

Le déclin des abeilles, un casse-tête pour la recherche

Parmi 20 000 espèces d'abeilles présentes dans le monde, *Apis mellifera* est la plus répandue et celle que l'on connaît le mieux. Mais, comme ses cousines sauvages, elle est menacée de déclin. Evaluer ce phénomène, en comprendre les causes s'apparente à un vrai casse-tête pour la recherche et un enjeu pour nos sociétés dont l'alimentation dépend pour une bonne partie de la pollinisation des plantes à fleurs.

Dossier rédigé par
Pascale Mollier, Magali Sarazin
et Isabelle Savini
Responsables scientifiques :
Bernard Vaïssière, Luc Belzunces
et Yves Le Conte, unité mixte de recherche
Inra-Université d'Avignon
« Abeilles et environnement »

INRA

1 Les abeilles, super-pollinisatrices...

Les abeilles sauvages et domestiques contribuent à la pollinisation de 80% des espèces de plantes à fleurs.

Ce sont des pollinisatrices hors pair en raison, tout d'abord, de leur morphologie, car toutes les abeilles ont des poils branchus sur le corps, et c'est d'ailleurs ce qui les différencie des guêpes. Ces poils leur permettent de transporter des quantités considérables de pollen dans leur toison et ce pollen conserve longtemps sa viabilité. En raison ensuite de leur régime alimentaire, exclusivement constitué de nectar, leur source de sucre, et de pollen, leur source de protéines, lipides, vitamines et éléments minéraux. En raison enfin de leur comportement de butinage car une abeille visite prioritairement une seule espèce végétale lors d'un voyage, ce qui améliore considérablement l'efficacité du transport du pollen. Ainsi, le dépôt sur les stigmates de pollen à la fois abondant et d'origines variées offre un plus grand choix de gamètes mâles lors de la fécondation et favorise l'évolution des plantes.

« IDENTIFIER les espèces nécessite de constituer des collections. », Bernard Vaissière. Il y a 1 000 espèces d'abeilles en France dont 1 espèce domestique.

Parmi les abeilles, les meilleures pollinisatrices sont les abeilles sauvages à langue longue, caractéristique qui facilite leur accès au nectar et qui conditionne en partie leur préférence pour certaines fleurs. La plupart de ces abeilles sauvages sont des espèces solitaires dont les populations sont très variables, ainsi l'avantage numérique revient à leurs cousins domestiques qui vivent en colonies. Pour une seule ruche, on peut en effet compter 60 000 individus dont en moyenne un tiers de butineuses qui visitent chaque jour des centaines de fleurs. De plus, celles-ci butinent non seulement pour leurs propres besoins mais pour la colonie entière, sur un rayon d'action qui atteint dix à douze kilomètres.

Etudier l'ensemble des pollinisateurs

« Les scientifiques s'intéressent à l'ensemble de la faune pollinisatrice, dans sa diversité », explique Bernard

Vaissière, spécialiste de la pollinisation des cultures au sein du laboratoire Abeilles et environnement de l'Inra. « Nos études portent sur les abeilles en général, pas seulement sur les abeilles domestiques. Il existe en effet 1000 espèces d'abeilles sauvages en France, qui toutes interviennent dans la pollinisation et interagissent entre elles. Il peut y avoir complémentarité entre différents groupes de pollinisateurs plus ou moins généralistes, leurs comportements de butinage peuvent changer en fonction des situations de cohabitation, des relations de substitution peuvent aussi se créer. C'est cet ensemble qu'il faut étudier ! »

En effet, la cohabitation de plusieurs espèces de pollinisateurs, par exemple abeilles sauvages et abeilles domestiques, peut se traduire par une pollinisation plus efficace. Cela s'explique par une complémentarité entre leurs comportements de butinage et par la compétition qui stimule la mobilité des individus entre les plantes. Dans le cas de la production de semence hybride de tournesols, la présence d'abeilles sauvages améliore ainsi jusqu'à cinq fois l'efficacité pollinisatrice des abeilles domestiques.

A l'exception de certaines relations exclusives, la majorité des pollinisateurs visitent plusieurs espèces végétales. Et réciproquement, une espèce de plante est généralement pollinisée par plusieurs espèces de pollinisateurs. Mais dans certaines régions, il ne reste pratiquement plus du tout d'abeilles domestiques et l'on ne sait que très peu de choses sur l'évolution des populations d'abeilles sauvages.

Moins d'abeilles sauvages, moins de diversité florale

Connaître l'état des populations naturelles d'insectes pollinisateurs, véritable gageure, est l'un des défis



© Inra / Christophe Maitre



© Inra / Serge Carre



© Inra / Christophe Maitre

d'Alarm, programme de recherches mené de 2004 à 2009 pour évaluer les risques encourus par la biodiversité terrestre et aquatique en Europe (www.alarmproject.net). « C'est le premier programme européen à prendre en compte les pollinisateurs » souligne Bernard Vaissière, partenaire du projet.

Dans ce cadre, des scientifiques anglais et hollandais ont réussi à agréger les premiers indicateurs chiffrés fiables, en s'appuyant sur une longue tradition d'inventaires historiques de l'entomofaune, un suivi sur les trente dernières années et un réseau de citoyens qui participent aux observations (plus d'un million de données ont ainsi été collectées et examinées). Ils se sont intéressés aux populations d'abeilles sauvages solitaires et de syrphes, mouches qui ressemblent à des abeilles ou à des guêpes et qui peuvent avoir une activité pollinisatrice importante en particulier sous les faibles latitudes. Ce travail, publié dans *Science* en 2006, a mis en évidence un déclin à la fois de l'abondance et de la diversité des abeilles sauvages depuis 1980 dans 67 % des zones répertoriées au Royaume-Uni, ainsi que le déclin des plantes associées à ces pollinisateurs. Pour les syrphes, aucune tendance ne se dessine vraiment pour le Royaume-Uni, tandis qu'aux Pays-Bas, leur diversité progresse dans 34 % des zones étudiées. Les auteurs notent aussi dans ces deux pays une diminution de la quantité et de la diversité



© Sabine Geisler

UNE ABEILLE TRANSPORTE sur une seule de ses pattes postérieures 500 000 grains de pollen.

des plantes pollinisées par les abeilles alors que ce n'est pas le cas pour les plantes pollinisées autrement. Sans toutefois parler de crise de pollinisa-

tion, les auteurs attribuent ces changements à l'artificialisation des paysages aux Pays-Bas et au Royaume-Uni. Un rapport américain paru en 2007 et émanant du *National Research Council* de l'Académie des Sciences sur le statut des pollinisateurs en Amérique du Nord (Canada, États-Unis, et Mexique) constate aussi le déclin des abeilles sauvages, sans toutefois le chiffrer.

