research* 49: 15–22.
- 43 Jaffé R, Dietemann V, Allsopp MH, Costa C, Crewe RM, Dall'olio R, De la Rúa P, El-Niweiri MAA, Fries I, Kezic N, Meusel MS, Paxton RJ, Shaibi T, Stolle E, Moritz RFA (2010) Estimating the density of honey-bee colonies across their natural range to fill the gap in pollinator decline censuses. *Conservation Biology* 24: 583–593.
- 44 Moritz RFA, Kraus FB, Kryger P, Crewe RM (2007) The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation* 11: 391–397.
- 45 Kraus B, Page RE (1995) Effect of *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae) on feral *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in California. *Environmental Entomology* 24: 1473–1480.
- 46 Burkle LA, Marlin JC, Knight TM (2013) Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science* 339: 1611–1615.
- 47 Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF, Griswold TL (2011) Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108: 662–667.
- 48 Bommarco R, Lundin O, Smith HG, Rundlöf M (2012) Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 309–315.
- 49 Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers a P, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J, Kunin WE (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351–354.
- 50 Bommarco R, Biesmeijer JC, Meyer B, Potts SG, Pöyry J, Roberts SPM, Steffan-Dewenter I, Öckinger E (2010) Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277: 2075–2082.
- 51 Amiet F (1994) Rote Liste der gefährdeten Bienen der Schweiz. Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, pp 38–44.
- 52 Settele J, Kudrna O, Harpke A, Kuehn I, van Swaay C, Verovnik R, Warren MS, Wiemers M, Hanspach J, Hickler T, Kühn E, van Halder I, Veling K, Vliegthart A, Wynhoff I, Schweiger O (2008) Climatic risk atlas of european butterflies. BIORISK – Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment. Pensoft, Sofia-Moscow, pp 710.
- 53 European Environment Agency (2013) The european grassland butterfly indicator: 1990–2011. EEA Technical report. pp 34.
- 54 Carvalheiro LG, Kunin WE, Keil P, et al (2013) Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters* 16: 870–878.
- 55 Brown MJF, Paxton RJ (2009) The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40: 410–416.
- 56 Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, Lebuhn G, Aizen MA (2009) A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90: 2068–2076.
- 57 Steffan-Dewenter I, Schiele S (2008) Do resources or natural enemies drive bee population dynamics in fragmented habitats? *Ecology* 89: 1375–1387.
- 58 Vanbergen AJ, The Insect Pollinators Initiative (2013) Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 251–259.

- 59 Szabo ND, Colla SR, Wagner DL, Gall LF, Kerr JT (2012) Do pathogen spillover, pesticide use, or habitat loss explain recent North American bumblebee declines? *Conservation Letters* 5: 232–239.
- 60 Vidau C, Diogon M, Aufauvre J, Fontbonne R, Viguès B, Brunet J-L, Texier C, Biron DG, Blot N, El Alaoui H, Belzunces LP, Delbac F (2011) Exposure to sublethal doses of fipronil and thiacloprid highly increases mortality of honeybees previously infected by *Nosema ceranae*. *PLoS one* 6: e21550.
- 61 González-Varo JP, Biesmeijer JC, Bommarco R, Potts SG, Schweiger O, Smith HG, Steffan-Dewenter I, Szentgyörgyi H, Woyciechowski M, Vilà M (2013) Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 524–530.
- 62 Fauser-Misslin A, Sadd BM, Neumann P, Sandrock C (2013) Influence of combined pesticide and parasite exposure on bumblebee colony traits in the laboratory. *Journal of Applied Ecology*, in press.
- 63 Pettis JS, VanEngelsdorp D, Johnson J, Dively G (2012) Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Die Naturwissenschaften* 99: 153–158.
- 64 Dainat B, Evans JD, Chen YP, Gauthier L, Neumann P (2012) Predictive markers of honey bee colony collapse. *PLoS one* 7: e32151.
- 65 Dainat B, Evans JD, Chen YP, Gauthier L, Neumann P (2012) Dead or alive: deformed wing virus and *Varroa destructor* reduce the life span of winter honeybees. *Applied and Environmental Microbiology* 78: 981–987.
