

Le déclin des abeilles

Analyse des facteurs qui
mettent en péril les pollinisateurs
et l'agriculture en Europe

Laboratoires de recherche de Greenpeace
Rapport Technique
Avril 2013

GREENPEACE

Le déclin des abeilles

Analyse des facteurs qui mettent en péril
les pollinisateurs et l'agriculture en Europe

Laboratoires de recherche de Greenpeace
Rapport Technique – Résumé
Avril 2013

Résumé	3
1. Introduction : l'importance des abeilles et des autres pollinisateurs pour l'agriculture et la préservation des écosystèmes	13
2. La situation des abeilles et autres pollinisateurs en Europe et dans le monde	17
3. Principaux facteurs affectant la santé des populations d'abeilles	23
4. Les insecticides	29
5. Quelles solutions pour protéger les abeilles et les autres pollinisateurs	37
6. Conclusions et recommandations	43
Références	44

Pour en savoir plus, contacter :
Anaïs Fourest, chargée de campagne agriculture,
Greenpeace France
anaïs.fourest@greenpeace.org
Fixe : +33 1 80 96 97 34
Mobile : +33 6 25 82 83 99

Rédaction :

Reyes Tirado, Gergely Simon et Paul Johnston
Laboratoires de recherche de Greenpeace,
Université d'Exeter, Royaume-Uni
Traduit de l'anglais par : Babelscope, Delphine de
la Encina, Anaïs Fourest

Images couverture et 4^e de couverture :

© Greenpeace / Pieter Boer

Image nid d'abeilles arrière-plan :

© Greenpeace / Pieter Boer

JN446

Publié en avril 2013 par :
Greenpeace International
Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
Pays-Bas
Tél : +31 20 7182000
www.greenpeace.fr

Résumé

La prochaine fois que vous verrez une abeille bourdonner autour de vous, rappelez-vous que la plupart des aliments que nous consommons sont obtenus grâce à la pollinisation naturelle des insectes. Cette pollinisation dite « entomophile » constitue un service écosystémique clé que nous fournissons les abeilles et d'autres pollinisateurs.

Les insectes pollinisent environ un tiers des cultures destinées à notre alimentation (Kremen et al, 2007). Sans eux, notre productivité agricole serait bien moindre, et jusqu'à 75 % de nos récoltes subiraient une baisse de rendement. Il ne fait aucun doute que la plupart des cultures qui composent notre alimentation – notamment de nombreux fruits et légumes ainsi que certaines plantes fourragères utilisées pour la production de viande et de produits laitiers – seraient gravement affectées par une diminution du nombre d'insectes pollinisateurs, en particulier la production de pommes, de fraises, de tomates et d'amandes.

D'après l'étude la plus récente menée sur le sujet, la valeur des cultures dépendant de la pollinisation serait d'environ 265 milliards de dollars (Lautenbach et al, 2012). Bien entendu, il ne s'agit pas là de leur « véritable » valeur, car si la pollinisation était gravement menacée ou venait à disparaître, ce service écosystémique ne pourrait être remplacé et la valeur de ces cultures serait inestimable.

Et quelle valeur donner aux couleurs qui, au printemps, illuminent les champs dans les campagnes ? Outre les cultures végétales, la grande majorité des plantes sauvages (près de 90 %) ont besoin de la pollinisation animale pour se reproduire. Ainsi, d'autres services écosystémiques, tout comme les habitats naturels qui les fournissent, dépendent également – directement ou indirectement – des insectes pollinisateurs.

Les abeilles – tant les abeilles domestiques que de nombreuses espèces sauvages – constituent le groupe de pollinisateurs prédominant et le plus important en termes économiques dans de nombreuses régions du monde. Cependant, les abeilles domestiques ont été rudement éprouvées ces dernières années, alors que dans le même temps, le nombre de cultures agricoles dépendant de la pollinisation a progressivement augmenté (Kremen and Miles 2012; Garibaldi et al, 2013). Ainsi, les pollinisateurs – les abeilles mais aussi d'autres insectes – jouent un rôle de plus en plus important à l'échelle mondiale, et font d'ailleurs l'objet d'un nombre croissant d'études. Par ailleurs, les abeilles sauvages sont menacées par des facteurs environnementaux, notamment par la pénurie d'habitats naturels ou semi-naturels, et par une exposition accrue aux produits chimiques d'origine anthropique.

Le nombre d'abeilles et d'autres agents pollinisateurs – sauvages ou domestiques – semble être en diminution dans le monde entier, et plus particulièrement en Europe et en Amérique du Nord. L'absence de programmes régionaux et internationaux fiables visant à surveiller l'état et l'évolution du phénomène fait planer une incertitude considérable sur l'ampleur de cette diminution. Cependant, les pertes identifiées sont alarmantes. Au cours des dernières périodes hivernales, la mortalité des colonies d'abeilles domestiques en Europe se situait autour de 20 % (les taux variant de 1,8 % à 53 % selon les pays) (Williams et al, 2010).



Nous avons dressé trois constats préoccupants concernant la santé des agents pollinisateurs à l'échelle mondiale :



Dans certaines régions d'Amérique du Nord, d'Asie de l'Est et d'Europe, la valeur de la pollinisation peut atteindre 1 500 dollars par hectare – un service dont les agriculteurs et l'ensemble de la société devront se passer si les pollinisateurs venaient à disparaître (Lautenbach et al, 2012). De vastes régions d'Italie et de Grèce ont une valeur économique importante car elles abritent des cultures dépendantes de la pollinisation. De nombreuses régions d'Espagne, de France, du Royaume-Uni, d'Allemagne, des Pays-Bas, de Suisse et d'Autriche représentent également une valeur exceptionnelle en termes de pollinisation.

Récemment, plusieurs signes ont donné l'alerte quant à la tension qu'exerce la baisse des populations de pollinisateurs sur les rendements agricoles. L'augmentation des prix de certains produits alimentaires dépendant de la pollinisation observée entre 1993 et 2009 peut être considérée comme une manifestation de cette tension. Si nous voulons éviter que de nouvelles restrictions pèsent sur la production alimentaire, et que des forêts soient rasées pour laisser place à des terres agricoles, nous devons nous attaquer aux facteurs qui mettent sous pression les services de pollinisation, et en particulier à leurs impacts sur les abeilles domestiques et les pollinisateurs sauvages.

Le déclin des populations d'abeilles et de leur santé n'est pas à mettre sur le compte d'un facteur unique. Il est sans doute le résultat de causes multiples, connues et non identifiées, agissant séparément ou en combinaison.

Toutefois, les principaux facteurs qui affectent la santé des pollinisateurs sont les maladies et les parasites, et plus largement les pratiques agricoles industrielles qui affectent de nombreux aspects de leur cycle de vie. Le dérèglement du climat, facteur sous-jacent, met également les abeilles à rude épreuve. Certains pesticides mettent directement en danger les pollinisateurs. L'élimination, dans les pratiques agricoles, des produits phytosanitaires nocifs pour les abeilles est la première étape incontournable à franchir pour protéger efficacement les populations d'abeilles.

Maladies et parasites

De nombreux apiculteurs s'accordent à dire que le *varroa destructor*, un acarien ectoparasite invasif, représente une grave menace pour l'apiculture dans le monde. D'autres parasites tel que le *nosema ceranae* se sont avérés très préjudiciables pour l'apiculture dans certains pays du sud de l'Europe. De nouveaux virus et agents pathogènes sont également susceptibles d'exercer une pression accrue sur les colonies d'abeilles.

La capacité de résistance des abeilles face à ces maladies et parasites semble être influencée par plusieurs facteurs, et en particulier par leur état nutritionnel et leur exposition aux produits chimiques toxiques. Certains pesticides, par exemple, semblent affaiblir les abeilles domestiques qui deviennent alors plus sensibles aux infections et aux infestations parasitaires.

Agriculture industrielle

Les populations de pollinisateurs, domestiques ou sauvages, ne peuvent échapper aux impacts nombreux et massifs de l'agriculture industrielle : elles souffrent, d'une part, de la destruction des habitats naturels causée par l'agriculture et, d'autre part, des pratiques agricoles intensives, leurs aires de répartition naturelle se chevauchant inévitablement avec les espaces consacrés à l'agriculture industrielle.

La fragmentation des habitats naturels et semi-naturels, le développement des monocultures et l'absence de diversité constituent des facteurs aggravants. Les pratiques destructrices qui restreignent les capacités de nidification des abeilles, ainsi que l'épandage d'herbicides et de pesticides, font de l'agriculture industrielle l'une des principales menaces pour les communautés de pollinisateurs à l'échelle mondiale.

En revanche, les systèmes agricoles qui respectent la biodiversité et n'utilisent pas de produits chimiques, tels que les systèmes d'agriculture écologique, peuvent être bénéfiques pour les populations de pollinisateurs domestiques et sauvages. Par exemple, le recours à des cultures mixtes permet d'améliorer la diversité de l'habitat des abeilles et donc la richesse de la flore. Les méthodes agricoles biologiques ou écologiques peuvent donc jouer un rôle positif sur l'activité de butinage des abeilles.

Dérèglement climatique

Les populations de pollinisateurs ne seront pas épargnées par les conséquences attendues des changements climatiques, notamment par la hausse des températures, la modification des régimes de précipitations et l'augmentation du nombre de phénomènes météorologiques imprévisibles ou extrêmes. Certains de ces bouleversements pourraient commencer par affecter individuellement les pollinisateurs avant de toucher l'ensemble de leur communauté, engendrant à terme une extinction à grande échelle des espèces de pollinisateurs.

Insecticides

Les insecticides représentent la menace la plus directe pour les pollinisateurs. Comme leur nom l'indique, ces produits chimiques sont destinés à tuer les insectes ; ils sont utilisés en grandes quantités dans l'environnement, essentiellement dans les régions agricoles. Bien que leur rôle dans le déclin global des pollinisateurs reste encore mal défini, il est de plus en plus évident que certains insecticides, aux doses régulièrement appliquées dans les systèmes agricoles intensifs, ont des effets dévastateurs sur les pollinisateurs – tant au niveau de chaque spécimen qu'à l'échelle des colonies.

Les insecticides appliqués à des doses faibles et non létales produisent sur les abeilles des effets divers et variés, pouvant être classés en fonction de quatre catégories :

1) Effets physiologiques : ils se produisent à de multiples niveaux et ont notamment été évalués en termes de taux de développement (temps nécessaire pour atteindre l'âge adulte) et de taux de malformation (dans les cellules à l'intérieur de la ruche, par exemple).

2) Perturbations du comportement de butinage : notamment avec des effets manifestes sur le système de navigation et le processus d'apprentissage des abeilles.

3) Interférences avec le comportement alimentaire : effets répulsifs, anti-appétants ou réduisant les capacités olfactives.

4) Impacts des pesticides neurotoxiques sur les processus d'apprentissage (reconnaissance des nids et des fleurs, orientation spatiale, etc.) : ces impacts sont considérables ; ils ont été étudiés et largement identifiés chez les espèces d'abeilles.

Ces effets négatifs observés chez les abeilles indiquent que d'autres pollinisateurs peuvent être victimes des mêmes impacts, et nous montrent qu'il est nécessaire d'appliquer le principe de précaution pour protéger l'ensemble des agents pollinisateurs, sauvages comme domestiques. Par ailleurs, il ne suffit pas de préserver uniquement les cultures attractives pour les abeilles domestiques, car les autres pollinisateurs pourraient toujours être exposés aux impacts des pesticides nocifs pour les abeilles.

Certains insecticides, en particulier ceux de la famille des néonicotinoïdes, sont « systémiques », c'est-à-dire qu'ils ne restent pas à la surface de la plante mais se propagent dans leur système vasculaire. Parfois, les pesticides néonicotinoïdes sont appliqués directement sur la semence avant le semis, sous forme d'enrobage. Lorsque les graines commencent à germer et à pousser, les agents chimiques se propagent dans la tige et les feuilles ; ils finissent éventuellement par se retrouver dans l'eau de guttation (exsudation d'eau le long de la marge foliaire), puis dans le pollen et le nectar. Plus le recours aux néonicotinoïdes est important, plus les pollinisateurs risquent d'être exposés à des produits chimiques sur de longues périodes, les insecticides systémiques pouvant être détectés dans différentes parties d'une plante au cours de son cycle de vie.

Le pollen récolté par les abeilles peut contenir de nombreux résidus à des niveaux de concentration élevés. Le pollen constitue la principale source de protéines des abeilles domestiques et joue un rôle crucial dans leur alimentation et pour la santé des colonies. On peut penser que plus il existe de résidus de pesticides différents dans l'environnement, plus il existe de possibilités d'interactions multiples entre les pesticides susceptibles de nuire à la santé des abeilles. Comme l'affirmait une étude, « il est probable que le fait de s'alimenter d'un pollen contenant en moyenne sept pesticides différents ne soit pas sans conséquences » (Mullin et al, 2010).

Il est possible d'établir une liste des pesticides représentant les dangers potentiels les plus immédiats pour la santé des pollinisateurs. Sur la base des éléments scientifiques disponibles à l'heure actuelle, Greenpeace a identifié certains insecticides chimiques qui devraient en priorité être soumis à des restrictions d'utilisation et éliminés de l'environnement, afin d'éviter que les abeilles et autres pollinisateurs sauvages y soient exposés. Il s'agit des sept pesticides suivants : l'**imidaclopride**, le **thiaméthoxame**, la **clothianidine**, le **fipronil**, le **chlorpyrifos**, la **cyperméthrine** et la **deltaméthrine**.

Ces sept substances chimiques sont largement utilisées en Europe et à des doses élevées qui se sont avérées extrêmement nocives pour les abeilles – essentiellement les abeilles domestiques, mais également d'autres pollinisateurs. Autre source de préoccupation : des impacts ont également été identifiés du fait d'une exposition chronique ou d'une exposition à de faibles doses non létales. Diminution des capacités de butinage (les abeilles n'arrivent pas à retrouver le chemin de la ruche ou à s'orienter correctement), détérioration du processus d'apprentissage (notamment la mémoire olfactive, faculté essentielle chez les abeilles), augmentation de la mortalité et troubles du développement (notamment chez les larves et les reines) comptent parmi les effets observés (voir Tableau 1 pour un récapitulatif des effets potentiels de ces sept produits phytosanitaires).

Les données scientifiques sont claires et montrent que la nocivité potentielle de ces pesticides est largement supérieure à tous les avantages qu'ils pourraient apporter en termes de lutte contre les parasites et d'augmentation des rendements agricoles. Toute impression de gain pourrait en réalité s'avérer totalement illusoire. Les dangers de certains pesticides, et en particulier les trois néonicotinoïdes (imidaclopride, thiaméthoxame et clothianidine), ont été confirmés par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA). Dans le même temps, il est largement reconnu que les pollinisateurs induisent des avantages économiques considérables.

		DL ₅₀ voie orale (en µg/abeille)	DL ₅₀ voie cutanée (en µg/abeille)	Pays européens concernés	Enrobage des semences	Pesticide systémique	Principales cultures concernées en Europe
Catégorie	IMIDACLOPRIDE Néonicotinoïde	0,0037	0,081	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	oui	oui	Riz, céréales, maïs, pomme de terre, légumes, betterave sucrière, fruits, coton, tournesol et zones horticoles. Action systémique en cas de traitement des semences ou des sols.
Fabricant	Bayer						
Noms commerciaux	Gaucho, Confidor, Imprimo, etc.						
Catégorie	THIAMETHOXAME Néonicotinoïde	0,005	0,024	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, GB, HU, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK	oui	oui	Maïs, riz, pomme de terre, tournesol, betterave sucrière, légumes-feuilles, légumes-fruits, coton, agrumes, tabac, soja.
Fabricant	Syngenta						
Noms commerciaux	Cruiser, Actara						
Catégorie	CLOTHIANIDINE Néonicotinoïde	0,00379	0,04426	AT, BE, BG, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, RO, SI, SK, UK	oui	oui	Maïs, colza, betterave sucrière, tournesol, orge, coton, soja.
Fabricant	Bayer, Sumitomo Chemical Takeda						
Noms commerciaux	Poncho, Cheyenne, Dantop, Santana						
Catégorie	FIPRONIL Phénylpyrazole	0,00417		BE, BG, CZ, ES, HU, NL, RO, SK	oui	Action modérée	Enrobage des semences de maïs, coton, haricots secs, soja, sorgho, tournesol, canola (colza), riz et blé. Usages non agricoles pour lutter contre les puces, termites, blattes et pour attirer la mouche des fruits.
Fabricant	BASF						
Noms commerciaux	Régent						
Catégorie	CHLORPYRIPHOS Organophosphate	0,25	0,059	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, EE, EL, ES, FR, HU, IE, IT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SI, SK, UK	oui	non	Maïs, coton, amandes, arbres fruitiers (notamment orangers et pommiers). Usages non agricoles pour lutter contre les puces, fourmis, termites, moustiques, etc.
Fabricant	Bayer, Dow Agroscience, etc.						
Noms commerciaux	Cresus, Exaq, Reldan, etc.						
Catégorie	CYPERMETHRINE Pyréthroïde	0,035	0,02	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PT, RO, SE, SK, UK	oui	non	Fruits et légumes, coton. Usages domestique et industriel en tant que biocide (dans les écoles, hôpitaux, restaurants, usines de produits alimentaires, élevage du bétail).
Fabricant	SBM DVLPT et CPMA (France), etc.						
Noms commerciaux	Demon WP, Raid, Cyper, Cynoff, Armour C, Signal						
Catégorie	DELTAMETHRINE Pyréthroïde	0,079	0,0015	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	oui	non	Arbres fruitiers (pommiers, poiriers, pruniers), brassicas (choux), pois. Cultures sous serre dont concombres, tomates, poivrons et plantes ornementales.
Fabricant	nombreux						
Noms commerciaux	Cresus, Decis, Deltagrain, Ecaïl, Keshet, Pearl expert, etc.						

Pourquoi l'interdiction de ce pesticide est nécessaire à la protection des populations d'abeilles

Pesticide néonicotinoïde couramment appliqué sur les semences, avec des effets toxiques et sublétaux à faible dose :

- Retrouvé à des niveaux de concentration toxiques pour les abeilles dans l'eau de guttation de plantes cultivées à partir de semences traitées (Girolami et al, 2009).
- Peut avoir des effets synergiques négatifs avec le parasite *nosema* (Pettis et al, 2012 ; Alaux et al, 2010).
- A un effet répulsif pour les mouches et coléoptères pollinisateurs vis-à-vis de certaines sources d'alimentation potentielles (Easton et Goulson, 2013).