Comme leurs choix floraux sont plus marqués et leur période d'activité limitée pour la plupart à quelques semaines, les abeilles sauvages, qui sont solitaires à plus de 80 %, sont les plus menacées, en particulier sous la pression de l'agriculture moderne : les haies qui abritent leurs habitats disparaissent, la monoculture, tout comme la fauche précoce et répétée des prairies et des bords de route et de champs entraînent la raréfaction des fleurs qui les alimentent.

Même si l'on manque cruellement de données sur le long terme et

La pollinisation

La pollinisation est le transport du pollen depuis les anthères, éléments de l'appareil reproducteur mâle, qui le produisent, jusqu'à la partie femelle, le stigmate, de la même fleur ou d'une autre fleur de la même plante ou d'une autre plante (pollinisation croisée). La pollinisation par les insectes, dénommée entomophile, est indispensable à la fécondation d'une majorité d'espèces de plantes à fleurs que l'on cultive pour leur graine (colza, tournesol, sarrasin), leur fruit (pomme, poire, kiwi, melon), leur racine ou leur bulbe (carotte, radis, oignon), leur

feuillage (chou, salade)... Environ 225 000 espèces de plantes à fleurs sont pollinisées par 200 000 espèces d'animaux parmi lesquelles en premier lieu des insectes, de l'ordre des hyménoptères (abeilles et guêpes principalement), des diptères (mouches syrphes en particulier), des lépidoptères (papillons) ou des coléoptères (charançons), et aussi en milieu tropical, des oiseaux et des chauves-souris. Le vent est le vecteur principal pour 10 % des plantes à fleurs dont la plupart des céréales (riz, maïs, orge, seigle).

➤ d'approches expérimentales à grande échelle, les scientifiques s'accordent à constater la diminution des pollinisateurs sauvages dans le monde et redoutent la disparition en cascade de la flore et de la faune associées ; les conséquences sur les écosystèmes naturels restent encore plus difficiles à évaluer que sur les écosystèmes agricoles.

La pollinisation, une activité à part entière pour l'apiculture

Le rôle des abeilles dans la pollinisation n'a été découvert qu'au XVIII^e siècle. Et la pratique de la pollinisation des cultures par l'introduction de colonies d'abeilles domestiques aux abords des parcelles ne date que d'un siècle ; elle n'a longtemps été considérée que comme une activité annexe de l'apiculture, traditionnellement orientée vers la récolte de miel et d'autres produits de la ruche comme la gelée royale, ou la cire. La situation a beaucoup évolué ces vingt dernières années, et de nombreux apiculteurs, aux Etats-Unis comme en France, tirent maintenant de la pollinisation des cultures une partie de leurs revenus. On élève aussi aujourd'hui des

milliers de colonies de bourdons terrestres (*Bombus terrestris*) pour la pollinisation des cultures sous serre, les tomates en particulier.

Une pollinisation plus efficace et de meilleurs fruits

Dès 1858, Charles Darwin montrait chez plusieurs espèces de légumineuses que les fleurs recouvertes d'un filet pour empêcher la visite des abeilles donnaient moins de graines que les fleurs laissées en pollinisation libre. Actuellement, l'équipe Pollinisation et écologie des abeilles de l'Inra à Avignon a mis au point une méthode permettant de quantifier précisément la part relative des différents vecteurs : insectes, vent, autopolinisation passive (cf. photo). Les chercheurs ont enrichi leur dispositif d'un système de vidéosurveillance qui permet de mettre en relation la quantité de pollen déposé avec le type d'insectes et la durée et l'heure de leur visite.

Les chercheurs de l'Inra ont ainsi montré, dans le cas d'une production d'oignon porte-graines (c'est-à-dire cultivé pour obtenir des semences), que la pollinisation par les abeilles contribue pour 66 % des graines obtenues

alors que l'auto-pollinisation passive et le vent n'interviennent que pour 12 à 30 %. Au-delà du rendement, ils observent que la qualité germinative est améliorée de 10 % pour les graines issues des fleurs visitées par les abeilles par rapport à celles produites par les fleurs pollinisées sans intervention des insectes. Dès 1990, les chercheurs avaient constaté l'effet positif du nombre de grains de pollen déposés sur le stigmate sur les caractéristiques finales du melon, son poids à la récolte, sa forme, mais aussi la teneur en sucre et la qualité gustative de sa chair.

L'amélioration qualitative des fruits et des graines s'explique par une meilleure compétition pollinique lorsque le pollen est abondant et d'origine variée.

Valeur économique

Dans le cadre d'Alarm, les chercheurs ont également entrepris de chiffrer la valeur de l'activité pollinisatrice des insectes, essentiellement des abeilles, pour les principales cultures dont l'homme se nourrit dans le monde. En s'appuyant sur une revue bibliographique de la dépendance aux pollinisateurs des principales cultures alimentaires publiée en 2007 et sur les données FAO pour 2005, ils ont établi cette valeur à 153 milliards d'euros, soit 9,5 % de la valeur de la production agricole mondiale pour ces cultures. Les cultures qui dépendent des pollinisateurs assurent 35 %, en tonnes, de la production mondiale de nourriture, contre 60 % provenant de cultures qui n'en dépendent pas (principalement les céréales) et 5 % d'espèces pour lesquelles l'impact des pollinisateurs est encore inconnu.

L'étude a aussi mis en évidence que les cultures les plus dépendantes de la pollinisation par les insectes sont aussi celles qui ont la valeur économique la plus importante.

Cette étude reste une simulation théorique avec des limites, que les scientifiques cherchent à dépasser. Elle ne prend par exemple pas en compte l'impact sur la production de semences, très important pour de nombreuses cultures fourragères, légumières et horticoles, ni les effets sur la flore sauvage. Par ailleurs, les calculs simulent une disparition totale et non un déclin graduel, sans intégrer les réponses stratégiques que les producteurs adopteraient pour faire face à une telle disparition.

FILET
L'équipe
d'Avignon
a mis au point
une méthode
pour quantifier
l'autopolinisation,
la pollinisation par
le vent et celle
des insectes.



© Inra / Nicolas Morison

2 Causes possibles du déclin

Si le déclin des pollinisateurs touche autant les espèces sauvages que les abeilles domestiques (*Apis mellifera* L.), les causes de ce déclin ont été étudiées essentiellement chez ces dernières. D'après le consensus qui s'est dégagé ces dernières années, ce déclin seraient multifactoriel.

