

Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

Pesticides

Ce qu'en dit la science

Faut-il en avoir peur ?

Doit-on s'en passer ?

**Les pesticides du bio
sont-ils préférables ?**

Et l'environnement ?



SCIENCE...

& pseudo-sciences

Comité de rédaction :

Jean-Paul Krivine (rédacteur en chef),

Brigitte Axelrad, Pierre Blavin, Martin Brunschwig, Stéphanie Krafft, Hervé Le Bars, Philippe Le Vigouroux, Kévin Moris, Sébastien Point, Jérôme Quirant.

Relectures : Brigitte Axelrad, Pierre Blavin, Martin Brunschwig, Kévin Moris.

Mise en page : Isiska.

Imprimeur : Bialec S.A. Nancy.

N° commission paritaire : 0416 G 87957

ISSN 0982-4022. Dépôt légal : à parution.

Directrice de la publication : Anne Perrin.

afis

Association Française pour l'Information Scientifique

Conseil d'administration :

Présidente : **Anne Perrin.**

Vice-président : *Louis-Marie Houdebine.*

Samuel Barbaud, Sébastien Colmerauer (secrétaire administratif), Marcel Kuntz, Hervé Le Bars, Roger Lepeix (secrétaire général), Michel Naud, Alain Pintureau, Gérard Plantiveau, Bruno Przetakiewicz, Igor Ziegler (trésorier).

Anciens présidents : *Michel Rouzé (Fondateur, 1968-1999), Jean-Claude Pecker (1999-2001), Jean Bricmont (2001-2006), Michel Naud (2006-2012), Louis-Marie Houdebine (2012-2014).*

Toute correspondance :

secretariat@pseudo-sciences.org

AFIS, 4 Rue des Arènes 75005 Paris

Parrainage scientifique

Jean-Pierre Adam (archéologue, CNRS, Paris). **André Aurengo** (professeur des universités, praticien hospitalier de biophysique et médecine nucléaire, membre de l'Académie Nationale de Médecine, Paris). **Philippe Boulanger** (physicien, fondateur de la revue Pour la science). **Jacques Bouveresse** (philosophe, professeur émérite au Collège de France). **Jean Bricmont** (professeur de physique théorique, Université de Louvain-la-Neuve, Belgique). **Henri Broch** (professeur de physique et de zététique, Nice). **Gérald Bronner** (sociologue, professeur à l'Université de Paris Diderot). **Henri Brugère** (docteur vétérinaire, professeur émérite de physiologie-thérapeutique à l'école nationale vétérinaire d'Alfort). **Suzy Collin-Zahn** (astrophysicienne, directeur de recherche honoraire à l'Observatoire de Paris-Meudon). **Yvette Dattée** (directeur de recherche honoraire de l'INRA, membre de l'Académie d'agriculture de France). **Jean-Paul Delahaye** (professeur à l'Université des Sciences et Technologies de Lille, chercheur au Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille). **Marc Fellous** (professeur de médecine, Institut Cochin de Génétique Moléculaire). **Léon Guéguen** (nutritionniste, directeur de recherches honoraire de l'INRA, membre de l'Académie d'agriculture de France). **Louis-Marie Houdebine** (biologiste, directeur de recherche honoraire à l'INRA). **Bertrand Jordan** (biologiste moléculaire, directeur de recherche émérite au CNRS, Marseille). **Philippe Joudrier** (biologiste, directeur de recherche à l'INRA). **Jean-Pierre Kahane** (professeur de mathématiques, membre de l'Académie des Sciences). **Jean de Kervasdoué** (professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, membre de l'Académie des Technologies). **Marcel Kuntz** (biologiste, directeur de recherche au CNRS). **Gilbert Lagrue** (professeur honoraire à l'Hôpital Albert Chenevier de Créteil). **Hélène Langevin-Joliot** (physicienne nucléaire, directrice de recherche émérite au CNRS). **Guillaume Lecoindre** (professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, directeur du département Systématique et évolution). **Jean-Marie Lehn** (professeur émérite à l'Université de Strasbourg et professeur honoraire au Collège de France, Prix Nobel de chimie). **Gérard Pascal** (nutritionniste et toxicologue, directeur de recherches honoraire de l'INRA, membre des Académies d'agriculture et des technologies). **Jean-Claude Pecker** (professeur honoraire d'astrophysique théorique au Collège de France, membre de l'Académie des Sciences). **Franck Ramus** (directeur de recherches au CNRS, Institut d'Études de la Cognition, École Normale Supérieure, Paris). **Arkan Simaan** (professeur agrégé de physique, historien des sciences). **Alan Sokal** (professeur de physique à l'Université de New York et professeur de mathématiques à l'University College de Londres). **Hervé This** (physico-chimiste INRA/AgroParisTech, directeur scientifique de la Fondation Science&Culture Alimentaire, membre de l'Académie d'agriculture de France). **Jacques Van Rillaer** (professeur de psychologie, Belgique).