Effets à des concentrations sublétales :

- Perturbe l'activité métabolique cérébrale et les capacités de mémorisation des abeilles domestiques à moyen terme (Decourtye et al, 2004).

- Comportement de butinage anormal chez les abeilles domestiques (Schneider et al, 2012 ; Yang et al, 2008).

- Effets néfastes même à très faible dose sur le développement des colonies de bourdons ; impacts particuliers observés sur reines (Whitehorn et al, 2012).
- Affecte le développement neuronal et altère le fonctionnement des jeunes ouvrières chez une espèce d'abeilles sauvages (Tomé et al, 2012).
- À de faibles doses s'apparentant aux conditions d'exposition sur le terrain et en combinaison avec le pyréthrinicide (l-cyhalothrine), augmente la mortalité des ouvrières et altère le comportement de butinage des bourdons, compromettant ainsi la santé des colonies (Gill et al, 2012).

Pesticide néonicotinoïde couramment appliqué sur les semences, avec des effets toxiques et sublétaux à faible dose :

- Retrouvé à des niveaux de concentration toxiques pour les abeilles dans l'eau de guttation de plantes cultivées à partir de semences traitées (Girolami et al, 2009).

Effets à des concentrations sublétales :

- Désoriente les abeilles ouvrières après le butinage, affaiblissant la colonie et l'exposant à des risques accrus d'effondrement (Henry et al, 2012).
- Affecte la mémoire olfactive des abeilles à moyen terme (Aliouane et al, 2009).
- Altère les fonctions cérébrales et digestives et réduit la durée de vie des abeilles tueuses (Oliveira et al, 2013).

Pesticide néonicotinoïde couramment appliqué sur les semences, avec des effets toxiques et sublétaux à faible dose :

- Retrouvé à des niveaux de concentration toxiques pour les abeilles dans l'eau de guttation de plantes cultivées à partir de semences traitées (Girolami et al, 2009).

Effets à des concentrations sublétales :

- Diminution des activités de butinage et augmentation du temps nécessaire aux allers-retours chez les abeilles domestiques (Schneider et al, 2012).

Pesticide couramment appliqué sur les semences, avec des effets toxiques et sublétaux à faible dose :

- Effets synergiques négatifs observés avec d'autres pesticides (thiaclopride) et avec le parasite *nosema* chez les abeilles (Vidau et al, 2011).

Effets à des concentrations sublétales :

- Affecte la mobilité, augmente la consommation d'eau et altère la reconnaissance des odeurs chez les abeilles (Aliouane et al, 2009).
- Réduction des performances d'apprentissage chez les abeilles ; l'un des pesticides les plus toxiques pour les capacités d'apprentissage.

L'un des pesticides les plus utilisés dans le monde. Hautement toxique pour les abeilles.

- Des espèces uruguayennes d'abeilles domestiques se sont avérées 10 fois plus sensibles que les abeilles testées en Europe (Carrasco-Letelier et al, 2012), soulignant la variabilité de la réponse chez différentes espèces de pollinisateurs.

- Affecte la physiologie et réduit l'activité motrice des abeilles domestiques à de faibles niveaux de concentration (Williamson et al, 2013).

Pesticide très couramment utilisé dans le monde.

Effets à des concentrations sublétales :

- Un faible niveau d'exposition à long terme a des effets négatifs sur la santé des colonies d'abeilles domestiques, notamment les larves (Bendahou et al, 1999).

Pesticide largement utilisé dans le monde.

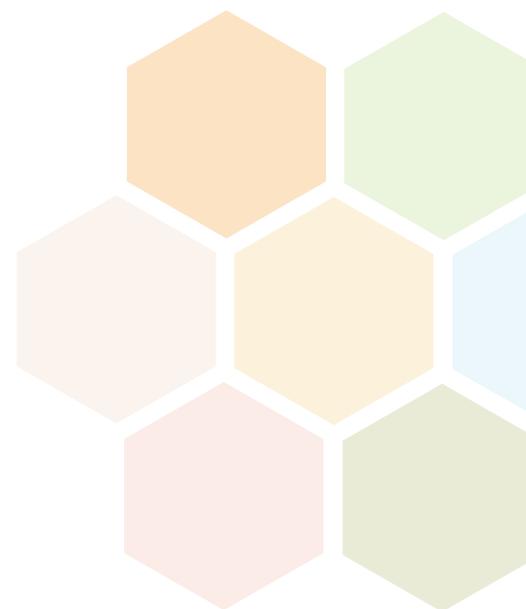
Effets à des concentrations sublétales :

- À des niveaux de concentrations résiduels/ dans des conditions d'application sur le terrain, réduit l'activité de butinage et affecte les capacités d'apprentissage des abeilles domestiques (Ramirez-Romero et al, 2005).

- Affecte la fécondité, la croissance et le développement des abeilles domestiques au niveau de chaque individu (Dai et al, 2010).

Tableau 1. Sept pesticides dangereux pour les abeilles devant être totalement éliminés de l'environnement.

Remarque : DL₅₀ (Dose Létale de 50 %) correspond à la dose de produit entraînant la mort de la moitié des spécimens d'une population testée au cours d'une période définie.



Références concernant les valeurs DL₅₀ :

DL imidaclopride : <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3068.pdf>

DL thiométhoxame : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=399

DL Clothianidine : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=368

DL Fipronil : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/316.htm> (toxicité aigüe, 48 heures, DL₅₀)

DL Chlorpyrifos : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=138

DL Cyperméthrine : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=143

DL Deltaméthrine : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=60

(toxicité aigüe, 48 heures, DL₅₀)

Quelles sont les solutions ?

Tout progrès que nous réaliserons pour transformer notre modèle agricole actuel, basé sur l'utilisation intensive de produits chimiques, pour l'orienter vers un système agricole écologique sera salutaire, non seulement pour les pollinisateurs mais aussi pour d'autres composantes de l'environnement et notre sécurité alimentaire.

Dans le court à moyen terme, certains problèmes spécifiques doivent être traités en priorité pour améliorer la santé des pollinisateurs à l'échelle mondiale. Les bénéfices de ces mesures pourraient se faire sentir presque simultanément. En se fondant sur les différentes études scientifiques disponibles à l'heure actuelle, Greenpeace estime que l'élimination de l'exposition des abeilles aux pesticides pouvant nuire à leur santé constitue une étape cruciale vers la protection des abeilles sauvages et domestiques, tout comme de la valeur économique et écologique de la pollinisation naturelle.

Deux types de programmes scientifiques peuvent être menés à court et moyen terme pour inverser le processus d'effondrement des populations de pollinisateurs ; ces programmes consistent à :

- 1. éviter de nuire aux pollinisateurs (par exemple en éliminant l'exposition aux substances potentiellement dangereuses) ;**
- 2. préserver la santé des pollinisateurs (par exemple en modifiant d'autres pratiques au sein d'écosystèmes agricoles existants).**

De nombreuses pratiques visant à augmenter la diversité des plantes, à différents niveaux, peuvent améliorer les ressources florales disponibles pour les pollinisateurs, dans l'espace et dans le temps.

L'essor récent de l'agriculture biologique, ainsi que l'application croissante de techniques qui réduisent ou éliminent l'utilisation de pesticides chimiques, telle que la lutte intégrée contre les ravageurs (IPM), montrent qu'une agriculture sans pesticides est possible, économiquement rentable et sûre pour l'environnement.

L'agriculture écologique

Il a été démontré à maintes reprises que l'agriculture écologique ou biologique, respectueuse de la biodiversité et exempte de pesticides ou d'engrais chimiques, favorise l'abondance et la diversité des pollinisateurs – ce qui a une incidence favorable sur la pollinisation des cultures, et éventuellement sur les rendements. Les méthodes de production écologiques ou biologiques présentent également de nombreux autres avantages. Elles peuvent notamment contribuer à lutter contre les adventices, les maladies et les insectes ravageurs, et améliorer la résilience générale des écosystèmes.

Cependant, les projets de recherche visant à améliorer les pratiques et la gestion de ces modèles agricoles ont reçu beaucoup moins de subventions publiques que les techniques intensives en produits chimiques de l'agriculture conventionnelle. Ce manque de soutien est d'autant plus déplorable que les modèles agricoles écologiques et biologiques peuvent garantir une production alimentaire – et des bénéfices – à peu près équivalents à ceux de l'agriculture conventionnelle, tout en générant beaucoup moins d'impacts environnementaux et sociaux. Il est donc nécessaire d'investir davantage de fonds publics et privés dans la recherche et le développement des pratiques agricoles écologiques. Ces méthodes alternatives sont le meilleur moyen de tirer le plus grand parti des services écologiques et d'optimiser la production alimentaire et la protection de l'environnement, tout en contribuant à promouvoir un développement économique et social durable.

La politique agricole européenne

La politique agricole européenne, et en particulier la Politique agricole commune (PAC), devrait tenir compte des éléments scientifiques qui évaluent les menaces pesant sur les populations d'abeilles domestiques et de pollinisateurs sauvages, mais aussi les avantages que représentent ces insectes. Il est nécessaire de prendre des mesures urgentes pour protéger le service écosystémique essentiel de pollinisation. Des méthodes permettant de protéger les pollinisateurs, comme nous les avons décrites plus haut, doivent être intégrées aux politiques agricoles en vue d'encourager une agriculture respectueuse des abeilles.

De plus, une réglementation stricte de l'utilisation des substances potentiellement dangereuses pour les abeilles doit être adoptée au niveau de l'Union européenne, conformément au principe de précaution et en se fondant sur les preuves scientifiques actuelles concernant la vulnérabilité des abeilles domestiques et les agressions qu'elles subissent. Ces mesures de précaution doivent être étendues aux autres pollinisateurs sauvages afin de préserver le rôle essentiel qu'ils jouent dans le maintien des services de pollinisation, aujourd'hui et demain.

Les demandes de Greenpeace

Les abeilles domestiques et les pollinisateurs sauvages jouent un rôle clé dans l'agriculture et la production alimentaire. Pourtant, notre modèle agricole actuel, basé sur une utilisation intensive de produits chimiques, met ces insectes en péril, compromettant ainsi l'approvisionnement alimentaire européen.

Des données scientifiques indiscutables, rassemblées dans ce rapport, montrent que les néonicotinoïdes et d'autres pesticides contribuent considérablement à l'effondrement des colonies d'abeilles. Par conséquent, les dirigeants politiques européens doivent :

1. Interdire l'utilisation des pesticides nocifs pour les abeilles, en commençant par les substances les plus dangereuses actuellement autorisées en Europe, c'est-à-dire les sept pesticides identifiés par Greenpeace : l'imidaclopride, le thiaméthoxame, la clothianidine, le fipronil, le chlorpyrifos, la cyperméthrine et la deltaméthrine (voir Tableau 1).

2. Soutenir et promouvoir les pratiques agricoles qui favorisent les services de pollinisation au sein des systèmes agricoles, en mettant en place des programmes d'action à l'échelle nationale (par exemple : établissement de surfaces d'intérêt écologiques dans les exploitations, adoption de systèmes de rotation des cultures et de méthodes agricoles biologiques).

3. Améliorer la conservation des habitats naturels et semi-naturels au sein et autour des paysages agricoles, et renforcer la biodiversité sur les exploitations.

4. Augmenter les crédits en faveur de la recherche, du développement et de l'application de pratiques agricoles écologiques pour que nous abandonnions les méthodes chimiques de contrôle des parasites au profit de pratiques basées sur la biodiversité, qui renforcent la santé des écosystèmes. Les responsables politiques européens doivent veiller à ce que davantage de subventions soient accordées à la recherche sur des alternatives agricoles écologiques dans le cadre de la PAC (sous la forme des « paiements directs ») et du programme de recherche européen Horizon 2020.



Introduction : l'importance des abeilles et des autres pollinisateurs pour l'agriculture et la préservation des écosystèmes

« *Les abeilles sont en passe d'atteindre leur point de rupture car elles sont contraintes de vivre dans un monde de plus en plus inhospitalier.* »

– Spivak et al, 2010

Le bien-être humain dépend d'une multitude de services écosystémiques (fournis par la nature) sans qui la vie sur terre serait difficilement envisageable. Ces services, tels que la purification de l'eau, la lutte contre les ravageurs ou encore la pollinisation, pour n'en nommer que quelques-uns, œuvrent dans notre intérêt en toute discrétion. Ils sont souvent considérés comme allant de soi et, dans notre société où la technologie est reine, nous avons parfois tendance à les oublier.

La prochaine fois que vous verrez une abeille bourdonner autour de vous, rappelez-vous que la plupart des aliments que nous consommons sont obtenus grâce à la pollinisation naturelle des insectes. Cette pollinisation dite « entomophile » constitue un service écosystémique clé que nous fournissons les abeilles et d'autres pollinisateurs. Sans cette fonction essentielle qui consiste à transporter le pollen d'une fleur à l'autre, environ un tiers des cultures vivrières devraient être pollinisées par d'autres moyens sous peine de voir leur rendement décroître de manière significative (Kremen et al, 2007). En outre, de nombreuses plantes sauvages (entre 60 et 90 %) ont besoin de la pollinisation animale pour se reproduire. Ainsi, d'autres services écosystémiques, tout comme les habitats naturels qui les fournissent, dépendent également – directement ou indirectement – des insectes pollinisateurs.

Les céréales telles que le blé, le riz et le maïs, qui représentent une part importante de notre alimentation, sont pollinisées par le vent et sont donc moins concernées par le déclin des pollinisateurs. Toutefois, les cultures les plus nutritives et intéressantes sur le plan diététique, notamment les fruits, les légumes et certaines plantes fourragères nécessaires à la production de viande et de lait, seraient à l'évidence gravement touchées par une importante diminution du nombre de ces insectes (Spivak et al, 2011).

Les principaux pollinisateurs sauvages sont les abeilles, de nombreux papillons, les phalènes, les mouches, les coléoptères, les guêpes, ainsi que certains oiseaux et mammifères. Les espèces d'abeilles élevées pour la production de miel (principalement l'abeille domestique *Apis mellifera*) jouent également un rôle important dans ce processus. En effet, les abeilles constituent le groupe de pollinisateurs prédominant et le plus important en termes économiques dans la plupart des régions du monde. Cependant, les abeilles domestiques ont été rudement éprouvées ces dernières années, que ce soit par des maladies, les pesticides ou encore d'autres facteurs environnementaux. Par conséquent, la contribution des pollinisateurs sauvages (c'est-à-dire de nombreuses autres espèces d'abeilles ainsi que d'autres insectes) à la pollinisation des cultures semble revêtir aujourd'hui une importance croissante (Kremen et Miles 2012 ; Garibaldi et al, 2013).

Dans ce rapport, nous nous intéressons principalement aux abeilles. La plupart des informations scientifiques sur la pollinisation concernent les abeilles domestiques ainsi que les bourdons dans une moindre mesure. Si nous parlons souvent des abeilles comme des principaux pollinisateurs, nous reconnaissons néanmoins le rôle essentiel joué par les autres insectes et animaux. Dans de nombreux cas d'ailleurs, les maux touchant les populations d'abeilles affectent également les autres pollinisateurs (tels que les papillons, les mouches, etc.). Cependant, la présence de multiples facteurs, complexes et bien spécifiques, rendent toute généralisation risquée. Davantage d'études scientifiques doivent être menées pour que la situation et l'état de santé des communautés d'insectes pollinisateurs puissent être pleinement évalués.

Seules quelques espèces de plantes se reproduisent sans l'aide de la pollinisation et sont peu susceptibles d'être concernées par les problèmes de santé affectant les populations d'abeilles. En effet, la grande majorité des espèces végétales ayant besoin de la pollinisation animale pour produire graines et fruits, elles pourraient être gravement touchées par les changements que connaissent aujourd'hui les populations de pollinisateurs. Et même lorsque la pollinisation n'est pas une condition *sine qua non* à la reproduction de certaines plantes, nombre d'entre elles ont tendance à produire davantage de graines et des fruits plus gros quand les abeilles se chargent de transporter le pollen d'une fleur à l'autre.

« Certaines plantes commerciales, telles que les amandes ou les myrtilles, ne produisent pas de fruits sans l'aide des pollinisateurs. Chez nombre d'entre elles, des fleurs correctement pollinisées contiennent plus de graines ayant une meilleure faculté germinative et produisent alors des fruits plus gros et mieux formés. La pollinisation permet également de réduire le délai entre la floraison et la nouaison, réduisant ainsi le risque d'exposition des fruits aux ravageurs, aux maladies, aux intempéries et aux produits phytosanitaires, ainsi que la consommation d'eau. »

– PNUE, 2010

D'après de récentes estimations, 87,5 % des plantes à fleurs, qu'elles soient cultivées ou sauvages, sont pollinisées par les animaux (Ollerton et al, 2011). Ce chiffre souligne le rôle crucial joué par les abeilles, l'un des principaux pollinisateurs, pour le maintien de la

production alimentaire et des écosystèmes de plantes sauvages. En effet, la pollinisation animale permet d'augmenter la production de fruits et de graines dans 75 % des principales cultures alimentaires mondiales (Klein et al, 2007). En outre, d'après l'étude la plus récente menée sur le sujet, la valeur des cultures dépendant de la pollinisation serait d'environ 265 milliards de dollars (Lautenbach et al, 2012). À l'évidence, comme tout autre service écosystémique, si la pollinisation venait à disparaître, sa valeur serait alors inestimable.