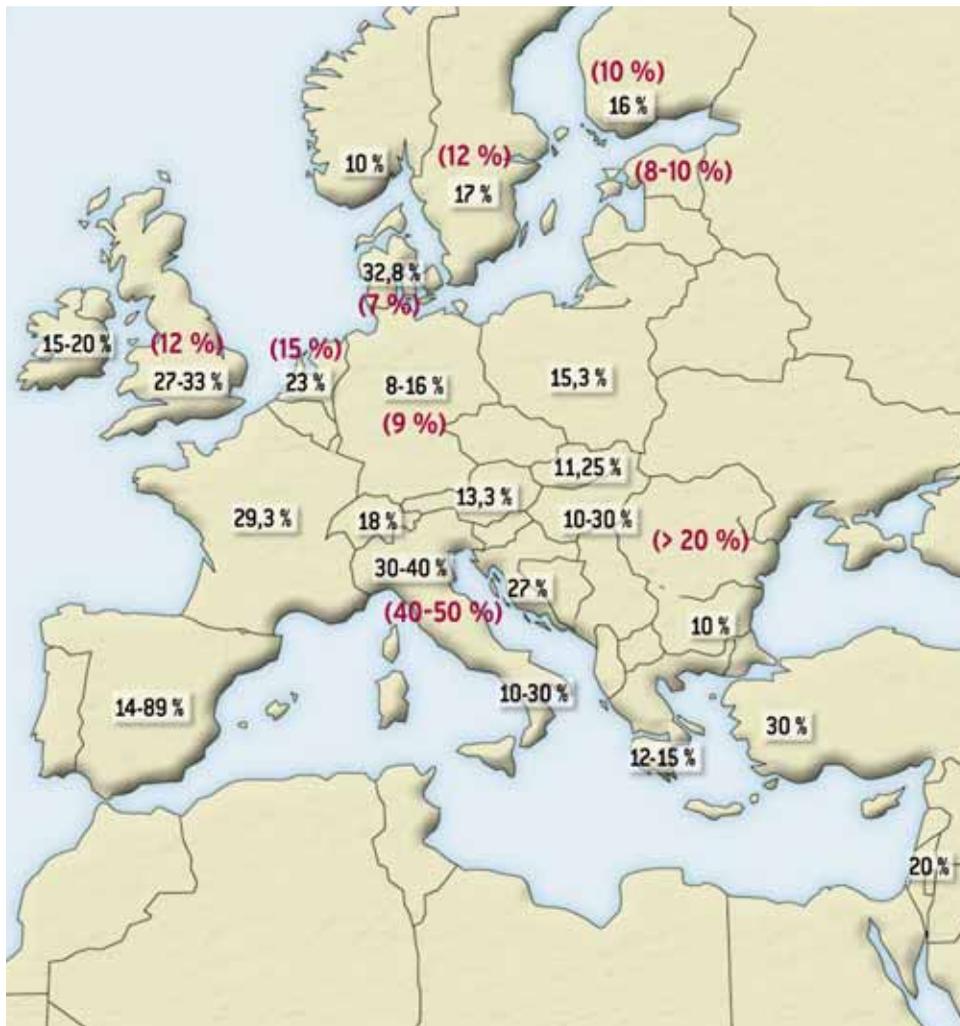
Les fléaux s'attaquant aux abeilles ne manquent pas : on dénombre une trentaine de parasites, pathogènes et prédateurs qui se déplacent de pays en pays. S'y ajoutent les conséquences néfastes de l'intensification de l'agriculture : pesticides, réduction des cultures nectarifères et pollinifères, etc. Cela signifie-t-il qu'il y a addition de plusieurs causes séparées ? Ces causes sont-elles distribuées de la même façon selon les pays ? Ou bien y a-t-il synergie entre plusieurs causes, les unes rendant les abeilles plus vulnérables aux autres ? Faut-il distinguer les causes selon que l'on a affaire à des mortalités d'hiver ou d'été,

des dépeuplements, affaiblissements, effondrements des populations de ruchers ? Force est de constater que les scientifiques ne font qu'amorcer des éléments d'explication.

Difficile chiffrage de la mortalité

Premièrement, mesurer le déclin des colonies d'abeilles reste malaisé. Des écrits décrivent des mortalités massives d'abeilles dès 950, 992 et 1443 en Irlande. L'Université de Pennsylvanie rapporte des disparitions de colonies à grande échelle en 1869 aux États-Unis, Mexique, Australie, France, Suède

et d'Allemagne. Ces écrits évoquent un syndrome d'effondrement qui fait écho à ce que les Américains nomment aujourd'hui le « *Colony collapse disorder* » ou CCD dans le jargon des spécialistes internationaux. Depuis 2006, ce syndrome d'effondrement des colonies décrit des mortalités inexplicables. La loque américaine (une bactérie) dans les années 1950, puis l'invasion par l'acarien *Varroa destructor* dans les années 1980, ont fait des ravages dans des pans entiers de l'apiculture. Saisir la nouveauté et l'ampleur du dépeuplement actuel nécessite de disposer de taux de mortalité fiables. Or, peu de pays possèdent des réseaux de surveillance organisés. En France notamment, les remontées d'informations du terrain font défaut pour apprécier précisément l'ampleur des mortalités. Peu d'apiculteurs déclarent officiellement les mortalités observées dans leurs ruchers d'autant que la déclaration annuelle obligatoire des ruches a été supprimée en 2005, par souci de simplification. Cette déclaration devrait cependant être rétablie. En 2007, le ministère de l'Agriculture via le Centre national du développement agricole (CNDA) a organisé une enquête sur l'ensemble du territoire. Une exploitation sur 5 en moyenne a été sondée, parmi près de 800 exploitations apicoles profes-



CARTE D'EUROPE DES MORTALITÉS.
En noir : taux de mortalité en 2007 et 2008, présentés au congrès scientifique de Zagreb en mars 2009 (source : carte issue de *Pour la Science* n° 379, mai 2009).
En rouge : taux de mortalité pour les années 2006 et 2007 obtenus par l'Efsa à la suite d'une enquête auprès des pays membres (source : *The Efsa Journal* 154, 1-28).