Marchands de doute et marchands de peur

Dans la défense de ses intérêts, l'industrie est souvent accusée de se comporter en « marchand de doutes ». C'est incontestablement vrai pour l'industrie du tabac par exemple, qui a su développer un savoir-faire sophistiqué en la matière afin de leurrer ou diluer les expertises sanitaires nuisant à son marché. À côté des lobbies industriels, des lobbies idéologiques, d'office parés de vertu car se proclamant défenseurs de l'intérêt général, ont su trouver place à Bruxelles et auprès des parlements et gouvernements. Là, c'est souvent la peur qui est agitée pour obtenir des mesures de protection contre des risques, réels ou imaginaires. Chaque décision ainsi obtenue est une « victoire » mise sur le compte d'un activisme politique et chaque refus est présenté comme la preuve supplémentaire d'une bureaucratie inféodée ou d'experts corrompus.

Dans les deux cas, les rhétoriques ont en commun d'instrumentaliser la science à des fins partisans. Mais la vérité n'est pas « au milieu » et la controverse

Éditorial

scientifique réelle, quand elle existe, n'est pas celle qui oppose les partisans des deux camps. C'est ailleurs qu'il faut regarder : vers la science et vers le service public de l'expertise représenté

par les agences sanitaires. Certes, celles-ci sont perfectibles, elles peuvent faillir, mais ce sont elles-seules qui peuvent servir l'intérêt collectif.

Ainsi convient-il de ne pas voir systématiquement tout argument défavorable aux présupposés des uns comme participant à une stratégie du doute et toute agence sanitaire adoptant une position qui déplaît à certains comme succombant aux conflits d'intérêts. Pas plus qu'il ne faut considérer toute alerte comme participant d'une stratégie de la peur. Là encore, c'est la validité des arguments et la réalité des faits qui doit primer. Et quelle autre solution, pour en juger, que de s'en remettre à un véritable service public de l'expertise regroupant des experts en fonction de leurs compétences, exact opposé des experts autoproclamés prétendument indépendants ?

Le dossier sur les pesticides, dans ce numéro de *Science et pseudo-sciences*, entend contribuer à l'information sur la connaissance réelle, au-delà des controverses, fondement de tout choix éclairé.

Science et pseudo-sciences



Ce hors-série « Agriculture et pesticides » rassemble les textes d'un dossier publié en deux parties dans les numéros 315 et 316 de *Science et pseudo-sciences*.

La revue *Science et pseudo-sciences* est éditée par l'Association Française pour l'Information Scientifique (AFIS), ouverte à tous et à toutes. Nous vous invitons ainsi à découvrir l'état d'esprit qui nous anime, et si vous l'appréciez, à nous rejoindre (voir formulaire en fin de numéro).

Sommaire complet en 4^e page de couverture

Pesticides : risques, bénéfices et idées reçues

Jean-François Proust



Jean-François Proust, ingénieur agronome, est chargé de mission à Coop de France Ouest et animateur de ForumPhyto.

www.forumphyto.fr

Les sujets évoqués ici sont plus largement développés dans le dossier. Les références à l'appui des informations sont incluses dans les articles traitant de chacun des thèmes.

Y a-t-il une différence entre pesticides et produits phytosanitaires ?