« L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estime que sur la centaine d'espèces de plantes qui fournissent 90 % de l'alimentation mondiale, 71 dépendent de la pollinisation des abeilles. Rien qu'en Europe, 84 % des 264 espèces de cultures dépendent de la pollinisation animale et 4 000 variétés de légumes ne pourraient exister sans les abeilles. »

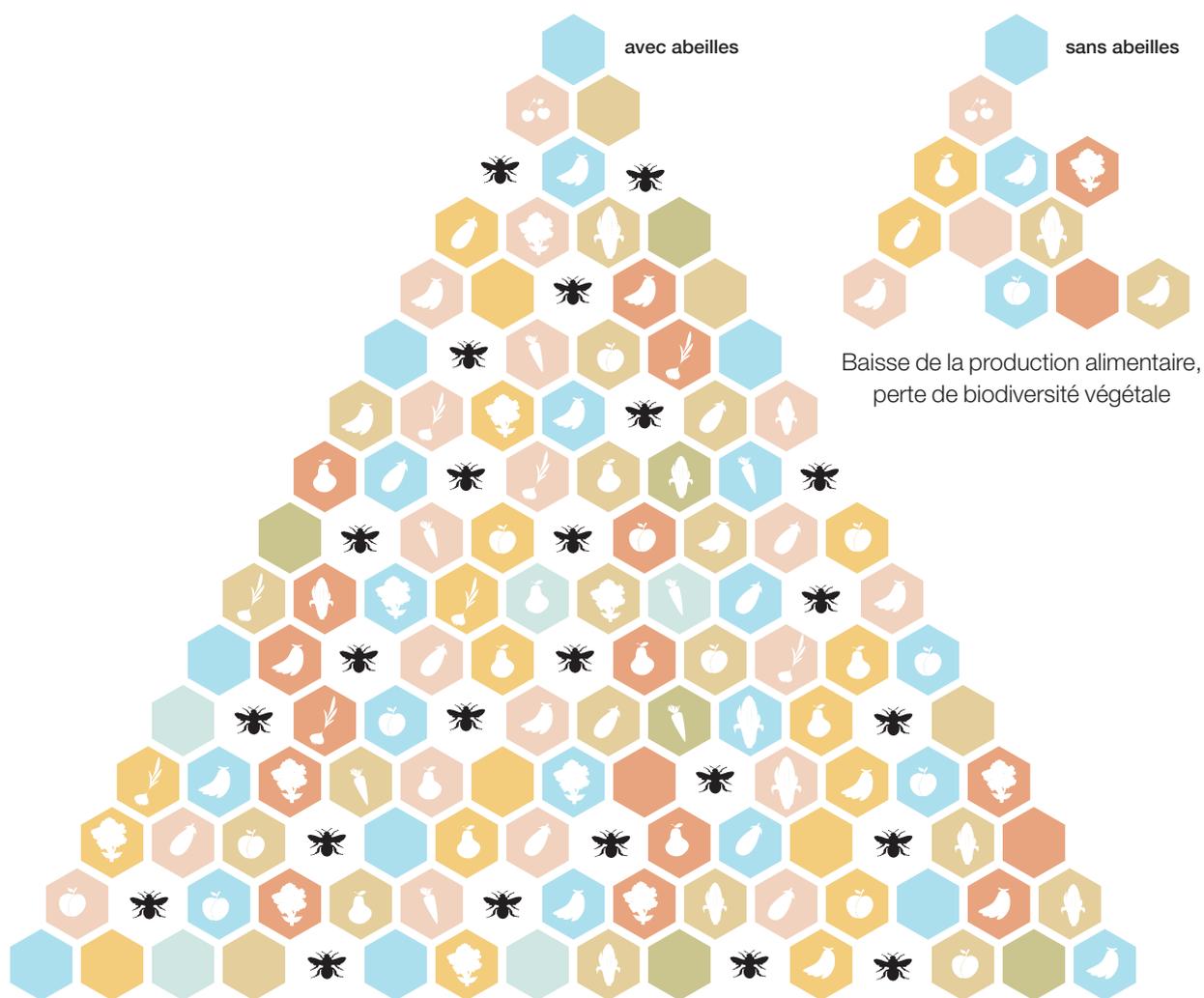
– PNUE, 2010

« La valeur d'une tonne de cultures dépendant de la pollinisation est environ cinq fois plus élevée que celle des variétés ne dépendant pas des insectes. »

– PNUE, 2010

Dans certaines régions d'Europe, les populations d'abeilles sauvages ne sont pas viables, incapables de lutter contre la pression exercée par les pratiques agricoles (monocultures, herbicides et pesticides), ainsi que par un certain nombre de maladies et parasites, sans l'intervention de l'homme. En Espagne, par exemple, seules les abeilles domestiques issues de colonies hautement surveillées, nourries et soignées par l'homme survivent (Mariano Higes, communication personnelle).

Si la production agricole occupe déjà une grande partie des terres arables dans le monde, la part des terres consacrées aux cultures dépendant de la pollinisation des abeilles a légèrement augmenté au cours des dernières décennies, tant dans les pays développés que dans ceux en développement (respectivement 16,7 % et 9,4 % de hausse entre 1961 et 2006) (Aizen et Harder, 2009 ; Aizen et al, 2009). Or, ces cultures fortement dépendantes de la pollinisation se développent à un rythme plus élevé que les services de pollinisation. Conséquence indésirable de ce développement, nous pourrions alors faire face à un déclin de la production agricole mondiale, lequel pourrait, à son tour, conduire à une reconversion des terres au profit de l'agriculture.



Augmentation de la production alimentaire, plus grande biodiversité végétale



La situation des abeilles et autres pollinisateurs en Europe et dans le monde

« Si le déclin des pollinisateurs sauvages continue, une partie substantielle de la flore mondiale risque de disparaître. »

– Ollerton et al, 2011

Le nombre d'abeilles et d'autres agents pollinisateurs – sauvages ou domestiques – semble être en diminution dans le monde entier, et plus particulièrement en Europe et en Amérique du Nord (Potts et al, 2010). L'absence de programmes régionaux et internationaux fiables visant à surveiller l'état et l'évolution du phénomène fait planer une incertitude considérable sur l'ampleur de cette diminution (Lebuhn et al, 2013). Cependant, l'échelle et l'ampleur des pertes identifiées sont alarmantes.

Aux États-Unis, la perte de 30 à 40 % des colonies d'abeilles domestiques constatée depuis 2006 serait due à ce que l'on appelle le « syndrome d'effondrement des colonies » (ou *colony collapse disorder*), un phénomène qui se traduit par la disparition des ouvrières (voir les sources citées dans Lebuhn et al, 2013). Depuis 2004, les pertes de colonies d'abeilles domestiques ont été si importantes que le nombre de pollinisateurs domestiques en Amérique du Nord est aujourd'hui au plus bas depuis 50 ans (PNUE, 2010).

La Chine possède six millions de colonies d'abeilles. Les 200 000 apiculteurs chinois élèvent des abeilles européennes (*Apis mellifera*) et asiatiques (*Apis cerana*). Au cours des dernières années, les apiculteurs chinois ont fait face à des pertes inexplicables de leurs colonies et ce pour les deux espèces. Quant aux symptômes associés à ces pertes, ils demeurent extrêmement complexes. Les apiculteurs égyptiens installés le long du Nil ont également rapporté la présence de symptômes correspondant au syndrome d'effondrement des colonies (PNUE, 2010).

En Europe centrale, les pertes de colonies d'abeilles domestiques estimées depuis 1985 atteignent 25 %, et 54 % pour le seul Royaume-Uni (Potts et al, 2010).

« Depuis 1998, les apiculteurs européens font état d'un affaiblissement et d'une mortalité inhabituels au sein de leurs colonies, notamment en France, en Belgique, en Suisse, en Allemagne, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, en Italie et en Espagne. La mortalité est extrêmement élevée lorsque l'activité reprend, au début du printemps. »

– PNUE, 2010

Au cours des derniers hivers, la mortalité des colonies d'abeilles en Europe a avoisiné 20 % (avec des variations importantes de 1,8 % à 53 % selon les pays)¹. Pour l'hiver 2008-2009, ces pertes ont été estimées entre 7 % et 22 %, et entre 7 % et 30 % pour l'hiver 2009-2010. Dans les pays ayant participé aux enquêtes menées ces deux hivers là, la mortalité hivernale des abeilles aurait donc connu une nette augmentation en seulement un an².

Outre les colonies d'abeilles domestiques, un déclin des pollinisateurs sauvages indigènes a également été rapporté à certains endroits précis du globe (Cameron et al, 2011 ; Potts et al, 2010), notamment au Royaume-Uni et aux Pays-Bas (Biesmeijer et al, 2006).

À l'inverse, la production mondiale de miel semble être en augmentation ces dernières décennies, ce qui amène à supposer que le déclin des abeilles domestiques est très localisé, touchant essentiellement l'Amérique du Nord et l'Europe et que ce recul serait compensé par une hausse des populations d'abeilles dans les grands pays producteurs de miel (à savoir la Chine, l'Espagne et l'Argentine) (Aizen et Harder 2009).

1 - Procès-verbal de la 4e conférence COLOSS, Zagreb, Croatie, 3-4 mars 2009, disponible sur : <http://www.coloss.org/publications> et cité dans Williams et al, 2010.

2- <http://www.ibra.org.uk/articles/Honey-bee-colony-losses-in-Canada-China-Europe-Israel-and-Turkey-in-2008-10>

Néanmoins, la plupart des scientifiques spécialistes de la question s'accordent à dire qu'il existe trois faits préoccupants concernant la santé des pollinisateurs à l'échelle mondiale :

1. À l'heure actuelle, il n'existe aucune donnée précise permettant de tirer des conclusions formelles sur la situation des pollinisateurs au niveau mondial en termes de quantité et de diversité (Lebuhn et al 2013 ; Aizen et Harder 2009). La variabilité des données obtenues lors des tentatives de recensement des espèces animales est parfois si élevée qu'il est possible que les « populations soient déjà réduites de moitié lorsque l'on obtiendra enfin la preuve de leur déclin » (Lebuhn et al, 2013).

2. La demande en pollinisateurs (tant au niveau local que régional) augmente plus vite que la disponibilité. Nous pourrions donc faire face à une pollinisation insuffisante dans un futur proche voire très proche. En effet, les cultures fortement dépendantes de la pollinisation se développent à un rythme plus élevé que les réserves mondiales d'abeilles domestiques (Garibaldi et al, 2011 ; Lautenbach et al, 2012). Si les abeilles sauvages fournissent également d'importants services de pollinisation, notamment aux endroits où les services rendus par leurs consœurs domestiques connaissent une diminution (au Royaume-Uni, par exemple), l'intensification croissante de l'agriculture exerce sur elles une pression toujours plus forte en détruisant leur habitat ou en réduisant la diversité de ce dernier (Kremen et al, 2007 ; Lautenbach et al, 2012). Par ailleurs, il est important de souligner qu'aucune augmentation potentielle du nombre de ruches domestiques ne saurait satisfaire la demande accrue de pollinisation agricole ou encore atténuer la diminution du nombre de pollinisateurs indigènes (Aizen et Harder, 2009).

3. Si leur nombre a globalement augmenté au niveau mondial, les populations d'abeilles domestiques sont inégalement réparties entre les régions agricoles : elles sont en augmentation dans certains pays producteurs de miel (notamment l'Espagne, la Chine et l'Argentine), mais en baisse dans d'autres pays, notamment dans les régions de forte production agricole aux États-Unis, au Royaume-Uni et dans de nombreux autres pays d'Europe de l'Ouest (Aizen et Harder 2009 ; Garibaldi et al, 2011 ; Lautenbach et al, 2012).

L'absence de programmes régionaux, nationaux ou internationaux de surveillance ne permet pas d'attester d'un réel déclin des insectes pollinisateurs dans leur ensemble. Il est donc difficile à l'heure actuelle d'évaluer la situation des populations d'abeilles en termes de quantité ou d'estimer l'ampleur du phénomène (Lebuhn et al, 2013). La mise en place de tels programmes est donc plus qu'urgente car elle permettrait de suivre la situation et l'évolution mondiales des populations de pollinisateurs tout en établissant un système d'alerte précoce. Le coût d'un tel système (estimé à deux millions de dollars) représente un investissement moindre comparé au coût économique qu'impliquerait un grave déclin des pollinisateurs. Ces programmes « permettraient d'atténuer la perte des pollinisateurs et d'éviter la crise financière et nutritionnelle qui résulterait d'un effondrement rapide et inattendu de ces communautés d'insectes » (Lebuhn et al, 2013).

En conclusion, l'agriculture, et donc la production alimentaire, semblent devenir au fil du temps de plus en plus dépendantes de la pollinisation. Parallèlement, certains éléments indiquent clairement que les agents pollinisateurs, tant sauvages que domestiques, subissent actuellement d'importantes pertes. Récemment, plusieurs signes ont donné l'alerte quant à la tension qu'exerce la baisse des populations de pollinisateurs sur les rendements agricoles. L'augmentation des prix de certains produits alimentaires dépendant de la pollinisation observée entre 1993 et 2009 peut être considérée comme une manifestation de cette tension (Lautenbach et al, 2012). Si nous voulons éviter que de nouvelles restrictions pèsent sur la production alimentaire, et que des forêts soient rasées pour laisser place à des terres agricoles, nous devons nous attaquer aux facteurs qui mettent sous pression les services de pollinisation, et en particulier à leurs impacts sur les abeilles domestiques et les pollinisateurs sauvages.

En outre, la demande en produits agricoles et le besoin correspondant en pollinisation ne peuvent, à l'évidence, croître à l'infini. Un système agricole équitable et soutenable doit fixer les limites de sa production globale – et ainsi réduire la pression qu'elle exerce sur la planète – d'une part en soutenant une alimentation mondiale équitable issue de cultures produites essentiellement pour la consommation humaine et non pour l'alimentation animale, et d'autre part en incitant à réduire la consommation de protéines d'origine animale. Un tel système permettrait par ailleurs de préserver les habitats naturels et semi-naturels, et potentiellement de réduire certains facteurs qui mettent en péril les pollinisateurs sauvages.

La valeur économique de la pollinisation

Les premières estimations mondiales chiffreraient la valeur économique de la pollinisation en tant que service écosystémique à 117 milliards de dollars (88 milliards d'euros) (Costanza et al, 1997). Plus récemment, Gallai et al (2009) ont revu cette estimation au moyen d'une méthodologie plus éprouvée, avançant un total de 153 milliards de dollars (115 milliards d'euros) (Gallai et al, 2009). Enfin, la dernière étude en date, qui prend en compte l'augmentation de la part des cultures dépendantes de la pollinisation dans l'approvisionnement alimentaire mondial, évalue la pollinisation à 265 milliards d'euros (Lautenbach et al, 2012). Cette tendance à la hausse souligne la dépendance accrue de notre système alimentaire mondial envers les pollinisateurs, ainsi que l'existence d'incertitudes considérables liées à ce type d'évaluation économique de la nature et des systèmes naturels.

En effet, à l'instar de nombreux exercices d'évaluation contingente, la valeur économique de la pollinisation est également fonction des points de vue. À l'échelle individuelle d'un agriculteur, elle peut simplement représenter le prix à payer pour avoir des abeilles domestiques sur son exploitation en l'absence d'autres pollinisateurs. Pour d'autres, elle peut correspondre à la valeur des rendements obtenus avant que leurs exploitations ne connaissent un déficit de pollinisation naturelle. Dans le nord du Canada, par exemple, les cultures de colza canola situées près de zones non cultivées bénéficiaient des services de nombreuses et diverses abeilles sauvages, et donc d'une meilleure pollinisation et de meilleurs rendements (Morandin et Winston, 2006). Dès lors, l'analyse coût/bénéfice devient complexe. Ces auteurs suggèrent par extrapolation que les exploitants pourraient optimiser leurs profits en laissant 30 % de leurs terres en jachère, ce qui leur permettrait d'obtenir des rendements plus importants sur les 70 % restants et d'économiser sur les coûts de production des 30 % mis en jachère (Morandin et Winston, 2006).

Kremen et al 2007 présentent deux exemples de pertes de rendements dues à un déficit de pollinisation ainsi que les réponses qui ont été apportées par les autorités :

- « À la suite d'applications massives de fénitrothion (un insecticide utilisé contre le Bombyx disparate des forêts alentours) au Canada, on a assisté non seulement au déclin des populations de pollinisateurs

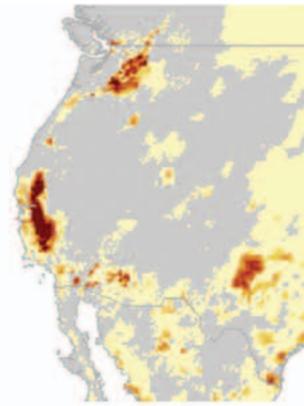
mais également à celui de la production de myrtilles (Kevan et Plowright, 1989). Les pertes économiques des cultivateurs de myrtilles ont donc incité les pouvoirs publics à interdire presque totalement l'utilisation du fénitrothion pour lutter contre ces papillons de nuit, à la suite de quoi les pollinisateurs sont revenus et la production a de nouveau augmenté » (Tang et al, 2006).

- « En 2004, les pénuries de colonies d'abeilles domestiques pour la pollinisation des amandiers ont conduit le ministère américain de l'Agriculture à modifier les politiques d'importation de ces insectes afin d'autoriser l'envoi de colonies de l'Australie vers les États-Unis » (National Research Council of the National Academies, 2006).

S'il est difficile d'évaluer avec précision la pollinisation animale, c'est parce qu'elle apporte bien d'autres avantages que la simple pollinisation des cultures et des plantes sauvages. En favorisant la production de fruits chez les plantes sauvages, la pollinisation contribue également à accroître la quantité de nourriture disponible pour de nombreux insectes, oiseaux, mammifères et poissons, et participe ainsi directement à la conservation de la biodiversité. En aidant en outre à maintenir la productivité des plantes et le couvert végétal, elle soutient une multitude de services écosystémiques tels que la protection contre les inondations, la prévention de l'érosion, le contrôle des systèmes climatiques, la purification de l'eau, la fixation de l'azote et la séquestration du carbone (Kremen et al, 2007). De ce fait, la pollinisation constitue un service écosystémique clé. Enfin, en stimulant la production végétale d'une manière générale, les abeilles sont également essentielles aux nombreux autres services écosystémiques en plus d'être vitales pour la seule production alimentaire.

Une récente étude détaillée de Lautenbach et al (2012) montre la répartition des bénéfices des services de pollinisation et de leurs vulnérabilités sur plusieurs cartes du monde. Ces cartes illustrent l'importance que revêt la pollinisation pour l'agriculture dans les différentes régions. L'analyse se fonde sur des estimations de la valeur monétaire attribuée à la part de la production agricole dépendant de la pollinisation animale, rapportée aux cultures produites dans chaque « case » d'une grille de latitude/longitude de 5' x 5' (environ 10 km par 10 km à l'équateur). Ces cartes du monde ont mis en lumière des régions représentant une valeur exceptionnelle en termes de pollinisation et d'autres particulièrement vulnérables face au déclin des services écosystémiques de pollinisation (Lautenbach et al, 2012).

Figure 1. Les bénéfices mondiaux de la pollinisation à l'échelle subnationale. « Les valeurs sont indiquées en dollars US par hectare pour l'année 2000. Elles ont été corrigées de l'inflation (en date de 2009) et sont exprimées en parité de pouvoir d'achat. La zone dont les rendements sont étudiés se rapporte à la surface totale de la case de la grille. » Reproduit à partir de : Lautenbach et al (2012). « Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. » PLoS ONE 7(4) : e35954, sous licence Creative Commons Attribution.