➤ sionnelles (comportant plus de 150 ruches). On aboutit à un chiffre moyen de pertes hivernales de colonies pour la France de 29 %. Les pertes sont plus élevées en Auvergne (38 %), Franche-Comté (45 %), Bourgogne (50 %) et Alsace (62 %). Cette enquête va être poursuivie sur plusieurs années dans le cadre d'un observatoire de la filière apicole. En Europe, seuls huit pays ont un réseau de surveillance épidémiologique et leurs résultats sont difficilement comparables en l'absence de définitions standardisées des phénomènes d'affaiblissement, effondrement ou mortalité. C'est pourquoi on dispose de chiffres variables selon les dispositifs d'évaluation (cf. p. V). Malgré les disparités, ces chiffres reflètent une situation préoccupante avec des taux de mortalité souvent supérieurs à 10 % -valeur considérée comme « normale » en France (16% aux Etats-Unis)- et surtout avec une situation qui perdure et s'étend dans le monde (décrite en Europe, USA, Chine...).

Caractérisation des troubles

Les causes de mortalité des abeilles sont bien établies en cas de maladies dont les symptômes sont clairement identifiés sur le terrain (varroase, nosérose, loque), ou bien lors d'intoxications aiguës dues le plus sou-

vent à un mésusage des produits agricoles : traitements réalisés en pleine floraison, par vent fort, voire usage de produits non autorisés. Dans ces derniers cas, on retrouve souvent un tas d'abeilles mortes devant la ruche et une analyse en laboratoire peut prouver la présence d'insecticides dans les cadavres. L'Afssa (rapport 2008) note toutefois que ces accidents phytosanitaires se raréfient en France, « *trauisant à la fois de meilleures pratiques agricoles et une tendance chez les éleveurs d'abeilles domestiques à moins déclarer d'éventuels incidents* ».

A chaque pays son fléau

De manière non exclusive, chaque pays semble privilégier sa propre thèse pour expliquer la mortalité des abeilles.

Belgique : « le bon vieux varroa »

Les travaux de scientifiques belges (équipe d'entomologie de la faculté agronomique de Gembloux en Wallonie) imputent la mortalité des colonies dans la région principalement au parasite *Varroa destructor*. Selon ces scientifiques, les apiculteurs peuvent difficilement faire le rapprochement entre la mortalité et la varroase, car les acaricides peuvent sembler efficaces les deux premières années d'utilisation et le dépérissement n'apparaît que la troisième année.

Sans décimer la colonie, le varroa affaiblit les défenses des abeilles et les rend plus sensibles aux virus et bactéries, comme le montrent des travaux récents (Cox-Foster *et al.*, PNAS 2005). Il est en outre lui-même vecteur de virus.

Les scientifiques estiment que plus de 99 % des abeilles domestiques en Europe sont potentiellement infestées par le varroa depuis vingt ans (source : projet Coloss p. XI). Le varroa a déjà développé des résistances contre plusieurs produits de traitement, un seul produit autorisé étant encore jugé efficace (le procédé Apivar, à base d'amitrazé). Cette situation ne permet donc plus l'alternance des traitements nécessaire pour retarder l'apparition d'une résistance au produit.

Espagne : mise en évidence de la *Nosema ceranae* en Europe

En Espagne, entre 2003 et 2004, un syndrome de dépopulation des colonies d'abeilles décime jusqu'à 40 % du cheptel. Une équipe du Centre apicole régional de Castille-La Manche privilégie la piste des pathogènes car les dépeuplements d'abeilles se produisent dans toutes les régions espagnoles, quels que soient les cultures et les traitements phytosanitaires utilisés. Ils constatent que la quasi-totalité des milliers d'échantillons

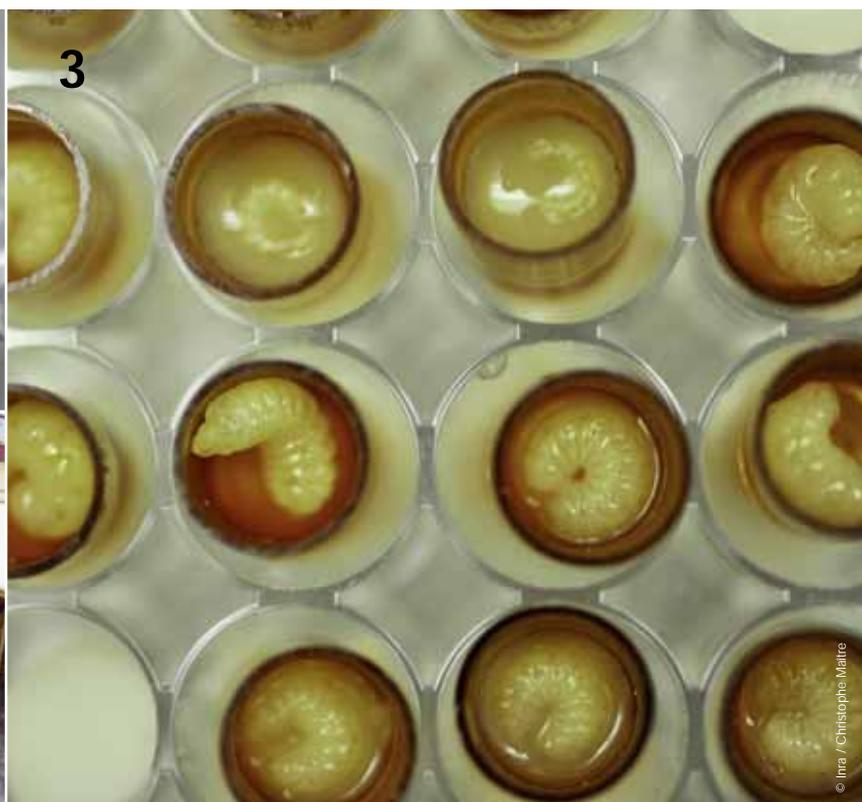
1- VARROA.
2- Cadres de ruches touchés par le CCD.
3- Test de toxicité des pesticides sur larves d'abeilles, mis au point par l'équipe de l'Inra du Magneraud, homologué par la Commission des essais biologiques en France.



© Inra / Yves Le Conte



© Inra / Jeff Pettis



© Inra / Christophe Maître

prélevés sur le territoire sont diagnostiqués positifs pour la nosérose, une parasitose. Mais les abeilles affectées ne présentant pas les symptômes classiques, les scientifiques font alors l'hypothèse qu'il s'agit d'une nouvelle forme de *Nosema* et mettent en évidence en 2006 une espèce asiatique encore jamais identifiée en Europe, *Nosema ceranae*. Ce pathogène est désormais considéré comme étant le principal responsable du syndrome de dépeuplement actuel des exploitations apicoles en Espagne.

L'enquête récente des Américains : un nouveau virus ?