Les agriculteurs ont toujours cherché à protéger leurs cultures des mauvaises herbes, maladies, insectes et autres ravageurs. Dans ce but, ils ont utilisé tous les moyens, au départ manuels ou mécaniques, ainsi que des extraits végétaux ou des substances minérales. Ils disposent, maintenant depuis plus de 50 ans, de produits synthétiques élaborés par l'industrie chimique. Pour parler de ces produits de protection des plantes, ou produits phytosanitaires, les agriculteurs utilisent familièrement aujourd'hui le terme « phytos ». Ce diminutif recouvre aussi une autre appellation : celle de produits phytopharmaceutiques qui comprend tous les produits utilisés pour protéger les plantes cultivées et qui est le terme officiel. Une autre appellation courante empruntée à l'anglais est celle de pesticide qui veut dire « tuer les pestes » (*pest* en anglais vient du vieux français pestes). Auprès du grand public, les détracteurs des produits de protection des plantes ont réussi à imposer le terme « pesticides », avec une connotation doublement négative (peste-cide). Les produits phytosanitaires sont des substances actives qui peuvent avoir des usages en dehors du monde agricole : produits phytopharmaceutiques, produits d'assainissement (biocides), médicaments vétérinaires etc...

Utilise-t-on, en agriculture, de plus en plus de pesticides, et des pesticides de plus en plus forts ?

Les pesticides homologués aujourd'hui sont d'un usage bien plus sûr que ceux homologués il y a cinquante ans du fait de la diminution des doses applicables (les volumes maximum de liquide à pulvériser par hectare) et de la hausse des Doses Journalières Admissibles (la DJA est révélatrice de la sécurité des produits concernant la santé humaine). En moyenne, selon l'association professionnelle UIPP et à partir des chiffres issus de la réglementation, les doses applicables ont été divisées par neuf et les DJA multipliées par cinq. Ainsi, même si ce n'est qu'une « image » et que la réalité est plus complexe, on peut affirmer que les produits homologués



aujourd'hui sont intrinsèquement d'un usage quarante-cinq fois plus sûrs que ceux homologués il y a cinquante ans. Cette évolution est encore renforcée si l'on considère que les nouvelles substances progressent sur d'autres plans et que leur usage est mieux maîtrisé (pulvérisateurs mieux entretenus et mieux réglés, pulvérisations mieux ciblées, outils d'aide à la décision, etc.).

Cependant, tout ceci doit être nuancé : l'intensification des cultures accroît l'utilisation des pesticides et des substances anciennement homologuées continuent à être utilisées¹.

Les pesticides sont globalement moins bio-accumulables, moins persistants et moins toxiques pour les « organismes non-cibles » : poissons, pollinisateurs, vers de terre entre autres. Les progrès en pesticides, en protection des plantes, et en agriculture en général, sont au moins aussi importants que dans d'autres domaines d'activités humaines, comme, par exemple, la chirurgie ambulatoire, la téléphonie ou les performances des moteurs.

Les doses d'utilisation baissent essentiellement parce que les pesticides et leur emploi sont aujourd'hui plus précis et plus ciblés, même si, bien sûr, il reste et restera toujours des progrès à faire.

Peut-on arriver à ne plus détecter de résidus de pesticides ?

Les laboratoires améliorent en permanence leur matériel et donc leurs performances. Ils ont aujourd'hui la capacité de retrouver, en une seule analyse, des traces infimes, de l'ordre d'une partie pour un milliard (ppb), de plusieurs centaines de substances là où, dans les années 1980, ils ne pouvaient détecter que quelques dizaines de substances à des niveaux de l'ordre d'une partie pour un million (ppm) : la sensibilité est multipliée par 10 tous les 10 ans, avec un spectre s'élargissant sans cesse. On ne peut donc pas espérer que le taux de résidus détecté soit « absolument » zéro. Concrètement, alors même que les taux de résidus réellement présents baissent dans les faits, plus on avance, plus on est certain que les laboratoires retrouveront la moindre trace de produit, qu'il ait été utilisé ou non (« contamination croisée », c'est-à-dire contamination minime et sans aucune signification via un autre produit dans le même rayonnage, l'imprégnation d'un emballage, un faible entraînement par le vent d'un traitement dans une parcelle voisine, etc.).

¹ Pour plus de détails voir <http://www.forumphyto.fr/2015/11/30/pourquoi-limpact-des-pesticides-diminue-t-il/>

Pourrait-on n'utiliser que des moyens « naturels » ?