La carte illustrant la répartition des services de pollinisation à l'échelle mondiale dans la figure 1 indique en foncé les régions où ces services affichent la valeur la plus élevée (en dollars par hectare) : dans certaines zones d'Amérique du Nord, d'Asie de l'Est et d'Europe, la valeur de la pollinisation peut atteindre 1 500 dollars par hectare – un service dont les agriculteurs et l'ensemble de la société devront se passer si les pollinisateurs venaient à disparaître (Lautenbach et al, 2012).

En Europe, il existe également de très nombreux endroits où la pollinisation affiche une forte valeur économique par hectare (voir la figure 1). En effet, de vastes régions d'Italie et de Grèce ont une valeur exceptionnelle en termes de pollinisation tout comme de nombreuses régions d'Espagne, de France, du Royaume-Uni, d'Allemagne, des Pays-Bas, de Suisse et d'Autriche. La Pologne, la Hongrie et la Roumanie abritent également des zones où la pollinisation joue un rôle majeur. Par ailleurs, il semble important de préciser que les systèmes agricoles italiens et espagnols dépendent fortement des services de pollinisation naturelle (Lautenbach et al, 2012).

Au niveau mondial, certains pays comme le Brésil, la Chine, l'Inde, le Japon et les États-Unis, ou encore les régions bordant le Nil, en Égypte, tirent d'importants avantages économiques de la pollinisation. À titre d'exemple, en Chine, les bénéfices théoriques de la pollinisation ont augmenté de 350 % entre 1993 et 2009. Cette augmentation traduit la pression exercée sur la production fruitière par la demande des classes moyennes urbaines en pleine expansion et des marchés d'exportation. À elle seule, la Chine tire profit de 30 à 50 % de la totalité des avantages économiques mondiaux découlant de la pollinisation (Lautenbach et al, 2012).

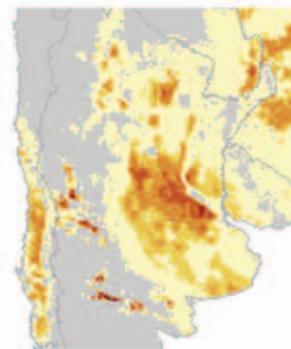
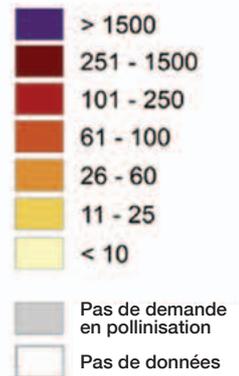
D'une manière générale, les scientifiques insistent sur le besoin urgent de protéger nos insectes et sur le rôle essentiel de leurs services de pollinisation : « Étant donnée la valeur économique des bienfaits de la pollinisation, il faut que les responsables politiques soient en mesure de comparer les coûts et les avantages des politiques agricoles favorisant la diversité structurelle. Il serait donc judicieux de se référer aux informations fournies par cette carte lorsqu'il sera question de modifier les politiques agricoles telles que la Politique agricole commune de l'UE. » (Lautenbach et al, 2012.)

« Les bienfaits de la pollinisation sont suffisamment importants dans une grande partie du monde pour que la valeur qu'ils représentent incite à modifier en profondeur les stratégies de conservation et les décisions d'affectation des sols. »

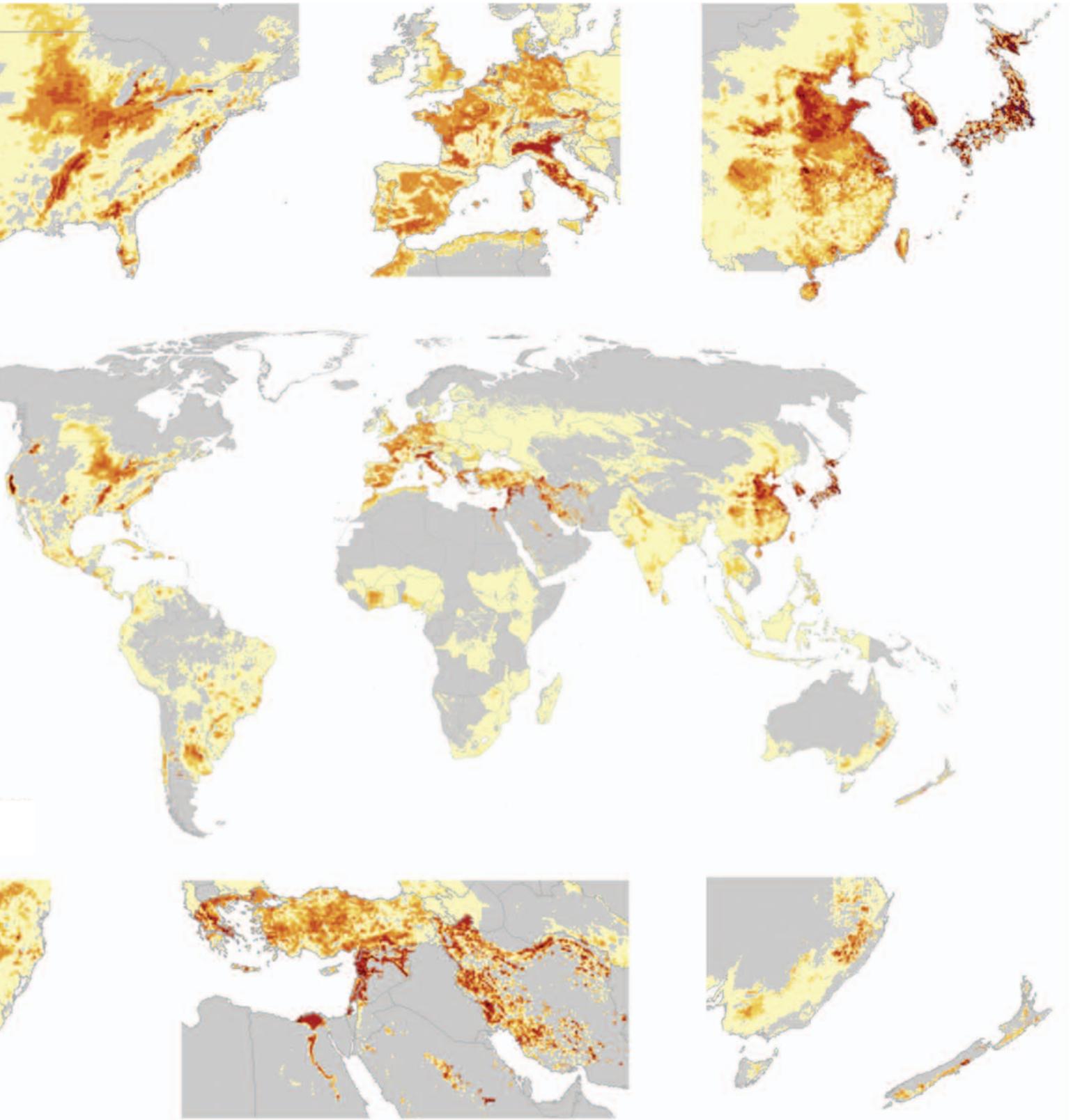
– Lautenbach et al, 2012

*« Depuis 2001, les coûts de production des cultures dépendantes de la pollinisation ont considérablement augmenté, et ce bien plus rapidement que les prix de celles ne nécessitant pas ce service, telles que les cultures de riz, de maïs ou d'autres céréales. Pour les chercheurs, ce phénomène indique que l'intensification de l'agriculture se traduit par l'augmentation des prix mondiaux des cultures dépendantes de la pollinisation. **Lorsque toujours plus de pesticides sont pulvérisés dans les champs, que davantage d'engrais sont apportés et lorsque les précieux éléments agricoles structurels tels que les haies et les arbres sont convertis en champs, alors les insectes disparaissent.** »*

– Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), 2012³.



3- Communiqué de presse du 27 avril 2012 sur l'étude de Lautenbach et al, 2012. <http://www.ufz.de/index.php?en=30403>



Source : Lautenbach, S., R. Seppelt, et al. (2012). Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. PLoS ONE 7(4): e35954.
 (sous licence Creative Commons Attribution)

<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0035954>

Les valeurs sont indiquées en dollars US par hectare pour l'année 2000. Elles ont été corrigées de l'inflation (en date de 2009) et sont exprimées en parité de pouvoir d'achat. La zone dont les rendements sont étudiés se rapporte à la surface totale de la case de la grille.



Principaux facteurs affectant la santé des populations d'abeilles

Il semble aujourd'hui unanimement reconnu que le déclin des populations d'abeilles et leur état de santé (syndrome d'effondrement des colonies et autres phénomènes) soient le résultat de causes multiples, à la fois connues et non identifiées, agissant séparément ou en combinaison (Williams et al, 2010).

D'une manière générale, la diminution du nombre d'abeilles peut découler de trois grands facteurs de stress :

Maladies :

Les abeilles sont sujettes à des **maladies** et des **parasites** qui leur sont propres, entraînant leur affaiblissement et souvent leur mort. La plupart de ces maladies et parasites sont invasifs et les abeilles indigènes sont incapables de les combattre par un processus d'adaptation naturelle ou par le développement d'une résilience. Les abeilles malades ou infestées de parasites sont en outre plus vulnérables à d'autres facteurs, tels qu'une mauvaise alimentation ou l'exposition à des produits chimiques toxiques.

Famine :

Les abeilles se nourrissent sur les fleurs ; elles ont donc besoin d'une quantité de fleurs stable à la fois dans l'espace et le temps. Si les apiculteurs complètent l'alimentation de leurs abeilles domestiques, elles n'en ont pas moins besoin de fleurs autour de leur ruche pour butiner le pollen, leur principale nourriture et source de protéines. Lorsqu'il n'y a pas assez de fleurs écloses pendant la saison des abeilles, comme dans les monocultures qui ne produisent qu'un seul type de fleurs sur une période limitée, les abeilles ne sont pas en mesure de se nourrir, ni d'alimenter leur progéniture. Un grand nombre de facteurs, essentiellement liés aux **pratiques de l'agriculture industrielle**, peuvent provoquer la famine chez ces insectes. C'est notamment

le cas des herbicides, qui réduisent la diversité de la flore sauvage au sein et autour des exploitations, et de l'expansion de l'agriculture, qui empiète sur les bordures des champs et les haies, garantes de la diversité végétale autour des exploitations. En outre, il est possible que les **changements climatiques** soient à l'origine du bouleversement des floraisons, d'un déplacement de certaines plantes représentant une source de nourriture importante pour les abeilles dans une région donnée, ou d'un « glissement des saisons » qui décale le moment de la floraison de sorte qu'elle ne coïncide plus avec le retour des abeilles au printemps (Kremen et al, 2007 ; Cameron et al, 2011).

Intoxication :

Un grand nombre de fleurs et de sites de nidification ainsi que l'environnement des abeilles (y compris la poussière soulevée par les travaux agricoles) sont souvent contaminés par des produits chimiques, essentiellement des pesticides. Par le biais du pollen, du nectar, mais aussi de l'air, de l'eau et du sol, les abeilles sont exposées aux **insecticides, herbicides et fongicides** appliqués sur les cultures. Ces pesticides, de manière individuelle ou combinée, peuvent se révéler extrêmement toxiques à court terme ou, à petites doses, avoir des effets chroniques qui affaiblissent les abeilles et finissent par les tuer (voir aussi le chapitre suivant).

Les différents facteurs qui nuisent à la santé des populations d'abeilles

Maladies et parasites invasifs

De nombreux apiculteurs s'accordent à dire que le *varroa destructor*, un acarien ectoparasite, représente une grave menace pour l'apiculture mondiale. Découvert en Asie du Sud en 1904, il est désormais présent pratiquement dans le monde entier. De la taille d'une tête d'épingle, il se nourrit du sang des abeilles et se répand de ruche en ruche. En plus d'affaiblir ses victimes, le *varroa* est également vecteur de maladies virales et de bactéries. Ses effets sont dévastateurs et, s'il n'est pas traité, il entraîne généralement la destruction de la ruche toute entière en trois ans (PNUE, 2010).

Certaines pertes de colonies d'abeilles domestiques en hiver ont été attribuées à une association du *varroa* et d'autres agents pathogènes, même si d'une manière générale, de multiples facteurs sont toujours en cause. Ainsi, en Allemagne, il a été établi que plusieurs éléments, à savoir une infestation sévère par *varroa* et une infection par certains virus survenant lorsque la reine est âgée et que la colonie est déjà fragilisée à l'automne, avaient concouru aux pertes hivernales observées chez les colonies d'abeilles domestiques (Genersch et al, 2010).

Le microsporidie *nosema ceranae* est un autre agent pathogène des abeilles domestiques. Si on le trouve presque partout dans le monde, c'est dans le bassin méditerranéen qu'il est le plus courant et le plus destructeur (pour un état des lieux à jour, voir Higes et al, 2013). Les recherches ont montré que ce parasite a causé des dégâts considérables dans les colonies d'abeilles domestiques en Espagne et dans d'autres pays d'Europe du Sud. Dans le nord de l'Europe, en revanche, ses répercussions ont été moins sévères. Le *nosema* entraîne un taux de mortalité élevé chez les butineuses, ce qui affecte le développement des colonies et peut à terme causer le dépeuplement de la ruche et son effondrement. Bien que nos connaissances du *nosema* se soient améliorées ces dernières années, son rôle dans le déclin des colonies est encore très controversé, manifestement en raison des écarts considérables entre les différentes régions géographiques (Higes et al, 2013).

La capacité de résistance des abeilles face aux maladies et parasites semble être influencée par plusieurs facteurs, et en particulier par leur état nutritionnel et leur exposition aux produits chimiques toxiques.

Par exemple, des recherches ont montré que les abeilles domestiques étaient considérablement affaiblies par une exposition conjuguée au pesticide néonicotinoïde imidaclopride et au parasite *nosema* (Alaux et al, 2010). Les effets combinés de ces deux agents, en inhibant la capacité des abeilles à stériliser leur colonie et leur nourriture, sont à l'origine d'une mortalité et d'un stress élevés et affaiblissent l'ensemble de la colonie.

Une autre étude récente a recensé un nombre plus importants de jeunes abeilles infestées par le *nosema ceranae* au sein des colonies élevées dans des couvains contenant des résidus de pesticides en grande quantité, que dans celles élevées dans des couvains contenant peu de résidus (Wu et al, 2012).

« Ces données indiquent que l'exposition aux pesticides pendant le développement à l'intérieur des rayons à couvain augmente la prévalence d'une infestation par *nosema ceranae* chez les abeilles. »

– Wu et al, 2012

Les auteurs tirent la conclusion suivante : « Cette étude montre qu'il existe une sensibilité accrue aux infestations par le *nosema ceranae* chez les abeilles exposées aux produits phytosanitaires. Cela peut être imputable au stress supplémentaire provoqué par leur développement dans un couvain contenant des pesticides, qui a pu contribuer à épuiser les ressources énergétiques vitales et les enzymes détoxifiantes des insectes. Si la quantité et les composants du mélange de résidus de pesticides retrouvés dans les couvains Y et G sont connus, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer avec certitude quels sont les agents actifs en cause. Quoi qu'il en soit, les interactions entre l'exposition aux pesticides et les infestations par le *nosema ceranae* nécessitent de plus amples recherches, surtout au regard des niveaux de résidus retrouvés dans les couvains. »

Les résultats d'une autre étude menée récemment ont montré que l'exposition à des doses sublétales des pesticides fipronil et thiaclopride entraîne une mortalité bien supérieure chez les abeilles domestiques déjà infestées par le *nosema ceranae* que chez les insectes non infestés (Vidau et al, 2011).

À la lumière de ces interactions et d'autres effets combinés, force est de constater que davantage d'études s'imposent pour isoler les multiples facteurs qui nuisent à la santé des pollinisateurs. En outre, les études existantes portent exclusivement sur les abeilles domestiques. Or d'autres pollinisateurs, tels que les



bourdons, sont tout aussi sensibles aux pesticides ou à des parasites similaires au *nosema* ; leurs populations sont donc également en péril (Williams et Osborne, 2009 ; Alaux et al, 2010 ; Winfree et al, 2009 ; Cameron et al, 2011). Il est indispensable de mettre en place des recherches supplémentaires ainsi que des mesures plus fermes fondées sur le principe de précaution en vue de limiter certains facteurs susceptibles de se combiner (par exemple une vulnérabilité accrue aux maladies et l'exposition aux pesticides), et ainsi de protéger la santé des pollinisateurs à l'échelle planétaire.

L'agriculture industrielle

L'agriculture (terres cultivées et pâturages compris) occupe environ 35 % de la surface terrestre libre de glace. C'est aussi l'un des plus grands écosystèmes de la planète, rivalisant en superficie avec les forêts (Foley et al, 2007). En outre, l'agriculture a connu une industrialisation rapide au cours du siècle dernier. L'utilisation accrue d'engrais et de produits chimiques toxiques, le recours à la monoculture et l'expansion de l'agriculture sur de nouvelles terres sont autant de facteurs qui aggravent considérablement les dégâts causés par ce secteur à l'environnement (Tilman et al, 2001 ; Foley et al, 2011 ; Rockstrom et al, 2009).

Les populations de pollinisateurs, domestiques ou sauvages, ne peuvent échapper aux impacts nombreux et massifs de l'agriculture industrielle : elles souffrent, d'une part, de la destruction des habitats naturels causée par l'agriculture et, d'autre part, des pratiques agricoles intensives, leurs aires de répartition naturelle se chevauchant inévitablement avec les espaces consacrés à l'agriculture industrielle.

Si l'agriculture industrielle affecte les abeilles et d'autres pollinisateurs par bien des aspects, le plus grave est l'intensification de l'agriculture qui accélère la destruction et la fragmentation d'habitats naturels et semi-naturels précieux, tels que les systèmes agro-forestiers, les prairies, les champs à l'abandon, les zones arbustives, les forêts et les haies. Elle constituerait la principale cause du déclin des populations de pollinisateurs, même si les effets sont moindres chez les abeilles domestiques (Brown et Paxton, 2009 ; Winfree et al, 2009).

Les monocultures industrielles et, d'une manière générale, l'absence de biodiversité sur et autour des terres cultivées, limitent dans l'espace et le temps la quantité de nourriture à laquelle les pollinisateurs ont accès. Au Royaume-Uni et aux Pays-Bas, un parallèle a été établi entre le déclin de la diversité végétale au niveau local et celui des abeilles et d'autres pollinisateurs (Biesmeijer et al, 2006) ; il est probable que ce phénomène soit bien plus largement répandu.

Le labour, l'irrigation et le débroussaillage sont autant de pratiques qui détruisent les sites de nidification des pollinisateurs (Kremen et al, 2007).