C'est en revanche le « *Colony collapse disorder* » qui alarme les Etats-Unis, avec 30 à 90 % de pertes lors de l'hiver 2006-2007. Les ouvrières disparaissent de la ruche sans qu'on retrouve de cadavres. L'autopsie des abeilles révèle diverses combinaisons de pathogènes, aucun n'étant suffisant pour expliquer toutes les pertes. Tous les types d'apiculteurs sont touchés : professionnels, amateurs, bio, sédentaires ou itinérants. Par ailleurs, une enquête ne montre pas de corrélation temporelle avec l'utilisation de pesticides. Les chercheurs américains réalisent alors une expérience : lorsqu'ils transvasent des colonies saines dans des ruches atteintes de CCD, ils conservent la santé des colonies seulement dans les ruches qui ont été préalablement irradiées. Ils organisent alors une « chasse au microbe » utilisant l'approche métagénomique. Le séquençage de l'ADN total présent dans le corps des abeilles permet l'identification de l'ensemble des agents biologiques. Seule la présence du virus IAPV (virus israélien de la paralysie aiguë) apparaît corrélée au CCD. Mais cela ne dit pas si le virus est un agent causal ou un simple « marqueur » du syndrome. Par ailleurs, les symptômes observés en Israël (paralysie, tremblements, présence de mortes auprès de la ruche) ne sont pas les mêmes que ceux du CCD américain. Devant ces nouvelles interrogations, les recherches s'orientent vers l'étude des divers variants du virus et des expérimentations combinant différentes causes.

En France, la bataille des pesticides

En France, le débat s'est focalisé sur les pesticides. Jusqu'en 1994, voire



FAUX ! « *Si les abeilles venaient à disparaître de la planète, les hommes n'auraient plus que quatre années à vivre* ». Cette assertion souvent colportée serait attribuée à tort à Einstein. Elle daterait d'un argumentaire choc de 1994, selon Mary Berenbaum, entomologiste américaine curieuse que personne ne l'ait retrouvée dans les écrits du scientifique (*American Entomologist*, été 2007).

1996 dans certaines régions, le tournesol procurait une production de miel abondante et régulière. Les apiculteurs avaient l'habitude de transhummer leurs ruches près des champs de tournesol en période de floraison. Puis, la régularité de cette production a été interrompue. « *Des colonies devenues énormes, car stimulées par la miellée de juin (châtaignier, toutes fleurs, bourdaine) s'effondraient quelques jours plus tard sur tournesol* » rapporte un apiculteur de Vendée, région dont le miel provient à 80 % du tournesol (propos repris dans le rapport de l'Afssa de 2002). Les symptômes observés ne correspondant pas à des maladies connues ou à des intoxications classiques, certains apiculteurs ont fait le lien avec l'apparition concomitante d'un nouveau procédé de traitement insecticide par enrobage des graines utilisé sur tournesol et maïs : le Gaucho®, à base d'imidaclopride. Le Gaucho®, ainsi que le Régent®, le Cruiser® ou le Poncho® sont, à des degrés divers, des pesticides systémiques, c'est-à-dire capables de

migrer dans tous les organes de la plante, d'où leur présence dans le pollen et le nectar des fleurs. S'ensuivent près de 10 années d'expérimentations contradictoires impliquant des experts de Bayer et du ministère de l'Agriculture, des apiculteurs et des scientifiques. Au final, les essais en laboratoire montrent d'une part que l'imidaclopride a une toxicité chronique (impact de doses répétées) et des effets sub-létaux (perturbations n'entraînant pas la mort) à des doses très faibles, bien inférieures à celle qui induit une toxicité aiguë et d'autre part, que de telles doses peuvent être ingérées à partir de pollen et/ou du nectar des fleurs traitées. Donc le risque existe, mais sans qu'il y ait de preuves sur le terrain permettant de le quantifier. En effet, il est difficile de doser des produits présents en quantité infime dans des cadavres d'abeilles, qui de surcroît, se décomposent très vite.

La France applique le principe de précaution et interdit le Gaucho® sur tournesol en janvier 1999 et sur maïs ➔

ANNE ALIX

CHEF DE L'UNITÉ ÉCOTOXICOLOGIE ET ENVIRONNEMENT, DIRECTION
DU VÉGÉTAL ET DE L'ENVIRONNEMENT, AFSSA**On n'a pas démontré d'effets sur le terrain lorsque les conditions d'emploi sont respectées**

« Le problème des résultats acquis en laboratoire en exposant les abeilles à de faibles doses, c'est que les effets observés sont induits avec des protocoles de nourrissage forcé des abeilles, qui s'éloignent des conditions d'exposition sur le terrain. Ils portent de plus sur des observations fines du comportement ou de la physiologie de l'abeille au niveau individuel. Sur le terrain, les études disponibles mettant en œuvre des traitements de semences n'ont pas mis en évidence de pertes de colonies, et ce même en plaçant des ruches à l'intérieur des champs en fleurs. En conditions réelles, il est probable que les abeilles ont suffisamment de choix parmi les sources de pollen et n'ingèrent pas les doses conduisant à une mortalité massive et à des pertes de colonies. Un cas de mortalité impliquant le Ré-

gent® a été observé en 2003 en Midi-Pyrénées sur quelques ruches, mais il s'explique par un enrobage défectueux des graines qui s'est traduit par la libération de poussières contenant du fipronil dans l'atmosphère au moment du semis, lesquelles, re-déposées sur des fleurs, ont conduit à l'exposition de butineuses à des doses létales de produit. Un accident de plus grande ampleur s'est produit en 2008 dans l'ouest de l'Allemagne, atteignant 12 000 ruches. Là encore, l'accident, impliquant cette fois de la clothianidine (substance active du produit Poncho®), trouve son origine dans un pelliculage défectueux, en conjonction avec des vents forts au moment des semis. L'utilisation de semoirs pneumatiques non équipés de déflecteurs, voire rejetant les poussières verticalement, accentue encore

la dispersion. C'est à la suite de cet accident que l'Allemagne a suspendu les autorisations de mise sur le marché du Poncho® et du Cruiser®. La France a autorisé le Cruiser® en 2008 pour le maïs, après avoir demandé à la firme qui le produit un dossier complémentaire au dossier européen, comprenant des essais en champ et des garanties sur le pelliculage des semences. De plus, l'utilisation du Cruiser® est encadrée par un dispositif de suivi post-homologation : des ruches sont placées dans des champs traités et comparées à des ruches témoins, dans des conditions qui donnent l'assurance de détecter un problème éventuel : distance suffisante entre les ruches pour éviter les interférences, éloignement des cultures attractives pour obliger les abeilles à se nourrir sur les parcelles traitées. »

COLLECTE
D'ABEILLES
dans des pièges
à liquide pour
connaître leur
biodiversité
et constituer
les collections.