- 66 Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schröder A, Otten C, Büchler R, Berg S, Ritter W, Mühlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G, Rosenkranz P (2010) The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41: 332–352.
- 67 Rúa P, Jaffé R, Muñoz I (2013) Conserving genetic diversity in the honeybee: Comments on Harpur et al. (2012). *Molecular Ecology* 22: 3208–3210.
- 68 Meixner MD, Costa C, Kryger P, Hatjina F, Bouga M, Ivanova E, Büchler R (2010) Conserving diversity and vitality for honey bee breeding. *Journal Of Apicultural Research* 49: 85–92.
- 69 Mattila HR, Seeley TD (2007) Genetic diversity in honey bee colonies enhances productivity and fitness. *Science* 317: 362–364.
- 70 Evison SEF, Fazio G, Chappell P, Foley K, Jensen AB, Hughes WOH (2013) Host-parasite genotypic interactions in the honey bee: the dynamics of diversity. *Ecology and Evolution* 3: 2214–2222.
- 71 Brodschneider R, Crailsheim K (2010) Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* 41: 278–294.
- 72 Decourtye A, Mader E, Desneux N (2010) Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie* 41: 264–277.
- 73 Roulston TH, Goodell K (2011) The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology* 56: 293–312.
- 74 Larsson M, Franzen M (2007) Critical resource levels of pollen for the declining bee *Andrena hattorfiana* (Hymenoptera, Andrenidae). *Biological Conservation* 134: 405–414.
- 75 Müller A, Diener S, Schnyder S, Stutz K, Sedivy C, Dorn S (2006) Quantitative pollen requirements of solitary bees: Implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation* 130: 604–615.
- 76 Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S, Decourtye A (2012) A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science* 336: 348–350.
- 77 Krupke CH, Hunt GJ, Eitzer BD, Andino G, Given K (2012) Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS one* 7: e29268.
- 78 Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL, Goulson D (2012) Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science* 336: 351–352.
- 79 Blacquièrre T, Smagghe G, van Gestel CAM, Mommaerts V (2012) Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology* 21: 973–992.
- 80 Gill RJ, Ramos-Rodriguez O, Raine NE (2012) Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105–108.
- 81 Brittain C, Potts SG (2011) The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology* 12: 321–331.
- 82 Sandrock C, Tanadini LG, Pettis JS, Biesmeijer JC, Potts SG, Neumann P (2013) Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. *Agricultural and Forest Entomology*. In press.
- 83 Elston C, Thompson HM, Walters KFA (2013) Sub-lethal effects of thiamethoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMF fungicide, on colony initiation in bumblebee (*Bombus terrestris*) micro-colonies. *Apidologie* 44: 563–574.
- 84 Laycock I, Lenthall KM, Barratt AT, Cresswell JE (2012) Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology* 21: 1937–1945.
- 85 Mommaerts V, Reynders S, Boulet J, Besard L, Sterk G, Smagghe G (2010) Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees with and without impairing foraging behavior. *Ecotoxicology* 19: 207–215.
- 86 Cresswell JE, Page CJ, Uygun MB, Holmbergh M, Li Y, Wheeler JG, Laycock I, Pook CJ, de Ibarra NH, Smirnoff N, Tyler CR (2012) Differential sensitivity of honey bees and bumble bees to a dietary insecticide (imidacloprid). *Zoology* 115: 365–371.
- 87 Scott-Dupree CD, Conroy L, Harris CR (2009) Impact of currently used or potentially useful insecticides for canola agroecosystems on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae), *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), and *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology* 102: 177–182.

- 88 Lachat T, Blaser F, Bösch R, Bonnard L, Gimmi U, Grünig A, Roulier C, Gioia S, Stöcklin J, Volkart G (2010) Verlust wertvoller Lebensräume. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, pp 22–63.
- 89 Gabriel D, Tscharnkte T (2007) Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118: 43–48.