En outre, l'application d'herbicides à grande échelle restreint considérablement la diversité et l'abondance des végétaux autres que les espèces cultivées, ce qui limite la disponibilité de nourriture pour les abeilles tout au long de l'année. La destruction chimique des habitats résultant de l'application massive d'herbicides peut avoir des conséquences à long terme, en particulier sur la répartition des pollinisateurs dans les environnements agricoles (PNUE, 2010).

Enfin, l'usage systématique des pesticides, pratique courante dans les systèmes agricoles intensifs aujourd'hui, peut à terme entraîner la mort et/ou altérer les capacités des butineuses sauvages et domestiques (ce point est expliqué en détail au chapitre suivant). Par ailleurs, déterminer les conséquences précises de ces pesticides sur la santé des pollinisateurs est rendu encore plus difficile par le fait que les parcelles où les pesticides sont utilisés de manière intensive coïncident souvent avec celles où les fleurs et les sites de nidification (essentiels pour un grand nombre de pollinisateurs sauvages) sont rares (Kremen et al, 2007). Réussir à pondérer le rôle exact de chacun des facteurs reste une gageure.

D'une manière générale, l'intensification de l'agriculture à l'échelle locale ou du paysage est corrélée au déclin du nombre et de la diversité des pollinisateurs sauvages, et donc des services écosystémiques qu'ils fournissent aux cultures (Kremen et al, 2007). Il est également probable que cette intensification ait des répercussions négatives sur la santé et la stabilité des populations d'abeilles domestiques.

En revanche, certaines études montrent que l'agriculture peut avoir des retombées positives sur les colonies de pollinisateurs, et notamment améliorer la diversité de la flore dans certaines parties de leurs habitats naturels (Winfree et al, 2006, in Kremen et al, 2007). Cependant, ces effets favorables semblent se manifester dans les régions où le type d'agriculture pratiqué permet le développement – et non la destruction – d'un habitat diversifié pour les abeilles (petites exploitations, cultures mixtes, conservation des haies, etc.) (Tschamtké et al, 2005, in Kremen et al, 2007), ce qui souligne le rôle positif que les méthodes agricoles biologiques ou écologiques peuvent jouer.

Par ailleurs, l'agriculture elle-même peut pâtir d'une pollinisation limitée, ce qui reflète la cohabitation souvent difficile entre l'agriculture industrielle et les pollinisateurs, dont elle dépend pourtant en partie.

Dérèglement climatique

Les populations de pollinisateurs ne seront pas épargnées par les conséquences attendues des changements climatiques, notamment par la hausse des températures, la modification des régimes de précipitations et l'augmentation du nombre de phénomènes météorologiques imprévisibles ou extrêmes. Ces bouleversements pourraient commencer par affecter individuellement les pollinisateurs avant de toucher l'ensemble de leur communauté, ce qui se traduit par l'extinction accélérée des espèces de pollinisateurs (PNUE, 2010).

Par exemple, l'adaptation aux changements climatiques des abeilles domestiques en Pologne a été étudiée : les insectes avancent la date de leur premier vol printanier (la première sortie après l'hiver), s'inscrivant dans un phénomène couramment appelé « glissement de saison ». Ce premier vol printanier a avancé de plus d'un mois au cours des 25 années d'observation, ce qui est attribué à la hausse des températures (Sparks et al, 2010).

Outre ces effets au niveau des différentes espèces, le dérèglement du climat aura très certainement des répercussions sur les interactions entre les pollinisateurs et leurs sources de nourriture, c'est-à-dire les plantes à fleurs, notamment en raison du bouleversement des dates et des rythmes de floraison. De récentes analyses indiquent que 17 à 50 % des espèces de pollinisateurs souffriront du manque de nourriture, d'après des scénarios réalistes basés sur des projections de changements climatiques entraînant la modification des floraisons (Memmott et al, 2007). En conséquence de ces effets, les auteurs craignent une éventuelle extinction de certains pollinisateurs et de certaines espèces végétales, et donc la fin de leurs interactions essentielles (Memmott et al, 2007).

En d'autres termes, le dérèglement climatique, outre ses répercussions prévisibles en matière d'extinction de certaines espèces, est susceptible d'entraîner un « arrêt à grande échelle des interactions responsables d'un service écosystémique indispensable, celui de la pollinisation des plantes » (Memmott et al, 2007).





Image Février 2013 : Militants de Greenpeace et apiculteurs locaux apportent au gouvernement suisse une pétition rassemblant 80 000 signatures pour exiger la protection des abeilles et l'arrêt de l'utilisation des pesticides.

Les insecticides

Les insecticides forment une catégorie de pesticides spécialement conçue pour tuer les insectes ravageurs qui nuisent aux cultures et aux élevages de bétail, ou qui sont présents dans les habitations. À forte dose (létale), ils tuent ou repoussent les insectes nuisibles, mais ils peuvent aussi avoir des effets indésirables à des concentrations plus faibles (sublétales) sur d'autres insectes, notamment sur les prédateurs naturels des nuisibles et sur les pollinisateurs (Desneux et al, 2007). En raison de leur nature et de leur fonction, cette catégorie de pesticides représente la menace la plus directe pour les pollinisateurs.

Bien que leur rôle dans le déclin global des pollinisateurs reste encore mal défini, il est aujourd'hui évident que certains insecticides ont des effets dévastateurs sur les pollinisateurs – tant au niveau de chaque spécimen qu'à l'échelle des colonies (Henry et al, 2012 ; Whitehorn et al, 2012 ; Easton et Goulson, 2013 ; Mullin et al, 2010). Cet état de fait est indéniable, même si la plupart des études sur les répercussions des insecticides portent essentiellement sur les effets graves engendrés par une exposition à des doses relativement élevées. Les effets insidieux à long terme d'une exposition à des concentrations plus faibles n'ont en revanche pas fait l'objet d'analyses systématiques ni d'études de toxicité. En outre, la plupart des études réalisées ont porté sur les abeilles domestiques (et dans une moindre mesure sur les bourdons), laissant de côté les impacts potentiels sur de nombreuses autres espèces de pollinisateurs sauvages pourtant indispensables à la pollinisation des cultures et à la préservation de la biodiversité (Potts et al, 2010 ; Brittain et al, 2013a ; Easton et Goulson, 2013).

Qu'ils soient appliqués à des doses faibles ou élevées, les insecticides peuvent nuire aux pollinisateurs, même s'ils ne sont pas délibérément ciblés. Pourtant, plusieurs facteurs font que les pollinisateurs sont exposés de façon permanente à ces substances chimiques :

- 1. Au niveau mondial, le volume de pesticides utilisés n'a jamais été aussi élevé (Tilman et al, 2001).**
- 2. Autour des cultures traitées, les résidus d'insecticides se logent, et parfois demeurent, dans les habitats d'un grand nombre d'espèces de pollinisateurs. Ces résidus peuvent notamment se retrouver dans le sol des exploitations agricoles, se mêler à la poussière et être soulevés dans l'air suite à l'ensemencement ou la pulvérisation de produits, rejoindre les cours d'eau proches des exploitations ou finir dans le pollen et le nectar des cultures et des plantes voisines. On les retrouve ainsi parfois dans la cire des ruches (Mullin et al, 2010).**
- 3. Certains insecticides sont systémiques, c'est-à-dire qu'ils ne restent pas à la surface de la plante mais se propagent dans leur système vasculaire. C'est le cas des néonicotinoïdes, qui sont parfois appliqués directement sur la semence avant le semis, sous forme d'enrobage. Lorsque les graines commencent à germer et à pousser, les agents chimiques se propagent dans la tige et les feuilles ; ils finissent par se retrouver dans l'eau de guttation (exsudation d'eau le long de l'extrémité des feuilles du jeune plant). Les abeilles s'abreuvent souvent de l'eau de guttation de ces plantes et sont donc exposées au pesticide néonicotinoïde employé (Girolami et al, 2009). Lorsque ces cultures fleurissent, on retrouve des résidus de ce produit chimique dans leur pollen et leur nectar, exposant là aussi les abeilles à son contact. Plus le recours aux néonicotinoïdes est important, plus les pollinisateurs risquent d'être exposés à ces produits chimiques sur de longues périodes, les insecticides systémiques pouvant être détectés dans différentes parties d'une plante au cours de son cycle de vie : la graine enrobée, l'eau de guttation puis le pollen et le nectar à la floraison (Ellis, 2010).**

La toxicité des insecticides sur les pollinisateurs peut être qualifiée d'aiguë, ou de létale, lorsque les effets sont sévères et entraînent une mort rapide, et de subaiguë ou sublétale lorsqu'elle ne provoque pas la mort dans la population étudiée, mais engendre des effets plus insidieux sur la physiologie et le comportement à long terme : détérioration du processus d'apprentissage, du comportement ou d'autres aspects neurologiques (Desneux et al., 2007).

Jusqu'à présent, la plupart des recherches ont porté sur les impacts graves des produits chimiques sur les abeilles domestiques tandis que les problèmes sublétaux, qui peuvent néanmoins nuire à la santé des pollinisateurs et réduire la production agricole, sont plus méconnus et beaucoup moins bien documentés. Les exemples d'effets sublétaux sont toutefois nombreux (Desneux et al, 2007) et peuvent être classés en quatre grandes catégories en fonction de la nature des effets observés :

1. **Effets physiologiques**, qui se produisent à de multiples niveaux et ont notamment été évalués en termes de taux de développement (temps nécessaire pour atteindre l'âge adulte) et de taux de malformation (dans les cellules à l'intérieur de la ruche, par exemple).
2. **Perturbation du comportement de butinage**, notamment avec des effets sur le système de navigation et le comportement.
3. **Interférences avec le comportement alimentaire**, accompagnées d'effets répulsifs, anti-appétants ou réduisant les capacités olfactives.
4. **Impacts des pesticides neurotoxiques sur les processus d'apprentissage** (reconnaissance des nids et des fleurs, orientation spatiale, etc.) des insectes. Ces impacts sont considérables ; ils ont été étudiés et largement identifiés chez les abeilles domestiques.

Exemples d'effets sublétaux

Effets physiologiques et perturbation du développement

Des recherches en laboratoire ont montré que la deltaméthrine, un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes, affecte un grand nombre de fonctions cellulaires chez les abeilles domestiques. Cet insecticide provoque notamment un dysfonctionnement important des cellules cardiaques, altérant la fréquence et l'intensité des contractions du cœur. De plus, ces recherches ont mis en évidence que la deltaméthrine utilisée en association avec le fongicide prochloraze perturbe la thermorégulation et provoque une hypothermie chez les abeilles domestiques, alors que cet effet n'est pas observé avec la deltaméthrine seule (Desneux et al, 2007).

Chez les abeilles tueuses domestiques, une exposition à des concentrations sublétales de néonicotinoïde thiaméthoxame entraîne une déficience des fonctions cérébrales et intestinales, ainsi qu'une réduction de la durée de vie (Oliveira et al, 2013).

L'imidaclopride, également de la famille des néonicotinoïdes, même à très faibles doses, a révélé des effets nocifs sur le développement des colonies de bourdons, en particulier sur les reines (Whitehorn et al, 2012). Les bourdons qui se nourrissent d'aliments contaminés par l'imidaclopride, même en très faibles quantités, voient leur croissance perturbée, un phénomène qui a pour conséquence la réduction de la taille des colonies (de 8 à 12 %). Plus important encore, cet insecticide entraîne un déclin disproportionné du nombre de reines : elles ne sont plus qu'une ou deux, contre 14 dans les colonies exemptes de pesticides. Or chez les bourdons, les reines sont essentielles à la survie de la colonie : elles seules survivent à l'hiver et peuvent fonder de nouvelles colonies au printemps suivant (Whitehorn et al, 2012).

D'après une étude récente menée en laboratoire (Hatjina et al, 2013), des doses sublétales du néonicotinoïde imidaclopride entraînent chez les abeilles exposées une altération notable du rythme respiratoire et une perturbation des glandes hypopharyngiennes, plus petites que chez les abeilles non exposées. Cette étude conclut qu'il faut également prendre en compte les conséquences physiologiques d'une exposition à l'imidaclopride, car elles touchent également les abeilles tant au niveau de chaque spécimen qu'à l'échelle des colonies.

Mobilité

Lors d'expériences en laboratoire, il a été mis en évidence que l'imidaclopride (néonicotinoïde), même à faible dose, affectait la mobilité des abeilles domestiques. Les effets observés étant variables suivant la dose reçue et évoluant dans le temps (Suchail et al, 2001 ; Lambin et al, 2001), la détection des effets les plus ténus pourrait dépendre du moment de l'observation.

Une autre expérience menée en laboratoire a révélé que des doses sublétales d'imidaclopride réduisent de manière significative la mobilité. Les abeilles exposées sont bien moins actives que les autres, même si cet effet n'est que provisoire, et font preuve d'une capacité moindre à communiquer, ce qui peut avoir d'importantes répercussions sur leur comportement social (Medrzycki et al, 2003).

Navigation et orientation

Pour certains pollinisateurs, la mémorisation des repères visuels est essentielle pour l'orientation spatiale. Les abeilles domestiques se servent de repères visuels pour se diriger vers une source d'alimentation et pour indiquer de façon précise au reste de la colonie la distance à parcourir et la direction à prendre pour s'y rendre. Les pesticides peuvent détériorer à la fois la mémorisation des repères visuels au cours du butinage et la communication de ces informations au reste de la colonie une fois l'abeille de retour à la ruche.

Il a été démontré que la deltaméthrine (pyréthrinoloïde), appliquée localement à des doses sublétales, altère les capacités des butineuses à regagner leur ruche. Les butineuses exposées sont moins nombreuses à retrouver le chemin de la ruche (Vandame et al, 1995).

Une étude récente et complexe réalisée dans des conditions semi-naturelles avec des abeilles domestiques a montré que des abeilles se nourrissant de pollen ou de nectar contaminé par du thiaméthoxame (néonicotinoïde), même à très faibles doses, peuvent se perdre sur le chemin du retour. La probabilité qu'elles meurent dans la journée est alors multipliée par deux, ce qui affaiblit la colonie et augmente le risque d'effondrement (Henry et al, 2012).

L'imidaclopride (néonicotinoïde) a lui aussi un impact sur le butinage des abeilles domestiques, à de faibles concentrations. Les abeilles ayant ingéré une dose sublétale de ce pesticide subissent un ralentissement de leur activité de butinage ainsi qu'un accroissement leurs pertes (Yang et al, 2008).

Lors d'une exposition soit à l'imidaclopride (néonicotinoïde) soit à la deltaméthrine (pyréthrinoloïde), l'activité de butinage des abeilles domestiques est réduite de 20 % à 60 %. La deltaméthrine induit, de plus, des altérations des capacités d'apprentissage (Ramirez-Romero et al, 2005).

Comportement alimentaire

« Dans le cas des abeilles domestiques, une altération du comportement alimentaire peut avoir pour conséquence une chute spectaculaire de la population de la ruche. Dans la plupart des zones de grandes cultures, lorsque les ressources alimentaires se limitent aux espèces cultivées, l'effet répulsif des pesticides peut réduire la quantité de pollen et de nectar récoltée par les abeilles, et potentiellement conduire au déclin démographique de la colonie. »

– Desneux et al, 2007

Les pyréthrinoloïdes sont probablement la classe d'insecticides la plus connue pour ses propriétés répulsives pour les pollinisateurs. Le comportement d'évitement adopté par ces derniers en présence de ce type de pesticides a souvent été interprété comme une adaptation pour réduire le risque d'exposition (Desneux et al, 2007). Or, il a été démontré par la suite que l'application d'un pyréthrinoloïde en pleine période de butinage (en pleine journée) conduisait à de forts niveaux d'exposition (voir le débat dans Desneux et al, 2007).

« Par conséquent, il est faux de supposer qu'un effet répulsif provoque une quelconque protection contre une exposition aux pesticides ».

– Desneux et al, 2007

Une exposition à des pesticides peut également réduire la capacité des abeilles à détecter des sources de nourriture. Par exemple, l'application locale de fipronil à une concentration très faible sur des abeilles domestiques a amputé leur capacité à détecter les faibles teneurs en saccharose d'environ 40 % par rapport aux abeilles non exposées (El Hassani et al, 2005).

L'imidaclopride exerce un pouvoir répulsif sur certains pollinisateurs (mouches et coléoptères pollinisateurs). Si leur exposition peut effectivement s'en trouver réduite de ce fait, ils sont en revanche sujets à la famine si la seule nourriture disponible provient de cultures traitées à l'imidaclopride, en région agricole. De plus, si les insectes évitent les fleurs des cultures traitées, les rendements de ces dernières pourraient en pâtir, plus ou moins fortement suivant l'intensité de l'effet répulsif et du nombre des pollinisateurs (Easton et Goulson, 2013).

Performances d'apprentissage

Les effets des pesticides sur les processus d'apprentissage des abeilles domestiques ont souvent été étudiés, d'une part parce que ces processus sont importants pour l'efficacité du butinage, et d'autre part parce que nous les comprenons relativement bien (Desneux et al, 2007). Chez les abeilles domestiques, l'apprentissage et la mémoire olfactive jouent un rôle essentiel dans la stratégie alimentaire et l'efficacité de l'activité de butinage, tant au niveau individuel qu'au niveau de la colonie. Par conséquent, une exposition à long terme à de faibles doses de pesticides peut avoir de graves répercussions sur la santé des colonies d'abeilles domestiques.

En laboratoire, il a été démontré que le thiaméthoxame (néonicotinoïde) et le fipronil à des doses sublétales ont des effets nocifs sur la mémoire olfactive des abeilles. Après une exposition, celles-ci se révèlent incapables de distinguer une odeur connue d'une odeur inconnue. Les abeilles exposées au fipronil passent également davantage de temps immobiles (Aliouane et al, 2009).

Lors d'essais biologiques réalisés avec différents pesticides, les abeilles domestiques ayant survécu à une exposition orale à de l'imidaclopride, du fipronil, de la deltaméthrine et de l'endosulfan ont montré des capacités d'apprentissage réduites à long terme (Decourtye et al, 2004 ; Decourtye et al, 2003 ; Decourtye et al, 2005). En outre, une exposition des abeilles domestiques à de faibles doses d'imidaclopride semble détériorer leur mémoire olfactive à moyen terme (Decourtye et al, 2004). Les conséquences de ces effets chroniques sur l'activité de butinage restent indéfinies (Desneux et al, 2007).