➔ en mai 2004. L'imidaclopride continue à être utilisée en pulvérisation dans les vergers et en enrobage de graines sur betteraves et différentes céréales (blé, seigle, orge, triticale). Cette substance, mise sur le marché avant 1991, a été réévaluée selon les directives européennes de 1991 et inscrite en 2008 sur la liste européenne des produits phytosanitaires agréés. Les préparations qui en sont issues seront, elles, réévaluées en 2010.

Le Régent®, autre insecticide utilisé en enrobage de graines, est retiré du marché fin février 2004 tandis que le Cruiser® mis sur le marché plus récemment est en revanche autorisé, avec un dispositif de surveillance post-homologation.

Des facteurs négligés ou émergents

Enfin, d'autres hypothèses causales sont encore peu étudiées. La régression des espaces semi-naturels (et leur gestion) et la simplification des assolements réduisent les ressources et leur diversité. Ainsi, les surfaces en légumineuses (trèfle, luzerne, sainfoin) qui possèdent de bonnes qualités nectarifères et pollinifères ont diminué de manière constante. De plus, parmi les cultures qui se sont développées le maïs produit du pollen de qualité très moyenne et pas de nectar. La transhumance des ruches apporte par ailleurs une réponse plus quantitative que qualitative à la malnutrition, et induit des à-coups dans l'alimentation des abeilles.

L'apparition de prédateurs exotiques et invasifs comme le frelon à pattes jaunes *Vespa velutina*, dit aussi frelon asia-

systemiques en enrobage de semences

▸ LUC BELZUNCES

DIRECTEUR DE L'UMR INRA-UNIVERSITÉ AVIGNON ET PAYS DE VAUCLUSE
« ABEILLES ET ENVIRONNEMENT »

Des produits toxiques à très faibles doses

« En ce qui concerne l'imidaclopride, nous avons montré en laboratoire que, si la dose létale en toxicité aiguë est déjà très faible par rapport à d'autres insecticides (4 à 40 nanogrammes par abeille, $1 \text{ ng} = 10^{-9}$ gramme), la dose létale chronique est environ 4 000 fois plus faible. Pour évaluer l'effet d'une toxicité chronique, les abeilles sont nourries pendant 10 jours avec un sirop de sucre contenant des concentrations connues de produit : l'ingestion d'1 picogramme par jour suffit à tuer une abeille en 10 jours ($1 \text{ pg} = 10^{-12}$ gramme). De plus, l'imidaclopride se dégrade en six métabolites dont certains sont encore plus toxiques. Par ailleurs, avec la plupart des insecticides, on observe des effets sublétaux, c'est-à-dire que l'abeille ne meurt pas, mais présente des troubles comportementaux (désorientation), physiologiques (mal-

formations des ailes, diminution de croissance...) ou métaboliques (hypoglycémie...). Tous ces effets peuvent à terme se répercuter sur la survie de la colonie. Depuis que l'on sait mesurer de très faibles doses d'imidaclopride dans le pollen, on voit que la concentration biodisponible est de l'ordre du microgramme par kg de pollen. Soit, pour une nourrice qui consomme, en 10 jours, 60 mg de pollen, une dose ingérée de 60 pg. On est donc bien dans une zone d'exposition correspondant à un risque. Ces résultats bousculent les conceptions classiques et notre première publication parue en 2001, faite sur une demande initiale de la firme Bayer, n'a pas été bien reçue. Nous attachons une grande importance à notre indépendance de publication en incluant d'emblée dans nos contrats quels qu'ils soient. »

▸ YVES LE CONTE

DIRECTEUR DE RECHERCHE, UMR INRA-UNIVERSITÉ AVIGNON ET PAYS DE VAUCLUSE « ABEILLES ET ENVIRONNEMENT »

Ne sous-estimons pas les agents pathogènes biologiques

« Le combat des apiculteurs professionnels contre le Gaucho® et le Régent® a eu un effet très positif sur les médias et le public, qui prennent en compte maintenant l'abeille à la fois pour son intérêt propre et en tant que sentinelle de l'environnement. Mais leur lutte contre les traitements de semences ne doit pas occulter d'autres hypothèses, comme par exemple, l'éventuelle toxicité de certains cultivars de tournesol. Il ne faut pas non plus sous-estimer l'importance des autres pesticides et des pathogènes. Grâce aux travaux des Espagnols et des Américains, on sait rétrospectivement que les nouveaux pathogènes comme Nosema ceranae ou l'IAPV pouvaient être présents aussi en France dès 1995. Les études scientifiques en cours, en particulier le projet Coloss auquel mon équipe participe, devraient permettre d'y voir plus clair dans la hiérarchie des facteurs de mortalité et la « boîte noire » des synergies entre facteurs. Ces études bénéficient de la bonne connaissance de la biologie de l'abeille domestique et du séquençage récent de son génome, en 2006. »

tique, identifié en 2004 vers Bordeaux est une menace prise très au sérieux par les apiculteurs, car contrairement au frelon européen, le frelon à pattes jaunes s'attaque particulièrement aux abeilles. Les scientifiques dénom-

braient deux nids en Aquitaine en 2004 et plus de 2000 nids en 2008. D'autres hypothèses sont encore évoquées, en particulier l'influence des champs électriques et magnétiques sur les abeilles, qui les perçoivent par

l'intermédiaire de petits cristaux abdominaux contenant du fer. Enfin, le changement climatique qui risque de modifier les périodes de floraison des plantes, pourrait devenir un facteur aggravant.



© Inra / Denis Thiéry

Piège à frelons

Ce piège à frelons mis au point par une équipe de Bordeaux (UMR Santé végétale) contient du jus de pomme concentré. Suspendu à un mètre du sol autour des ruches, il piège les frelons à pattes jaunes avec une sélectivité satisfaisante. Sur le terrain expérimental près de Bordeaux, 2000 frelons à pattes jaunes capturés dans 4 pièges durant 6 mois contre 160 frelons européens qui sont préservés. Ce piège pourra être perfectionné grâce à une meilleure connaissance de la biologie du frelon. Les chercheurs ont ainsi mis en évidence que ses besoins alimentaires varient au cours de l'année. Au printemps, il se nourrit essentiellement d'abeilles, riches en protéines, alors qu'au moment de l'hibernation, il recherche plutôt des aliments sucrés. La substance attractive du piège pourrait ainsi être adaptée à ces besoins fluctuants. Pour augmenter sa spécificité, on pourrait aussi lui ajouter une phéromone (substance d'attraction sexuelle) que les chercheurs sont en train de caractériser. Les recherches sur le comportement et la génétique du frelon à pattes jaunes bénéficient d'un contrat de recherche financé par Viniflor coordonné par le Muséum d'Histoire naturelle et associant aussi le laboratoire Evolution génome spéciation CNRS-IRD de Gif sur Yvette.