- 90 Stoate C, Boatman ND, Borralho RJ, Rio Carvalho C, de Snoo GR, Eden P (2001) Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337–365.
- 91 BAFU (2011) Stickstoffeintrag aus der Luft verändert Vielfalt. BDM-FACTS 3: 1–4.
- 92 Ewald K, Klaus G (2009) Die ausgewechselte Landschaft. Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource. Haupt Verlag, Bern, pp 752.
- 93 Walter T, Klaus G, Altermatt F, et al. (2010) Landwirtschaft. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, pp 64–122.
- 94 Steffan-Dewenter I, Tscharnkte T (1999) Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121: 432–440.
- 95 Zurbuchen A, Landert L, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S (2010) Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* 143: 669–676.
- 96 Marion B, Helmut H, Angelika S (2008) Analysis of pollen loads in a wild bee community (Hymenoptera: Apidae) – a method for elucidating habitat use and foraging distances. *Apidologie* 39: 456–467.
- 97 Ghazoul J (2005) Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 80: 413–443.
- 98 Tscharnkte T, Klein A-M, Krüss A, Steffan-Dewenter I, Thies C (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857–874.
- 99 Zurbuchen A, Cheesman S, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S (2010) Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 79: 674–681.
- 100 Peterson JH, Roitberg BD (2006) Impacts of flight distance on sex ratio and resource allocation to offspring in the leafcutter bee, *Megachile rotundata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59: 589–596.
- 101 Ricketts TH, Regetz J, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Bogdanski A, Gemmill-Herren B, Greenleaf SS, Klein A-M, Mayfield MM, Morandin L, Ochieng' A, Potts SG, Viana BF (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11: 499–515.
- 102 Krewenka KM, Holzschuh A, Tscharnkte T, Dormann CF (2011) Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biological Conservation* 144: 1816–1825.
- 103 Albrecht M, Duelli P, Müller C, Kleijn D, Schmid B (2007) The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *Journal of Applied Ecology* 44: 813–822.
- 104 Aizen MA, Sabatino M, Tylianakis JM (2012) Specialization and rarity predict nonrandom loss of interactions from mutualist networks. *Science* 335: 1486–1489.
- 105 Allen-Wardell G, et al. (1998) The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12: 8–17.
- 106 Kremen C, Ricketts TH (2000) Global perspectives on pollination disruptions. *Conservation Biology* 14: 1226–1228.
- 107 Ghazoul J (2005) Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 367–73.
- 108 Steffan-Dewenter I, Potts SG, Packer L (2005) Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 651–652.
- 109 Richards A (2001) Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany* 88: 165–172.
- 110 Kevan PG, Phillips TP (2001) The economic impacts of pollinator declines: An approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5: 1–15.
- 111 Abrol DP (2012) Pollination biology. Biodiversity conservation and agricultural production. Springer, pp 792.
- 112 BLW (2008) Konzept für die Bienenförderung in der Schweiz. Bericht der vom BLW beauftragten Arbeitsgruppe zur Motion Gadiant «Förderung der Bienen in der Schweiz.» Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, pp 46.
- 113 Kleijn D, Raemakers I (2008) A retrospective analysis of host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology* 89: 1811–1823.
- 114 Carvell C, Roy D, Smart SM, Pywell RF, Preston CD, Goulson D (2006) Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological Conservation* 132: 481–489.
- 115 Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM (2003) The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 9383–9387.
- 116 Memmott J, Waser NM, Price M V (2004) Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 2605–2611.
- 117 Kaiser-Bunbury CN, Muff S, Memmott J, Müller C, Cafilisch A (2010) The robustness of pollination networks to the loss of species and interactions: a quantitative approach incorporating pollinator behaviour. *Ecology Letters* 13: 442–452.
- 118 Brosi BJ, Briggs HM (2013) Single pollinator species losses reduce floral fidelity and plant reproductive function. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 13044–13048.

- 119 Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen MA (2006) Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters* 9: 968–980.
- 120 Goverde M, Schweizer K, Baur B, Erhardt A (2002) Small-scale habitat fragmentation effects on pollinator behaviour: experimental evidence from the bumblebee *Bombus veteranus* on calcareous grasslands. *Biological Conservation* 104: 293–299.