Répercussions des effets sublétaux des pesticides sur d'autres communautés de pollinisateurs

Les pesticides semblent avoir des effets sublétaux sur de nombreuses fonctions essentielles à la santé des communautés d'abeilles domestiques et de bourdons (telles que le butinage, la fécondité, la mobilité). Il est possible que des communautés d'autres pollinisateurs soient également concernées, ces effets sublétaux demeurant très mal compris (Desneux et al, 2007). De plus, en ce qui concerne les pollinisateurs sauvages, la majeure partie des données dont nous disposons sur les

impacts des insecticides portent sur les espèces, et nous n'avons que peu d'informations sur les impacts à l'échelle des communautés.

Les abeilles domestiques ont souvent servi de support d'étude pour analyser les effets sublétaux des pesticides sur les communautés de pollinisateurs. Or on considère qu'elles ne sont pas représentatives des autres pollinisateurs, y compris des autres abeilles. En effet, les abeilles sont un groupe très divers, composé d'espèces très différentes en matière de vulnérabilité face aux pesticides.

« Chez les abeilles domestiques, les pesticides peuvent affecter l'organisation sociale (baisse de l'absorption de nourriture ou diminution de la population d'ouvrières/ de nourrices), mais cela peut être compensé car la reine ne prend pas part au butinage, et elle est donc moins susceptible d'être exposée que les ouvrières. En revanche, chez d'autres pollinisateurs sociaux, tels que le bourdon, la reine doit trouver de quoi se nourrir au printemps afin de fonder sa colonie. Dans ce cas, les effets négatifs potentiels des pesticides peuvent fortement entraver l'établissement de la colonie. Pour résumer, les pollinisateurs sociaux qui ne forment pas de colonie pérenne ainsi que les pollinisateurs non-sociaux sont davantage susceptibles de souffrir d'une exposition aux insecticides. »

– Desneux et al, 2007

De plus, certains pollinisateurs sont dotés de particularités qui peuvent les rendre encore plus sensibles aux insecticides. Par exemple, les syrphes aphidiphages pondent directement dans les cultures, exposant potentiellement leurs larves aux insecticides (Brittain and Potts, 2011). Les caractéristiques ou habitudes de certains pollinisateurs peuvent donc leur faire courir des risques différenciés selon les espèces. L'exposition aux pesticides pourrait déséquilibrer la composition de l'ensemble du groupe des pollinisateurs, ce qui pourrait se répercuter sur l'équilibre des espèces de fleurs, d'une manière déterminée (Brittain and Potts, 2011). Les effets négatifs observés chez les abeilles indiquent que d'autres pollinisateurs peuvent être victimes des mêmes impacts, et nous montrent qu'il est nécessaire d'appliquer le principe de précaution pour protéger l'ensemble des agents pollinisateurs, sauvages comme domestiques. Par ailleurs, il ne suffit pas de limiter les restrictions en matière de pesticides nocifs aux seules cultures attractives pour les abeilles domestiques, car les autres pollinisateurs pourraient toujours être exposés aux impacts des pesticides nocifs pour les abeilles.

Exposition à des résidus de pesticides multiples et effets synergétiques

Dans les zones d'agriculture industrielle, il existe un risque important pour les pollinisateurs d'être exposés à un cocktail de produits chimiques, notamment des insecticides, des herbicides, des fongicides, et d'autres.

Les herbicides peuvent affecter les abeilles en limitant leurs ressources de nourriture disponibles, ce qui peut toucher aussi d'autres pollinisateurs, en particulier dans le cas des monocultures à grande échelle, caractéristiques de l'agriculture industrielle (Brittain and Potts, 2011). La taille de l'insecte pollinisateur est également déterminante, les petites espèces étant davantage affectées. Les abeilles de plus grande taille peuvent être capables de parcourir plus de distance pour butiner, mais les plus petites peuvent être condamnées à mourir de faim (Brittain and Potts, 2011).

« Il a également été démontré que les herbicides augmentent la toxicité d'un certain nombre d'insecticides chez la mouche et la souris, mais cela n'a pas été analysé chez l'abeille. Une concentration subléthale d'un insecticide, ayant pour effet de réduire les capacités de butinage des abeilles, peut avoir des conséquences bien plus graves sur leur santé lorsque leurs ressources de nourriture sont par ailleurs réduites en raison de l'application d'un herbicide. »

– Brittain and Potts 2011

Du côté des fongicides, étant donné qu'ils sont classés comme étant moins nocifs pour les abeilles et qu'il n'existe actuellement que peu de restrictions à leur application, les agriculteurs les utilisent comme traitement de routine sur de nombreuses cultures pollinisées par les abeilles pendant la floraison, alors que les abeilles butinent. Or il a été démontré que certains fongicides sont toxiques pour les abeilles domestiques ou solitaires aux concentrations appliquées en plein champ (Mullin et al, 2010). Tout aussi inquiétant, il a été constaté que certains fongicides augmentent la toxicité des insecticides pyréthroïdes pour les abeilles domestiques (Brittain and Potts, 2011).

Plusieurs études indiquent la possibilité d'interactions synergétiques entre pesticides et fongicides. Ainsi, les inhibiteurs de la biosynthèse de l'ergostérol interagissent avec les pyréthroïdes (Nørgaard and Cedergreen, 2010). Il a été mis en évidence qu'une exposition à la deltaméthrine combinée aux fongicides prochloraze ou difénoconazole provoque une hypothermie chez les abeilles à des concentrations qui n'ont pourtant aucun effet significatif sur leur thermorégulation lorsque la deltaméthrine

est appliquée seule (Vandame et al, 1998). Une autre étude a révélé qu'un insecticide courant de la famille des néonicotinoïdes, le thiaclopride, voit sa toxicité pour les abeilles domestiques augmenter de deux ordres de grandeur lorsqu'il est associé au fongicide propiconazole, et jusqu'à trois ordres de grandeur avec le triflumizole (Iwasa et al, 2004).

Fin 2012, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA) soulignait dans un rapport que « des synergies significatives ont été détectées entre les fongicides inhibiteurs de la biosynthèse de l'ergostérol et les insecticides de la famille des néonicotinoïdes et des pyréthroïdes. Mais, pour certains cas de forte synergie, les doses de fongicide appliquées excèdent largement celles dont il est question dans la partie exposition de ce rapport. [...] Des synergies plus importantes ont été observées en laboratoire entre les fongicides inhibiteurs de la biosynthèse de l'ergostérol aux concentrations utilisées en plein champ [sic] et les pyréthroïdes utilisés comme varroacides (fluméthrine et fluvalinate), et entre le coumaphos et les varroacides à base de fluvalinate. » (Thompson, 2012).

Pourtant, malgré la potentielle importance de telles conclusions, les conséquences des possibles interactions entre fongicides et insecticides restent très peu décrites (Mullin et al, 2010).

De plus, outre les pesticides, il a également été démontré que les insecticides tendent à interagir avec d'autres facteurs de stress, telles que les infestations parasitaires (Alaux et al, 2010 ; Wu et al, 2012). Ainsi, « la mortalité des abeilles domestiques causée par l'imidaclopride (insecticide de la famille des néonicotinoïdes) s'est révélée plus forte chez les abeilles infestées par le parasite nosema et il a été montré qu'une interaction synergétique entre ces deux facteurs réduit l'activité enzymatique assurant la stérilisation de la nourriture de la colonie » (Alaux et al, 2010 ; Brittain and Potts, 2011).

« Les pollinisateurs sont de plus en plus exposés à un cocktail de pesticides. On a ainsi détecté jusqu'à 17 pesticides différents dans un seul échantillon de pollen prélevé dans une colonie d'abeilles domestiques (Frazier et al, 2008). Les conséquences de cette multiplicité de produits sur la santé des abeilles et sur les services de pollinisation qu'elles assurent sont toutefois inconnues.

Compte tenu de la hausse annoncée de la production mondiale de pesticides (Tilman et al, 2001) ainsi que des cultures dépendantes de la pollinisation (Aizen et al, 2008), il est prévisible que ce problème prenne de l'ampleur. Il est difficile d'isoler les impacts imputables uniquement

aux insecticides des autres impacts de l'intensification de l'agriculture, et les effets cumulatifs et synergétiques d'applications multiples d'insecticides compliquent encore le problème. »

– Brittain and Potts, 2011

Résidus de pesticides dans les produits de la ruche

En matière de résidus de pesticides dans les produits de la ruche, à savoir le pollen, la cire et les abeilles elles-mêmes, le plus vaste projet d'échantillonnage à ce jour a été réalisé en Amérique du Nord. Ce travail a révélé que les abeilles domestiques étaient exposées au quotidien à de multiples pesticides (Mullin et al, 2010). Les auteurs ont relevé des « niveaux d'acaricides et de pesticides agricoles sans précédent chez des colonies d'abeilles domestiques réparties dans tous les États-Unis ainsi que dans une province canadienne ».

Cette étude démontre clairement que l'on peut retrouver des résidus de plusieurs pesticides, à de fortes concentrations, dans le pollen collecté par les abeilles, et notamment des quantités significatives des insecticides aldicarbe, carbaryl, chlorpyrifos et imidaclopride, des fongicides boscalide, captane et myclobutanil et de l'herbicide pendiméthaline. Sans oublier le fluvalinate et le coumaphos qui ont aussi été retrouvés à des concentrations élevées. Ces deux dernières substances sont des acaricides, souvent appliquées par les apiculteurs à l'intérieur même des ruches pour endiguer les infestations d'acariens *varroa*.

Le pollen est la principale source de protéines pour les abeilles domestiques et joue un rôle central dans l'alimentation et la santé des colonies. Avec tant de résidus différents présents dans l'environnement direct des abeilles, il est très probable que les multiples pesticides interagissent entre eux. Pas moins de dix pesticides ont été détectés à des concentrations supérieures au dixième de la DL⁵⁰ de l'abeille, ce qui indique que même prises isolément, ces substances toxiques peuvent avoir des effets sublétaux (Mullin et al, 2010). Dans l'ensemble, « il est difficile de s'imaginer que la consommation de pollen contenant, en moyenne, sept pesticides différents, soit sans conséquences ».

Outre les insecticides, les fongicides sont les pesticides retrouvés en plus grande quantité dans le pollen. Les auteurs soulignent une corrélation entre certains fongicides et la mauvaise santé des ruches (Mullin et al, 2010). Comme nous l'avons expliqué ci-dessus, les fongicides peuvent exacerber les effets néfastes de certains insecticides chez les abeilles domestiques.

Lors de cette étude en Amérique du Nord, les types d'insecticides qui ont été retrouvés le plus fréquemment et aux plus fortes concentrations sont des pyréthrinoides hautement toxiques, notamment la deltaméthrine et la bifenthrine, à des doses qui peuvent se révéler mortelles pour les abeilles domestiques dans certaines conditions. De plus, les pyréthrinoides sont souvent appliqués par les agriculteurs en association avec certains fongicides, dont plusieurs, encore une fois, augmentent la toxicité des pyréthrinoides pour les abeilles.

« Il est fort probable que les interactions entre les différents pyréthrinoides et les fongicides affectent la santé des abeilles, dans des proportions qui restent à définir. »

– Mullin et al, 2010

Des résidus de néonicotinoïdes ont souvent été retrouvés dans le pollen et dans la cire, généralement à des doses inférieures aux pyréthrinoides. Toutefois, un échantillon de pollen contenait un niveau d'imidaclopride exceptionnellement élevé. Les mécanismes des éventuelles interactions entre les néonicotinoïdes et d'autres pesticides demeurent très mal compris. (Mullin et al, 2010).

Les auteurs concluent : « La fréquence des résidus multiples, dont certains composés ont été retrouvés à des doses toxiques, et l'absence de littérature scientifique sur les conséquences biologiques des associations de pesticides appellent à une réforme urgente de la réglementation en matière d'autorisation des pesticides et de contrôle des procédures. Il en va de la survie des pollinisateurs. De même, la mise à disposition urgente de fonds est plus que nécessaire pour financer la recherche afin de pallier nos nombreuses lacunes concernant les conséquences des pesticides pour les pollinisateurs. En l'état actuel des choses, l'indication de la toxicité pour les abeilles des produits déjà autorisés est cantonnée aux seuls avertissements figurant sur les étiquettes, et les dangers pour les abeilles des pesticides systémiques sont sous-estimés au cours du processus d'autorisation : autant de facteurs qui ont pu contribuer à l'ampleur de la contamination du pollen, la première source de nourriture de notre principal pollinisateur. La contribution des pollinisateurs à notre système de production de nourriture se chiffre à 14 milliards de dollars. Peut-on se permettre de ne pas agir et de risquer la perte de cette contribution ? » (Mullin et al, 2010).

En Europe, un échantillonnage de produits de ruches d'abeilles domestiques a également mis en évidence des résidus de pesticides. Ainsi, dans des ruchers d'Espagne, des acaricides (miticides) et des pesticides

agricoles ont été retrouvés dans le pain d'abeille, y compris certains insecticides présentant une toxicité sublétales élevée pour les abeilles, à savoir la cyperméthrine, la deltaméthrine et le chlorpyrifos. Les acaricides retrouvés étaient présents en bien plus grandes quantités que les pesticides agricoles (Orantes-Bermejo et al, 2010). En Slovénie, des prélèvements ont été effectués sur des colonies d'abeilles domestiques placées dans des vergers de pommiers traités aux insecticides. Après un traitement au diazinon, des résidus restent détectables jusqu'à 16 jours plus tard dans le pain d'abeille, et jusqu'à 10 jours dans le pollen. Le thiaclopride, quant à lui, reste présent jusqu'à six jours dans le pollen (Škerl et al, 2009).

Les sept pesticides les plus dangereux pour les abeilles, à interdire en priorité

En s'appuyant sur les données existantes concernant l'utilisation des pesticides en Europe et leurs impacts sur les abeilles et autres pollinisateurs, Greenpeace a dressé la liste de sept insecticides dont l'usage devrait être interdit en priorité. Leur élimination de l'environnement permettrait d'éviter non seulement tout empoisonnement aigu, avec conséquences létales, mais aussi tout dommage sublétales potentiel causé aux pollinisateurs, domestiques comme sauvages. Ces sept substances sont les suivantes : **l'imidaclopride, le thiaméthoxame, la clothianidine, le fipronil, le chlorpyrifos, la cyperméthrine et la deltaméthrine**. Le tableau 1 (voir pages 8-9) synthétise les caractéristiques de chaque pesticide et renvoie à des références illustrant les dommages potentiels et le besoin d'appliquer le principe de précaution en excluant la présence de ces produits dans l'environnement.

Pesticides néonicotinoïdes

Les néonicotinoïdes font partie des insecticides les plus utilisés depuis ces dernières décennies. Il existe deux sous-catégories de néonicotinoïdes : les nitroguanidines et les cyanoamidines. Les nitroguanidines, qui incluent l'imidaclopride, la clothianidine, le thiaméthoxame et le dinotéfurane, sont extrêmement toxiques pour les abeilles domestiques, et leur toxicité orale est très élevée, s'établissant à 4-5 ng/abeille. D'après leurs fabricants, les néonicotinoïdes sont « la classe d'insecticides connaissant la plus forte croissance en raison de leur polyvalence et de leur efficacité contre un grand nombre d'insectes ravageurs suceurs, ainsi que certains insectes broyeur » (Jeschke et al, 2010). À mesure que l'usage de ces pesticides progresse, les inquiétudes se font plus vives quant à leurs effets potentiels sur les pollinisateurs, en particulier les abeilles et les bourdons (à la suite de nombreuses études chapeautées par le PNUE et plus récemment par l'AESA). Malgré cela, les responsables politiques ont mis du temps à réagir, à l'exception de certains pays comme la France ou l'Italie, qui ont tenté quelques mesures allant dans la bonne direction en renforçant la réglementation, ce qui ne suffit malheureusement pas à garantir totalement la sécurité des pollinisateurs (AEE, 2013).

Très récemment, l'AESA a formulé des inquiétudes quant aux risques associés à certaines utilisations de trois néonicotinoïdes (la clothianidine, l'imidaclopride et le thiaméthoxame)⁴, et a demandé à la Commission européenne d'envisager une modification de la réglementation relative à ces substances. Mais la forte opposition manifestée par certains États membres et la vigueur du lobbying des industriels semblent entraver pour l'heure toute tentative de modification des autorisations. Ces trois néonicotinoïdes figurent parmi les insecticides les plus vendus au monde, et représentent 85 % du marché des néonicotinoïdes, qui pesait 2 236 millions de dollars en 2009 (Jeschke et al, 2010). L'imidaclopride arrive en tête des ventes mondiales, totalisant 1 091 millions de dollars en 2009 (Jeschke et al, 2010).

Greenpeace estime que les inquiétudes soulevées sont suffisamment étayées pour qu'il soit raisonnable de suspendre totalement l'utilisation d'un certain nombre de pesticides nocifs pour les abeilles, y compris les néonicotinoïdes. En interdire seulement certains usages ne suffit pas à garantir la sécurité de toutes les espèces de pollinisateurs. Comme l'ont observé les auteurs d'une récente étude sur les effets de l'imidaclopride sur d'autres pollinisateurs tels que les mouches et les coléoptères, « il est vrai que nous ne savons presque rien de l'impact des néonicotinoïdes sur le comportement des insectes non visés par l'insecticide, autres que les abeilles... D'une manière générale, il est stupéfiant de constater à quel point nous en savons peu sur la toxicologie environnementale de cette classe d'insecticides massivement utilisée » (Easton et Goulson, 2013).



Quelles solutions pour protéger les abeilles et les autres pollinisateurs ?

Les menaces qui pèsent tant sur les pollinisateurs sauvages que domestiques sont réelles, significatives et complexes. Prendre à bras-le-corps toutes ces menaces d'une manière intégrée est une tâche immense mais fondamentale et indispensable. Une chose est claire, prendre des mesures pour s'attaquer à l'un des principaux ensembles de facteurs qui affectent aujourd'hui les pollinisateurs, à savoir les impacts de l'agriculture intensive chimique, sera un pas décisif dans la bonne direction. Tout progrès que nous réaliserons pour transformer notre modèle agricole actuel, basé sur l'utilisation intensive de produits chimiques, pour l'orienter vers un système agricole écologique sera salubre, non seulement pour les pollinisateurs mais aussi pour d'autres composantes de l'environnement et notre sécurité alimentaire.

Transformer le système actuel de manière à ce qu'il satisfasse à la fois aux ambitions de protection environnementale et aux besoins alimentaires mondiaux est une tâche titanesque qui nécessitera, pour être menée à bien, des mesures progressives fortes s'inscrivant dans une vision ambitieuse à long terme. L'une de ces mesures, et non des moindres, consiste à œuvrer pour la protection des pollinisateurs en éliminant l'exposition des abeilles aux pesticides potentiellement nuisibles à leur santé ; cela permettra de protéger directement et indirectement certains maillons essentiels des écosystèmes naturels et aménagés.