3 Réflexions sur une crise

Quinze ans après la première alerte lancée par des apiculteurs et incriminant le Gaucho, la controverse se poursuit en France. Néanmoins, cette crise a été l'occasion de réagir en développant des recherches nouvelles. On s'achemine à la fois vers la mise en place de dispositifs d'observation plus internationaux et vers une structuration de la filière apicole française.



© Inra / Christophe Maître

Réévaluation des risques

Si la question du rôle des pesticides dans les problèmes qui affectent les colonies n'est pas tranchée, leur mise en cause insistante par les apiculteurs a utilement questionné l'évaluation des risques écotoxicologiques. Les travaux en cours de Luc Belzunces à l'Inra mettent en relief des courbes de réponse plus complexes qu'une simple relation linéaire entre doses et impact, soulignant la nécessité de réviser les conceptions actuelles en écotoxicité. Par ailleurs, un groupe de travail de l'*International Commission on Plant Bee Relationship*, piloté par l'Afssa, travaille sur l'harmonisation au niveau européen des procédures d'évaluation et du document-guide pour l'utilisation des insecticides systémiques en traitement de semences. L'évaluation tient compte des quantités d'insecticides présentes dans le pollen et le nectar (et non plus de la

dose par hectare, comme pour les insecticides non systémiques), des toxicités aiguës, chroniques et sublétales, en utilisant des quotients de risques calculés en fonction d'impacts observés sur le terrain, différents de ceux qui sont observés en laboratoire.

Une épidémiologie à l'échelle européenne

La démarche épidémiologique consiste à rechercher des corrélations entre un phénomène et une variation dans les facteurs potentiellement impliqués. Elle exige un corpus de données

L'apiculture en France

220 000 apiculteurs français en 1988, 70 000 en 2008 (source : Fédération nationale des organisations sanitaires apicoles départementales)
1,4 million de ruches
Plus de 90% d'apiculteurs dits « de loisir » (possédant de 1 à 30 ruches) et 2% d'apiculteurs considérés comme professionnels (exploitant plus de 150 ruches). Les mortalités d'abeilles ont abouti ces

dernières années à une diminution des « petits apiculteurs » et une augmentation des professionnels qui ont eux-mêmes accru le nombre de ruches qu'ils exploitent.

La production de miel, de 18 000 t récoltées en 2007 (25 000 en 2004), est en baisse depuis 10 ans, alors que la consommation reste stable, à 40 000 t par an.

important pour atteindre des relations statistiquement significatives. Or ces données manquent et leur acquisition nécessiterait des dispositifs de suivis lourds et de longue durée. A défaut, le traitement des données disponibles s'avère souvent décevant, voire peu exploitable.

L'Efsa, l'Autorité européenne de sécurité des aliments, a lancé une expertise pour étudier spécifiquement le syndrome du CCD. Elle analysera en particulier la qualité des méthodes d'enquête utilisées dans chaque pays, leur pertinence par rapport au suivi du CCD et devrait permettre d'identifier les facteurs pouvant contribuer à ce syndrome. L'opération, d'une durée de 9 mois, a débuté en janvier 2009. Elle est confiée à un consortium de scientifiques européens, dirigé par l'Afssa en partenariat avec le Central Science Laboratory (CSL) au Royaume-Uni et l'Inra. Les scientifiques mobilisés dans l'expertise sont également membres du réseau Coloss, projet européen dont l'objectif est d'enrayer le CCD.

Structuration de la filière apicole

En France, les problèmes qui affectent les abeilles ne semblent pas avoir fait l'objet de beaucoup d'études sociologiques ou économiques. Tout le monde constate que la filière est morcelée, représentée par différentes organisations et groupements de défense,

Un Coloss contre les pertes des colonies d'abeilles

Un groupe de chercheurs animé par Peter Neumann, du Centre de recherche sur l'abeille de Liebfeld-Posieux en Suisse, a obtenu un financement européen (action COST 2008-2012) pour créer un réseau international de collaboration sur les pertes d'abeilles domestiques, associant scientifiques, apiculteurs et industriels de 27 pays (Europe, USA, Chine, Egypte, etc.). Ce réseau Coloss (comme Colony Losses) mobilise entre autres les chercheurs sur une nouvelle approche de métagénomique, pour identifier

l'ensemble des agents pathogènes affectant les abeilles. Ils mèneront ensuite des expériences pour distinguer les facteurs majeurs c'est-à-dire causant des pertes importantes dans plusieurs pays et les facteurs mineurs ou locaux. Ils testeront également l'effet de combinaisons de ces facteurs, en laboratoire et en champ, pour explorer les possibilités de synergies. Un groupe de travail s'emploiera aussi à mettre au point des méthodes d'évaluation de l'état du cheptel d'abeilles domestiques en Europe, en lien avec l'expertise de l'Efsa.

dont plusieurs syndicats en concurrence. Les recommandations formulées par l'Académie d'agriculture, le rapport parlementaire du député Martial Saddier ou le récent rapport de l'Afssa appellent à structurer la filière apicole sur le modèle des autres productions animales, avec une interprofession unifiée et un appui technique organisé. Un nouvel Institut technique de l'abeille est en cours de création. Il sera chargé d'élaborer les cahiers des charges des programmes de recherche appliquée et de diffuser des conseils techniques. En attendant la mise en place de cette structure, le rapport Saddier prône la création d'un Comité opérationnel apicole, plateforme d'échanges et de dialogue entre

tous les acteurs de la filière. Le rapport parlementaire invite, par ailleurs, à définir un statut de l'apiculteur, différenciant amateurs et professionnels et harmonisant les conditions d'accès aux aides européennes ; à développer une politique de signes officiels de qualité alors que le miel apparaît comme un marché faiblement encadré sur le plan réglementaire, avec des importations de qualités et d'origines diverses et de fortes fluctuations de ses cours mondiaux.

Débat social

Après quinze ans de controverses depuis la première incrimination du Gaucho®, la bataille d'experts continue, alimentée par les incertitudes ➔

Le Gaucho®, une polémique entretenue par les incertitudes scientifiques...