- 121 Knop E, Kleijn D, Herzog F, Schmid B (2006) Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 43: 120–127.
- 122 Billeter RC, Liira J, Bailey D, et al (2007) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45: 141–150.
- 123 Steffan-Dewenter I, Münzenberg U, Bürger C, Thies C, Tscharntke T (2002) Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83: 1421–1432.
- 124 Aviron S, Herzog F, Klaus I, Schüpbach B, Jeanneret P (2011) Effects of wildflower strip quality, quantity, and connectivity on butterfly diversity in a Swiss arable landscape. *Restoration Ecology* 19: 500–508.
- 125 Carvell C, Pywell RF, Meek B, Heard MS, Nowakowski M (2004) Enhancing habitats for bumblebees and other pollinators in intensive agricultural landscapes. RAPS Case study contribution 1–7.
- 126 Carvell C, Meek WR, Pywell RF, Goulson D, Nowakowski M (2006) Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *Journal of Applied Ecology* 44: 29–40.
- 127 Dicks L V, Showler DA, Sutherland WJ (2010) Bee conservation: evidence for the effects of interventions. Centre for evidence based conservation, pp 116.
- 128 Smith BM, Hughes B, Gill JA, Holland JM (2013) Do legume-rich habitats provide improved farmland biodiversity resources and services in arable farmland? *Aspects of Applied Biology* 118: 239–246.
- 129 Scheper J, Holzschuh A, Kuussaari M, Potts SG, Rundlöf M, Smith HG, Kleijn D (2013) Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis. *Ecology Letters* 16: 912–920.
- 130 Batary P, Baldi A, Saropataki M, Kohler F, Verhulst J, Knop E, Herzog F, Kleijn D (2010) Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 136: 35–39.
- 131 Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T (2008) Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117: 354–361.
- 132 Carvalheiro LG, Veldtman R, Shenkute AG, Tesfay GB, Pirk CWW, Donaldson JS, Nicolson SW (2011) Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters* 14: 251–259.
- 133 Blitzer EJ, Dormann CF, Holzschuh A, Klein A-M, Rand T a., Tscharntke T (2012) Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 146: 34–43.
- 134 Vanbergen AJ, et al. (2012) Insect pollinators: linking research and policy. Workshop report. Church House Conference Centre, Dean's Yard, Westminster, London 14 February 2012. pp 35.
- 135 Thompson HM, Hunt L V. (1999) Extrapolating from honeybees to bumblebees in pesticide risk assessment. *Ecotoxicology* 8: 147–166.
- 136 European Food Safety Authority (2013) Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus spp.* and solitary bees). *EFSA Journal* 11: 266.
- 137 Grünewald B (2010) Is pollination at risk? Current threats to and conservation of bees. *GAI* 19: 61–67.
- 138 Murray TE, Kuhlmann M, Potts SG (2009) Conservation ecology of bees: populations, species and communities. *Apidologie* 40: 211–236.
- 139 Fluri P, Frick R, Jaun A (2000) Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmähdwerken. Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung, Mitteilung 39: 1–21.
- 140 Humbert J-Y, Richner N, Sauter J, Walter T, Ghazoul J (2010) Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. *ART-Bericht* 724: 1–12.
- 141 Gathmann A, Tscharntke T (2002) Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757–764.
- 142 Kohler F, Verhulst J, Van Klink R, Kleijn D (2007) At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? *Journal of Applied Ecology* 45: 753–762.
- 143 Schindler M, Peters B (2011) Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau? *Erwerbs-Obstbau* 52: 111–116.
- 144 Smith P, Ashmore M, Black H, et al (2011) Regulating Services. UK National Ecosystem Assessment: Technical Report. pp 535–596.
- 145 De la Rúa P, Jaffé R, Dall'Olio R, Muñoz I, Serrano J (2009) Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie* 40: 263–284.
- 146 Dietemann V, Pflugfelder J, Anderson D, et al (2012) *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. *Journal of Apicultural Research* 51: 125–132.