À court et moyen terme, la société moderne est en mesure de résoudre plusieurs problèmes précis, ce qui aura des effets bénéfiques presque immédiats sur la santé des pollinisateurs au niveau mondial. En se fondant sur les différentes études scientifiques disponibles à l'heure actuelle, Greenpeace estime que l'élimination de

l'exposition des abeilles aux pesticides pouvant nuire à leur santé constitue une étape cruciale vers la protection des abeilles sauvages et domestiques, tout comme de la valeur économique et écologique de la pollinisation naturelle.

Deux types de programmes scientifiques peuvent être menés à court et moyen termes pour inverser le processus d'effondrement des populations de pollinisateurs ; ces programmes consistent à :

- 1. éviter de nuire aux pollinisateurs (par exemple en éliminant l'exposition aux substances potentiellement dangereuses) ;**
- 2. préserver la santé des pollinisateurs (par exemple en modifiant d'autres pratiques au sein d'écosystèmes agricoles existants).**

Éviter de nuire aux pollinisateurs en éliminant l'utilisation des pesticides potentiellement dangereux pour les abeilles

Les précédents chapitres de ce rapport résument l'état actuel des connaissances scientifiques, soulignant les risques significatifs associés à l'utilisation de certains pesticides nocifs pour les abeilles. Les données scientifiques sont claires et montrent que la nocivité potentielle de ces pesticides est largement supérieure à tous les avantages qu'ils pourraient apporter en termes d'augmentation des rendements agricoles. Toute impression de gain pourrait en réalité s'avérer totalement illusoire. Les dangers de certains pesticides, et en particulier de trois néonicotinoïdes, ont été confirmés par l'AESA⁵. Dans le même temps, il est largement reconnu que les pollinisateurs induisent des avantages économiques considérables.

5- « L'AESA identifie les risques associés aux néonicotinoïdes pour les abeilles. » Communiqué de presse du 16 janvier 2013 <http://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/130116.htm>

De plus, les progrès de la lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) et de l'agriculture biologique, notamment en Europe⁶, montrent qu'une agriculture sans pesticides est possible, économiquement rentable et sûre pour l'environnement (Davis et al, 2012). En Italie, où l'utilisation de certains pesticides nocifs pour les abeilles a été interdite pour l'enrobage des semis il y a quelques années, les agriculteurs n'ont mentionné ni augmentation des problèmes de ravageurs après l'arrêt de l'usage de ces biocides, ni baisse statistiquement significative des rendements suite à l'adoption et à l'observation rapides de réglementations plus judicieuses en matière de pesticides nocifs pour les abeilles (APENET, 2011).

Il n'en reste pas moins que les agriculteurs ont besoin de davantage de soutien pour trouver des moyens non toxiques et respectueux de l'environnement pour protéger leurs cultures contre les ravageurs. Il est absolument nécessaire d'intensifier les activités de recherche et développement en faveur de ces méthodes alternatives. Il est en outre indispensable de promouvoir davantage les solutions déjà existantes, notamment en aidant leur commercialisation une fois leur efficacité testée et avérée.

Favoriser la santé des pollinisateurs dans les écosystèmes agricoles et les habitats semi-naturels

Accroître la diversité et l'abondance des ressources florales dans les paysages agricoles

Les abeilles sont souvent absentes des paysages de l'agriculture industrielle. Là où les monocultures dominent (petit nombre de plantes à fleurs, diversité végétale réduite dans son ensemble et utilisation d'herbicides à grande échelle), les abeilles rencontrent des difficultés à trouver une nourriture adaptée.

De nombreuses pratiques visant à augmenter la diversité des plantes, à différents niveaux, peuvent améliorer les ressources florales disponibles pour les pollinisateurs, dans l'espace et dans le temps. À l'échelle des parcelles par exemple, inclure des cultures produisant une grande quantité de pollen et de nectar (trèfle violet, tournesol, melon, colza ou amandes) améliorerait les conditions d'alimentation des pollinisateurs à court terme (Kremen et al, 2007).

Au niveau des exploitations, la présence d'autres fleurs à butiner, avant et après la floraison de la culture principale, est bénéfique aux pollinisateurs. Préserver les fleurs en marge des champs, sur les sols en jachère, les bandes enherbées ou les haies permanentes (Kremen et al, 2007 ; Carvell et al, 2004) constitue un moyen efficace pour y parvenir. Les cultures intercalaires de variétés diverses attirant les insectes bénéfiques, y compris les pollinisateurs, jouent également le rôle de « réserve » de fleurs (Kremen et al, 2007). Certaines communautés de plantes annuelles, souvent considérées comme des adventices, contribuent également à la bonne santé des colonies de pollinisateurs (Morandin et Winston, 2006). Vergers et oliveraies se prêtent par exemple à une exploitation efficace tout en conservant une biodiversité importante qui offre un habitat aux pollinisateurs sauvages (Potts et al, 2006).

À un plus large échelon, l'intégration d'espaces semi-naturels dans les zones agricoles aménagées permet d'accroître l'abondance des espèces sauvages et de leurs services de pollinisation. La présence en grand nombre de pollinisateurs sauvages dans les exploitations est souvent associée à l'existence d'espaces naturels ou semi-naturels à proximité et contribue à augmenter de manière significative la production de certaines cultures, comme l'illustre le cas des tomates de plein champ en Californie (Greenleaf et Kremen, 2006). Il a récemment été démontré que l'augmentation de la diversité des pollinisateurs dans leur ensemble en vue d'encourager, par exemple, la présence d'abeilles sauvages et domestiques, favorise une bonne pollinisation et la production de fruits dans les amanderaies (Brittain et al, 2013b). Le même phénomène a été constaté dans les mangueraies, où les manguiers sont bien plus productifs sur les parcelles bordées de fleurs sauvages. La hausse de la production dans ces mangueraies a également bénéficié de la proximité d'espaces naturels et d'une utilisation restreinte des pesticides (Carvalho et al, 2012). L'association de parcelles de fleurs endémiques à des espaces d'habitats naturels au sein des régions agricoles favorise donc la présence des abeilles sauvages dans les zones productives ainsi que la pollinisation et les rendements, tout en évitant la destruction des habitats naturels par des pratiques agricoles nuisibles.

6- « L'agriculture biologique est un secteur de l'agriculture européenne ayant bénéficié d'une croissance constante au cours des dernières années. » http://ec.europa.eu/agriculture/organic/home_fr

Le rôle des insectes pollinisateurs sauvages, essentiellement des espèces d'abeilles mais aussi certaines mouches, papillons et coléoptères, prend de plus en plus d'importance dans la pollinisation des paysages agricoles. Une analyse menée très récemment à l'échelle mondiale a montré que, sur les parcelles où la diversité et l'abondance d'insectes sauvages étaient moindres, les cultures étaient moins productives, indépendamment de l'abondance d'abeilles domestiques dans les environs (Garibaldi et al, 2013). Cette étude illustre l'importance que revêt la protection des pollinisateurs sauvages, non seulement en vue de préserver la biodiversité, mais également pour leur fonction essentielle dans la production alimentaire. Si les abeilles domestiques sont indispensables, elles ne peuvent remplacer les insectes sauvages, dont la diversité aux alentours des cultures est garante d'une pollinisation efficace (Garibaldi et al, 2013).

D'après une autre étude, les cerisiers sont pollinisés de manière plus efficace, et sont donc plus productifs, lorsqu'ils sont butinés par des abeilles sauvages que par des abeilles domestiques (Holzschuh et al, 2012). L'abondance et la diversité des abeilles sauvages dépendent de la présence d'habitats naturels à proximité de la cerisaie. L'impact des habitats naturels et de la présence d'abeilles sauvages sur le rendement des arbres fruitiers est en effet considérable : « Une augmentation comprise entre 20 et 50 % d'habitats très diversifiés pour les abeilles dans les alentours améliore de 15 % la nouaison. » Les auteurs en tirent la conclusion suivante : « Pour s'assurer une bonne pollinisation et des rendements élevés, les agriculteurs doivent protéger les habitats semi-naturels dans leur paysage agricole » (Holzschuh et al, 2012).

Il a par ailleurs été démontré que certains pollinisateurs tels que les bourdons parcouraient de longues distances pour butiner des parcelles aux fleurs plus variées (Jha et Kremen, 2013). Ce constat indique en outre que des mesures pour promouvoir une riche diversité d'espèces de fleurs, dans les paysages naturels et aménagés, pourraient amplifier les effets bénéfiques de la pollinisation sauvage. C'est une formidable opportunité d'amener les agriculteurs, les responsables de l'aménagement du territoire et même les habitants des villes à participer à des actions promouvant à la fois la protection de la biodiversité et les services de pollinisation (Jha et Kremen, 2013).

« L'intégration de terres non aménagées dans les zones agricoles peut répondre à certains problèmes de conservation et protéger les services écosystémiques pour un coût financier relativement faible. »

– Lautenbach et al, 2012

Une agriculture riche en biodiversité et sans produits agrochimiques : les systèmes agricoles écologiques, biologiques et durables

Des essais réalisés sur des cultures de colza ont démontré que sur les parcelles où la diversité et l'abondance de pollinisateurs étaient supérieures, la pollinisation des cultures était plus importante, ce qui augmentait en retour la production de fruits et de graines. Une meilleure pollinisation a permis une augmentation du rendement et de la valeur marchande du colza (Bommarco et al, 2012).

Il a été démontré à maintes reprises que le fait de concilier l'agriculture et la conservation d'une biodiversité riche, sans recourir aux pesticides ou aux engrais chimiques comme c'est le cas en agriculture biologique ou écologique, favorise l'abondance et la diversité des pollinisateurs. Ces pratiques facilitent également la pollinisation des cultures, et donc les rendements potentiels (Morandin et Winston, 2005 ; Andersson et al, 2012). Cependant, les études concernant les effets bénéfiques des systèmes d'agriculture biologique ou sans intrants chimiques sur la santé des pollinisateurs restent marginales à ce jour. Qui plus est, ces méthodes alternatives, qui représentent des outils potentiellement très efficaces pour protéger et favoriser les populations d'abeilles, sont rarement envisagées comme telles.

Une autre étude récemment menée en Suède a par ailleurs clairement mis au jour les effets bénéfiques de l'agriculture biologique sur les cultures de fraises. Les fruits biologiques ont été butinés par davantage de pollinisateurs et leur pollinisation a été plus efficace que celle des fraises issues de l'agriculture conventionnelle. Cette différence a été rapidement notable après la conversion des parcelles à l'agriculture biologique. Les auteurs en ont conclu que l'agriculture biologique est bénéfique à la pollinisation des cultures, à la fois en termes de quantité et de qualité de la production (Andersson et al, 2012).

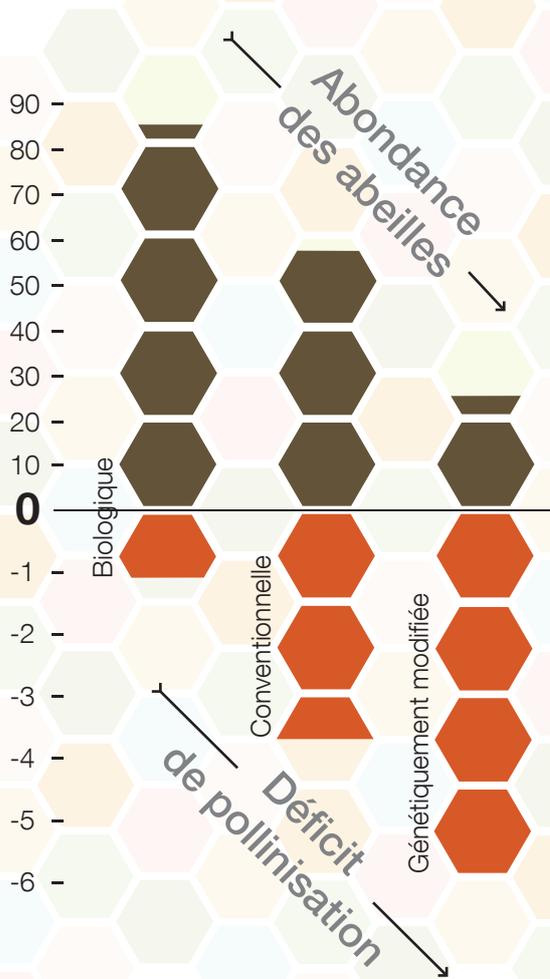


Figure 2. Abondance des abeilles et déficit de pollinisation (moyenne ± écart type) pour chaque type de parcelle (nombre de parcelles par traitement = 4). Le décompte des abeilles (diagramme supérieur) et le niveau de déficit de pollinisation (diagramme inférieur) ont révélé des différences significatives entre les trois différents types de parcelles.

Figure reproduite avec l'autorisation de Morandin LA & Winston ML (2005). « Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic, and Genetically Modified Canola. » Ecological Applications 15(3) : 871-881.

En outre, ces pratiques écologiques peuvent favoriser à la fois la diversité et l'abondance des pollinisateurs, en particulier dans les exploitations agricoles aux méthodes plus intensives (Batáry et al, 2011 ; Holzschuh et al, 2008), ce qui peut se traduire par une optimisation du potentiel de rendement des cultures (Kremen et Miles, 2012). Une comparaison de l'abondance des abeilles sauvages effectuée entre des exploitations canadiennes de colza canola biologique, conventionnel, et génétiquement modifié pour résister à un herbicide a montré que les champs de canola biologique abritaient le plus grand nombre d'abeilles et le déficit de pollinisation le plus faible (qui s'explique par l'augmentation de la production de grains par fruit grâce à une pollinisation accrue) par rapport aux cultures conventionnelles et génétiquement modifiées (voir figure 2) (Morandin et Winston, 2005). Les parcelles conventionnelles figuraient en deuxième position en termes d'abondance d'abeilles et de déficit de pollinisation, tandis que le canola génétiquement modifié et résistant à un herbicide affichait le plus faible nombre d'abeilles et le déficit de pollinisation le plus élevé. Si les raisons expliquant un tel déficit de pollinisation chez le canola génétiquement modifié demeurent incertaines, il semble plausible qu'une application de l'herbicide glyphosate à forte concentration puisse nuire à la santé des pollinisateurs de façon directe, ou indirecte suite au déclin des ressources florales. Il se peut qu'« une variété génétiquement modifiée conçue pour améliorer les rendements par la gestion des adventices entraîne la réduction indésirable du nombre d'abeilles sur la parcelle », ce qui limite le rendement (Morandin et Winston, 2005).

Les avantages de l'agriculture biologique en termes de diversité et d'abondance des pollinisateurs peuvent aussi s'étendre aux parcelles voisines gérées par des pratiques agricoles conventionnelles. Dans les champs de blé allemands, l'agriculture biologique a augmenté la diversité des pollinisateurs de 60 % et leur abondance de 130 à 160 % par rapport aux pratiques conventionnelles (Holzschuh et al., 2008). En outre, l'augmentation de la surface des exploitations biologiques, qui est passée de 5 à 20 % de la surface agricole totale, a permis d'accroître la diversité et l'abondance des pollinisateurs de plus de 60 % sur les parcelles biologiques et conventionnelles (Holzschuh et al, 2008 ; Kremen et Miles, 2012).

En plus d'améliorer les services de pollinisation, les méthodes agricoles diversifiées, biologiques ou écologiques notamment, présentent de nombreux autres avantages : elles contribuent à lutter contre les adventices, les maladies et les insectes ravageurs (Kremen et Miles, 2012). Cependant, les projets de recherche visant à améliorer la gestion de ces modèles agricoles ont reçu beaucoup moins de subventions publiques que les techniques de l'agriculture conventionnelle. Ce manque de soutien est d'autant plus déplorable que les modèles agricoles écologiques et biologiques peuvent garantir une production alimentaire et des bénéfices à peu près équivalents à ceux de l'agriculture conventionnelle, tout en générant beaucoup moins d'impacts environnementaux et sociaux (Kremen et Miles, 2012 ; Davis et al, 2012). Les estimations avancées par Urs Niggli, directeur de l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL) en Suisse, sont édifiantes : d'après lui, sur les quelque 52 milliards de dollars alloués annuellement à la recherche agricole, moins de 0,4 % sont destinés aux études et aux évaluations des initiatives prises dans le domaine de l'agriculture biologique⁷.

Il est donc nécessaire d'investir davantage de fonds publics et privés dans la recherche et le développement des pratiques agricoles écologiques, qui représentent le meilleur moyen de tirer le plus grand parti des services écologiques et d'optimiser la production alimentaire et la protection de l'environnement, tout en contribuant à promouvoir un développement économique et social durable (IAASTD, 2009).

7 « Network to push scientific case for organic farming », SciDev Net, 22 février 2013. <http://www.scidev.net/en/agriculture-and-environment/farming-practices/news/network-to-push-scientific-case-for-organicfarming.html>





Conclusions et recommandations

Actions nécessaires pour protéger la santé des abeilles et des autres pollinisateurs

« Dans une grande partie du monde, la pollinisation représente une valeur si importante qu'elle modifierait en profondeur, si elle était prise en compte, les stratégies de conservation et les décisions d'affectation des sols. Tenir compte de cette valeur pourrait par exemple se traduire par des projets menés avec des agriculteurs pour fournir aux pollinisateurs un habitat durable, ou encore par une incitation à restaurer et à protéger les populations de pollinisateurs dans le monde entier. »

– Lautenbach et al, 2012

Les politiques européennes en matière d'agriculture, et en premier lieu la Politique agricole commune (PAC), doivent tenir compte des données scientifiques actuelles qui démontrent à la fois les bénéfices apportés par les populations d'abeilles domestiques et de pollinisateurs sauvages, et les menaces qui pèsent sur eux. Il est urgent d'agir pour protéger le service écosystémique vital qu'est la pollinisation. Les outils déjà existants pour la protection des pollinisateurs, mis en lumière dans ce rapport, doivent être intégrés aux politiques agricoles pour encourager les pratiques agricoles favorables aux abeilles.

De plus, une réglementation stricte de l'utilisation des substances potentiellement dangereuses pour les abeilles doit être adoptée au niveau de l'Union européenne, conformément au principe de précaution et en se fondant sur les preuves scientifiques actuelles concernant la vulnérabilité des abeilles domestiques et les agressions qu'elles subissent. Ces mesures de précaution doivent être étendues aux autres pollinisateurs sauvages afin de préserver le rôle essentiel qu'ils jouent dans le maintien des services de pollinisation, aujourd'hui et demain.