Les résultats scientifiques sur le Gaucho® ont été obtenus par étapes, contribuant à entretenir la controverse sur les quantités détectables et quantifiables dans la plante. Ce n'est qu'en 2003 que les méthodes d'analyse ont permis de quantifier les doses infimes de produit présentes dans les pollens et nectars. En 2001, le ministère de l'Agriculture a constitué un comité scientifique et technique indépendant pour examiner la masse de résultats obtenus sur les troubles des abeilles (245 rapports d'étude et 93 publications scientifiques). Les rapports rendus en 2003 et 2006 pour le Gaucho® et le Régent®, respectivement, confirment qu'ils peuvent entraîner des risques préoccupants selon les types d'abeilles et les scénarios de consommation de sorte qu'ils peuvent être « *un des éléments de l'explication de l'affaiblissement des populations d'abeilles* ».

■ Rapport 2003 : <http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/rapportfin.pdf>

Efsa : www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale_1178620753816_home.htm

...mais aussi par une incertitude construite socialement

La controverse française autour des effets du Gaucho sur les abeilles a fait l'objet d'une analyse sociologique par Laura Maxim dans le cadre du programme Alarm (thèse de l'Université de Versailles-St Quentin, Centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement, 2008). Elle montre que les acteurs utilisent la science dans le débat public en triant les données qui leur sont favorables et contribuent ainsi à accentuer ou déplacer les incertitudes scientifiques. Elle propose en conclusion de développer des critères d'évaluation de la qualité de l'information transmise par les divers acteurs impliqués dans un débat autour d'un risque environnemental. Ainsi, pour que l'information communiquée par un acteur puisse être considérée comme pertinente pour le débat et plus largement pour la prise de décisions, elle doit inclure des références à l'ensemble des connaissances scientifiques existantes, y compris celles avancées par les autres acteurs. Il est tout aussi important que cette information concerne directement le risque discuté, dans ses détails géographiques, écotoxicologiques, biologiques, etc., pour éviter la confusion avec des phénomènes apparemment similaires, mais qui peuvent être en réalité très différents.



© Inra / Louis Vidal

“ Lorsqu’elle butine le nectar, l’abeille se couvre de pollen qu’elle récupère en se brossant avec ses pattes avant. ”

➤ scientifiques, les marges d’interprétation laissées par l’extrapolation de résultats obtenus en conditions expérimentales ou le calcul des quotients de risque. Vincent Tardieu, journaliste qui finalise un livre-enquête sur le déclin des abeilles, se montre cependant compréhensif envers les chercheurs qui « devaient élaborer des outils et méthodes d’évaluation en partant d’un feuille blanche alors même qu’on leur demandait d’apporter des réponses rapides et précises sur un risque confus ». Quant à sa profession, il note qu’en période de polémique, « le journaliste est censé arbitrer, défendre, prouver, convaincre. Comme les scientifiques en somme ! A l’image d’ultimes experts

qu’ils ne sont pas ! Un temps j’ai cru pouvoir m’en tenir à souligner les contradictions des discours et les paradoxes du terrain. Mais ce discours est totalement inaudible en temps de crise. » Finalement, l’issue lui semble positive : « on a certainement plus appris sur l’écotoxicologie, les pathologies et l’écologie des abeilles ces dix dernières années qu’en un siècle d’apiculture ! ». D’après Laura Maxim, chercheuse en socio-économie de la biodiversité (cf. encadré p. XI), « le débat souligne aussi le besoin de consulter toutes les parties prenantes lors des avis et décisions émanant de dispositifs publics de régulation. Le manque de confiance joue un rôle essentiel dans les contro-

verses, et dans le cas des pesticides, une des raisons est liée au fait que les études écotoxicologiques préalables sont effectuées par la firme qui sollicite l’autorisation de mise sur le marché. La transparence des évaluations du risque est essentielle, car elle peut renforcer non seulement leur légitimité mais aussi leur qualité. Pourquoi ne pas imaginer, en France, une démarche similaire à celle de l’Efsa, qui publie sur son site internet les évaluations du risque des matières actives et demande l’avis des parties prenantes avant qu’une décision soit prise ? »

Cette analyse souligne combien les sciences sociales peuvent éclairer les processus de gestion des risques. ●

+ d’infos

✦ rapports :

Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Rapport d’expertise scientifique collective réalisé par l’Inra juin 2008 : www.inra.fr/l_institut/expertise.

Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d’abeilles. Rapport Afssa, novembre 2008.

Pour une filière apicole durable. Rapport parlementaire de Martial Saddier au premier ministre François Fillon, octobre 2008.

✦ publications :

- Nicola Gallai, Jean-Michel Salles, Josef Settele, Bernard E. Vaissière. 2009. Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline”, *Ecological Economics*, 68, 810-821

- Diana Cox-Foster et Dennis van Engelsdorp, Sauvons les abeilles, *Pour la Science*, mai 2009

- Yves Le Conte, Marion Ellis, Mortalités et dépopulations des colonies d’abeilles domestiques : le cas américain. *Biofutur* 284, janvier 2008

- Séverine Suchail, David Guez and Luc P. Belzunces., 2001. Discrepancy between toxicity induced by low and high doses of imidacloprid in *Apis mellifera*. *Environ. Toxicol. Chem.* 20, 2482-2486

- Laura Maxim *et al.*, 2007, Uncertainty : cause or effect of

stakeholders’debates ? Analysis of a case study: the risk for honeybees of the insecticide Gaucho. *Science of Total Environment* 376, 1-17

- Pierrick Aupinel, Piotr Medrzycki, Dominique Fortini, Bruno Michaud, Jean-Noël Tasé, Jean-François Odoux. 2007. A new larval in vitro rearing method to test effects of pesticides on honey bee brood. *REDIA*, Vol. XC, 91-94

✦ revues :

- Apidologie, revue internationale consacrée à la science des abeilles au sens large, *Apidologie* est éditée par *EDP Sciences*, en partenariat avec l’Inra et la Deutscher Imkerbund, association des apiculteurs allemands : www.apidologie.org

- Insectes, revue de l’OPIE, office pour les insectes et leur environnement, association naturaliste qui anime la Maison des insectes dans les Yvelines (78) et en régions : www.inra.fr/opie-insectes/

- Revue en ligne Apoidea (www.oabeilles.org), publiée par l’Observatoire des abeilles, association nationale pour l’étude et à la sauvegarde des abeilles sauvages en France.

✦ film :

Abeilles sous surveillance, film de Jean-Marc Serelle, réalisé pour la Cité des sciences, 2009 : www.cite-sciences.fr

✦ Colloque :

Apimondia, colloque international, Montpellier, 15-20 septembre 2009