Recommandations

Les abeilles domestiques et les pollinisateurs sauvages jouent un rôle clé dans l'agriculture et la production alimentaire. Pourtant, notre modèle agricole actuel, basé sur une utilisation intensive de produits chimiques, met ces insectes en péril, compromettant ainsi l'approvisionnement alimentaire européen. Des données scientifiques indiscutables, rassemblées dans ce rapport, montrent que les néonicotinoïdes et d'autres pesticides contribuent considérablement au déclin des abeilles. Par conséquent, les dirigeants politiques européens doivent :

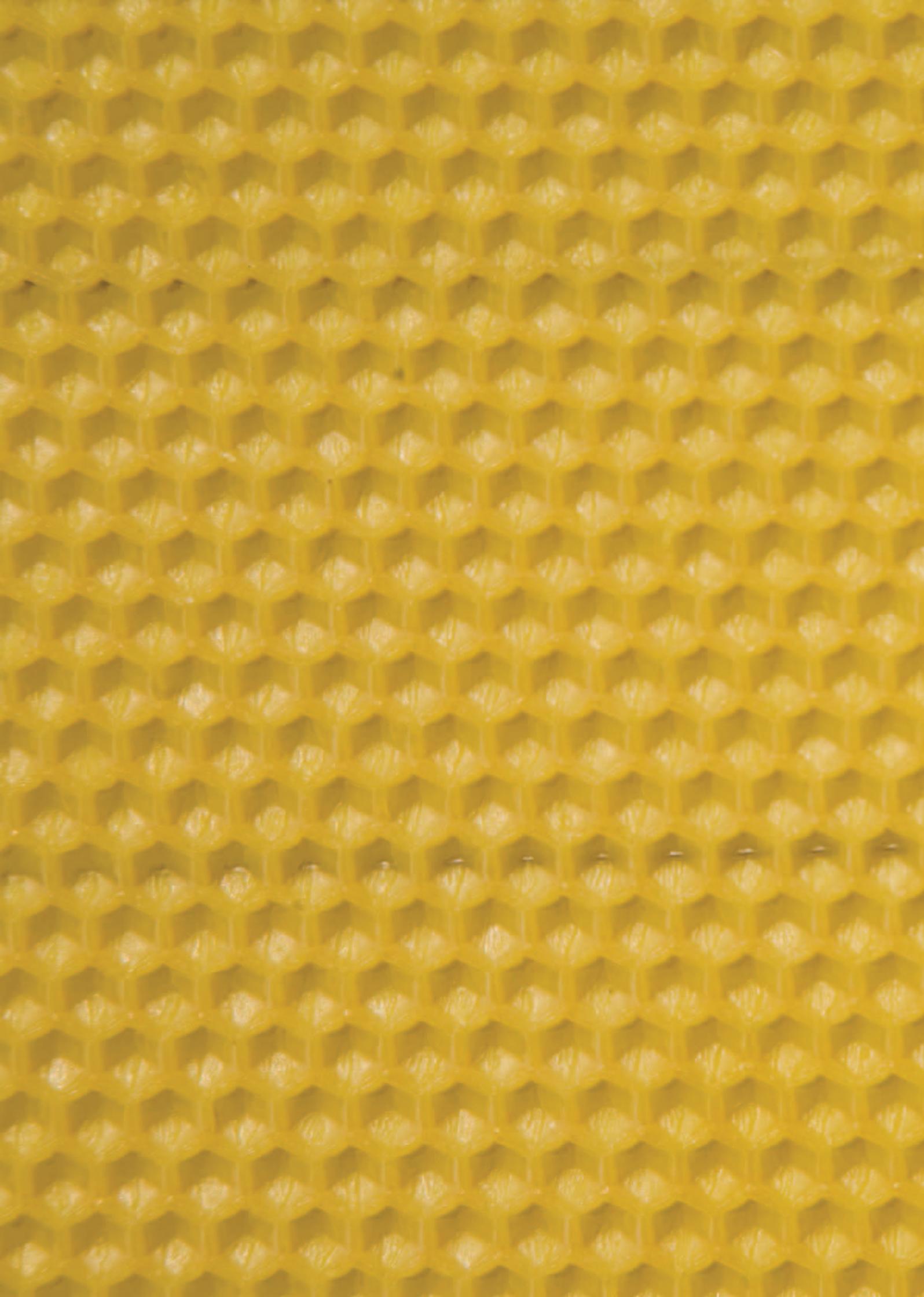
- 1. Interdire l'utilisation des pesticides nocifs pour les abeilles**, en commençant par les substances les plus dangereuses actuellement autorisées en Europe, c'est-à-dire les sept pesticides identifiés par Greenpeace : l'imidaclopride, le thiaméthoxame, la clothianidine, le fipronil, le chlorpyrifos, la cyperméthrine et la deltaméthrine.
- 2. Soutenir et promouvoir les pratiques agricoles qui favorisent les services de pollinisation au sein des systèmes agricoles**, en mettant en place des programmes d'action à l'échelle nationale (par exemple : établissement de surfaces d'intérêt écologiques dans les exploitations, adoption de systèmes de rotation des cultures et de méthodes agricoles biologiques).
- 3. Améliorer la conservation des habitats naturels et semi-naturels au sein et autour des paysages agricoles, et renforcer la biodiversité sur les exploitations.**
- 4. Augmenter les crédits en faveur de la recherche, du développement et de l'application de pratiques agricoles écologiques** pour que nous abandonnions les méthodes chimiques de contrôle des parasites au profit de pratiques basées sur la biodiversité, qui renforcent la santé des écosystèmes. Les responsables politiques européens doivent veiller à ce que davantage de subventions soient accordées à la recherche sur des alternatives agricoles écologiques dans le cadre de la PAC (sous la forme des « paiements directs ») et du programme de recherche européen Horizon 2020.

Références

- AEE (Agence européenne pour l'environnement) (2013).** Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. <http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>.
- Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA & Klein AM (2009).** How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103: 1579-1588.
- Aizen MA & Harder LD (2009).** The Global Stock of Domesticated Honey Bees is Growing Slower than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19: 915-918.
- Alaux C, Brunet J-L, Dussaubat C, Mondet F, Tchamitchan S, Cousin M, Brillard J, Baldy A, Belzunces LP & Le Conte Y (2010).** Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12: 774-782.
- Aliouane Y, el Hassani AK, Gary V, Armengaud C, Lambin M & Gauthier M (2009).** Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: Effects on behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28: 113-122.
- Andersson GKS, Rundlof M & Smith HG (2012).** Organic Farming Improves Pollination Success in Strawberries. *PLoS ONE*, 7: e31599.
- APENET (2011).** Effects of coated maize seed on honey bees. Report based on results obtained from the third year (2011) activity of the APENET project.
- Batáry P, Báldi A, Kleijn D & Tschamtké T (2011).** Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278: 1894-1902.
- Bendahou N, Fleche C et Bounias M (1999).** Biological and Biochemical Effects of Chronic Exposure to Very Low Levels of Dietary Cypermethrin (Cymbush) on Honeybee Colonies (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 44: 147-153.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, 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.
- Bommarco R, Marini L & Vaissière B (2012).** Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169: 1025-1032.
- Brittain C, Kremen C & Klein A-M (2013a).** Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology*, 19: 540-547.
- Brittain, C. & Potts, S. G. 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.
- Brittain C, Williams N, Kremen C & Klein A-M (2013b).** Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280.
- Brown MF & Paxton R (2009).** The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40: 410-416.
- 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*, 108: 662-667.
- Carrasco-Letelier L, Mendoza-Spina Y & Branchiccela MB (2012).** Acute contact toxicity test of insecticides (Cipermetrina 25, Lorsban 48E, Thionex 35) on honeybees in the southwestern zone of Uruguay. *Chemosphere* 88 (4): 439-444 doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.02.062
- Carvalho LG, Seymour CL, Nicolson SW & Veldtman R (2012).** Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: mango as a case study. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1373-1383.
- Carvell, C., Meek, W., Pywell, R. & Nowakowski, M. 2004.** The response of foraging bumblebees to successional change in newly created arable field margins. *Biological Conservation*, 118: 327-339.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & van den Belt, M. 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Dai P-L, Wang Q, Sun J-H, Liu F, Wang X, Wu Y-Y et Zhou T (2010).** Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera* ligustica. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29: 644-649.
- Davis AS, Hill JD, Chase CA, Johanns AM & Liebman M (2012).** Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health. *PLoS ONE*, 7: e47149.
- Decourtye A, Armengaud C, Renou M, Devillers J, Cluzeau S, Gauthier M & Pham-Delegue MH (2004).** Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78: 83-92.
- Decourtye A, Devillers J, Genecque E, Le Menach K, Budzinski H, Cluzeau S & Pham-Delegue MH (2005).** Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 242-250.
- Decourtye A, Lacassie E & Pham-Delegue MH (2003).** Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L.) are differentially affected by imidacloprid according to the season. *Pest Management Science*, 59: 269-278.
- Desneux N, Decourtye A & Delpuech J-M (2007).** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.
- Easton AH & Goulson D (2013).** The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Repels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. *PLoS ONE*, 8: e54819.
- El Hassani AK, Dacher M, Gauthier M & Armengaud C (2005).** Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 82: 30-39.
- Ellis MD (2010).** Managed pollinator CAP coordinated agricultural project: Pesticides applied to crops and honey bee toxicity. *American Bee Journal*, 150: 485-486.
- Foley, JA., Monfreda, C., Ramankutty, N. & Zaks, D. 2007.** Our share of the planetary pie. *PNAS*, 104: 12585-12586
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstrom J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D & Zaks DPM (2011).** Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Gallai N, Salles J-M, Settele J & Vaissiae BE (2009).** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68: 810-821.
- Garibaldi LA, Aizen MA, Klein AM, Cunningham SA & Harder LD (2011).** Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 5909-5914.

- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalho LsG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka K, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Petersen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlof M, Seymour CL, Schüep C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tschardtke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N & Klein AM (2013).** Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, publié en ligne le 28 février 2013..
- Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Bachler R, Berg S, Ritter W, Mohlen 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.
- Gill RJ, Ramos-Rodriguez O & Raine, NE (2012).** Combined pesticide exposure severely affects individual –and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105-108 doi:10.1038/nature11585
- Girolami V, Mazzon L, Squartini A, Mori N, Marzaro M, Bernardo AD, Greatti M, Giorio C & Tapparo A (2009).** Translocation of Neonicotinoid Insecticides from Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *Journal of Economic Entomology*, 102: 1808-1815.
- Greenleaf SS & Kremen C (2006).** Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133: 81-87.
- Hatjina F, Papaefthimiou C, Charistos L, Dogaroglu T, Bouga M, Emmanouil C & Arnold G (2013).** Sublethal doses of imidacloprid decreased size of hypopharyngeal glands and respiratory rhythm of honeybees in vivo. *Apidologie* DOI: 10.1007/s13592-013-0199-4
- Henry MI, Beguin 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* 1215039 Published online 29 March 2012 [DOI:10.1126/science.1215039].
- Higes M, Meana A, Bartolomé C, Botías C & Martín-Hernández R (2013).** *Nosema ceranae* (Microsporidia), a controversial 21st century honey bee pathogen. *Environmental Microbiology Reports*, 5: 17-29.
- Holzschuh A, Dudenhöffer J-H & Tschardtke T (2012).** Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation*, 153: 101-107.
- Holzschuh A, Steffan-Dewenter I & Tschardtke T (2008).** Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos*, 117: 354-361.
- IAASTD (2009).** International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development. Island Press. <http://www.agassessment.org>.
- Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J. T. & Roe, R. M. 2004.** Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection*, 23: 371-378.
- Jeschke P, Nauen R, Schindler M & Elbert A (2010).** Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 2897-2908.
- Jha S & Kremen C (2013).** Resource diversity and landscape-level homogeneity drive native bee foraging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110: 555-558.
- Kevan, P.G. & Plowright, R.C. (1989).** Fenitrothion and insect pollinators. In: *Environmental Effects of Fenitrothion Use in Forestry: Impacts on Insect Pollinators, Songbirds, and Aquatic Organisms* (ed. Environment Canada, Conservation and Protection). Environment Canada, Conservation and Protection, Dartmouth, pp. 13–42.
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. & Tschardtke, T. 2007.** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274: 303-313.
- Kremen C & Miles A (2012).** Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society*, 17.
- Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Packer L, Potts SG, Roulston Ta, Steffan-Dewenter I, Vazquez DP, Winfree R, Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein A-M, Regetz J & Ricketts TH (2007).** Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10: 299-314.
- Lambin M, Armengaud C, Raymond S & Gauthier M (2001).** Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 48: 129-134.
- Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J & Dormann CF (2012).** Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *PLoS ONE*, 7: e35954.
- Lebuhn G, Droege S, Connor EF, Gemmill-Herren B, Potts SG, Minckley RL, Griswold T, Jean R, Kula E, Roubik DW, Cane J, Wright KW, Frankie G & Parker F (2013).** Detecting Insect Pollinator Declines on Regional and Global Scales. *Conservation Biology*, 27: 113-120.
- Medrzycki P, Montanari R, Bortolotti L, Sabatini AG, Maini S & Porrini C (2003).** Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56: 59-62.
- Memmott J, Craze PG, Waser NM & Price MV (2007).** Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10: 710-717.
- Morandin LA & Winston ML (2005).** Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic, and Genetically Modified Canola. *Ecological Applications*, 15: 871-881.
- Morandin LA & Winston ML (2006).** Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116: 289-292.
- Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R & Pettis JS (2010).** High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE*, 5: e9754.
- National Research Council of the National Academies (2006).** Status of Pollinators in North America. National Academy Press, Washington, DC.
- Nørgaard KB & Cedergreen N (2010).** Pesticide cocktails can interact synergistically on aquatic crustaceans. *Environmental Science and Pollution Research*, 17: 957-967.
- Oliveira RA, Roat TC, Carvalho SM & Malaspina O (2013).** Side-effects of thiamethoxam on the brain and midgut of the africanized honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Toxicology*, en cours d'impression.

- Ollerton J, Winfree R & Tarrant S (2011)**. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321-326.
- Orantes-Bermejo FJ, Gómez-Pajuelo A, Megías-Megías M & Torres Fernández-Piñar C (2010)**. Pesticide residues in beeswax and beebread samples collected from honey bee colonies (*Apis mellifera* L) in Spain. Possible implications for bee losses. *Journal of Apicultural Research*, 49: 243-250.
- Pettis J, van Engelsdorp D, Johnson J et Dively G (2012)**. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Naturwissenschaften*, 99: 153-158.
- PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) (2010)**. UNEP Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators.
- 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: 345-353.
- Potts SG, Petanidou T, Roberts S, O'Toole C, Hulbert A & Willmer P (2006)**. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 129: 519-529.
- Ramirez-Romero R, Chaufaux J & Pham-Delègue M-H (2005)**. Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. *Apidologie*, 36: 601-611.
- Rockstrom J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin FS, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sorlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P & Foley JA (2009)**. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.
- Schneider CW, Tautz J, Grünewald B & Fuchs S (2012)**. RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behaviour of *Apis mellifera*. *PLoS ONE* 7(1): e30023. doi:10.1371/journal.pone.0030023.
- Škerl MIS, Bolta ŠV, esnik HB & Gregorc A (2009)**. Residues of Pesticides in Honeybee (*Apis mellifera carnica*) Bee Bread and in Pollen Loads from Treated Apple Orchards. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83: 374-377.
- Sparks TH, Langowska A, Głazaczow A, Wilkaniec Z, Bienkowska M & Tryjanowski P (2010)**. Advances in the timing of spring cleaning by the honeybee *Apis mellifera* in Poland. *Ecological Entomology*, 35: 788-791.
- Spivak M, Mader E, Vaughan M & Euliss NH (2010)**. The Plight of the Bees. *Environmental Science & Technology*, 45: 34-38.
- Suchail S, Guez D & Belzunces LP (2001)**. Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 2482-2486.
- Tang, J., Wice, J., Thomas, V.G. & Kevan, P.G. (2007)**. Assessment of the capacity of Canadian federal and provincial legislation to conserve native and managed pollinators. In: *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 3 (1): 46-55
- Thompson HM (2012)**. Interaction between pesticides and other factors in effects on bees. EFSA Supporting Publications 2012:EN-340. [204 pp.]. Disponible sur : <http://www.efsa.europa.eu/publications>.
- Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger WH, Simberloff D & Swackhamer D (2001)**. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science*, 292: 281-284.
- Tomé HVV, Martins GF, Lima MAP, Campos LAO, Guedes RNC (2012)**. Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *PLoS ONE* 7(6): e38406. doi:10.1371/journal.pone.0038406
- Vandame R, Meled M, Colin ME & Belzunces LP (1995)**. Alteration of the homing-flight in the honey-bee *Apis mellifera* L exposed to sublethal dose of deltamethrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14: 855-860.
- Vidau C, Diogon M, Aufauvre J, Fontbonne R, Vigues 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.
- Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL & Goulson D (2012)**. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science* 1215025 Published online 29 March 2012 [DOI:10.1126/science.1215025].
- Williams GR, Tarpy DR, van Engelsdorp D, Chauzat M-P, Cox-Foster DL, Delaplane KS, Neumann P, Pettis JS, Rogers REL & Shuttler D (2010)**. Colony Collapse Disorder in context. *BioEssays*, 32: 845-846.
- Williams P & Osborne J (2009)**. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*, 40: 367-387.
- Williamson SA & Wright GA (2013)**. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *Journal of Experimental Biology* doi:10.1242/jeb.083931
- Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, LeBuhn G & Aizen MA (2009)**. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90: 2068-2076.
- Wu JY, Smart MD, Anelli CM & Sheppard WS (2012)**. Honey bees (*Apis mellifera*) reared in brood combs containing high levels of pesticide residues exhibit increased susceptibility to *Nosema* (Microsporidia) infection. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109: 326-329.
- Yang EC, Chuang YC, Chen YL & Chang LH (2008)**. Abnormal Foraging Behavior Induced by Sublethal Dosage of Imidacloprid in the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 101: 1743-1748.





Greenpeace est une organisation indépendante des États, des pouvoirs politiques et économiques. Elle agit selon les principes de non-violence et de solidarité internationale, en réponse à des problématiques environnementales globales. Son but est de dénoncer les atteintes à l'environnement et d'apporter des solutions qui contribuent à la protection de la planète et à la promotion de la paix. En 40 ans, Greenpeace a obtenu des avancées majeures et pérennes. Elle est soutenue par trois millions d'adhérents à travers le monde, dont 150 000 en France.

Greenpeace International

Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
Pays-Bas