Le « biocontrôle » (utilisant des méthodes et produits qualifiés de « naturels ») regroupe des moyens relativement hétérogènes : macro-organismes, micro-organismes, médiateurs chimiques et substances naturelles. D'une façon générale, les produits de biocontrôle ont le plus souvent peu d'effet néfaste direct. C'est un de leurs intérêts majeurs. Cependant il arrive que ce risque soit plus élevé que ne le dit le sens commun. Par exemple, un macro-organisme introduit peut avoir un développement imprévu en milieu naturel et se révéler « envahissant », comme c'est le cas des cochenilles asiatiques (*Harmonia axyridis*).

Ajoutons enfin que « naturel » ne veut pas dire « sans pesticide ». Ainsi, l'Agriculture Biologique n'est pas une agriculture sans pesticide et les produits qu'elle utilise ne sont pas toujours sans risque (la bouillie bordelaise à base de cuivre, ou encore l'azadirachtine, par exemple).

Il importe donc d'évaluer les risques, environnementaux et sanitaires au cas par cas. Des moyens de biocontrôle efficaces et abordables existent pour protéger les cultures contre certains ravageurs ou maladies. Mais, dans de nombreux cas, le biocontrôle n'a pas de solution éprouvée à proposer, du moins pas encore. Lorsqu'une solution de biocontrôle est efficace, et présente un avantage économique, les agriculteurs l'adoptent assez rapidement. Cela a été par exemple le cas de la confusion sexuelle par phéromones en verger (70 % des vergers de pommiers en France, source CTIFL), des insectes auxiliaires en serre (quasi-totalité des serres de tomates en France), du *Bacillus Thuringensis*, du soufre en serre, de *Beauveria bassiana* ou *brongniartii*, du spinosad....

Les résidus de pesticides présentent-ils un risque sanitaire pour les consommateurs ?

L'EFSA publie un rapport annuel sur les plans officiels de surveillance des résidus dans l'alimentation. Moins de 3 % des échantillons, dépassent les LMR². L'EFSA rappelle régulièrement « *qu'un dépassement occasionnel des limites légales n'implique pas nécessairement un risque pour le consommateur* ». En France, la DGCCRF et l'ANSES ont montré qu'un scénario « considéré comme le plus réaliste » mène au maximum à une absorption alimentaire inférieure à 10 % de la DJA³.

Le travail de Bruce Ames, toxicologue universitaire américain montre que 99.99 % des pesticides que nous ingérons sont produits naturellement par les plantes (voir l'article sur ce sujet dans ce dossier). Pesticides globalement tout aussi intrinsèquement dangereux que les pesticides synthétiques. Dans une seule tasse de café, nous ingérons autant de pesticides naturels, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques, que tout ce que notre alimentation nous fournit en un an en résidus de pesticides synthétiques ! Ceci ne veut pas dire qu'il faille s'in-

² Limites Maximales de Résidus.

³ La DJA (dose journalière admissible) est au minimum 100 fois inférieure à la DSE, dose sans effet durant toute la vie de l'animal le plus sensible.

quiéter de ces pesticides naturels. Ceci veut simplement dire que notre préoccupation concernant les pesticides synthétiques est complètement disproportionnée par rapport aux risques réels.

La question des résidus de pesticides dans l'alimentation a des aspects émotifs certains. Le regret du paradis perdu qui n'a jamais existé, le préjugé hostile au synthétique, la pensée magique et la tension psychologique propre à tout omnivore, bien analysée par Claude Fischler⁴, nous font à nous, humains, surestimer très largement les risques liés aux résidus. L'évaluation rationnelle et scientifique de ce risque montre qu'il doit être négligé.

Quels sont les principaux problèmes pour une alimentation saine ?

Altérer les priorités et la hiérarchie correcte des risques détourne des tâches les plus importantes pour améliorer la santé publique. En ce qui concerne l'alimentation, la santé publique est d'abord le résultat d'un régime diversifié, équilibré, incluant des fruits et légumes, et pas trop calorique. Pour une bonne santé, les traces de résidus peuvent être ignorées, d'autant plus qu'elles sont en dessous des seuils réglementaires, mais pas la recherche d'une alimentation équilibrée... Il faut bien sûr surveiller les résidus, mais c'est surtout pour vérifier le respect des bonnes pratiques par les agriculteurs. Les vrais risques liés à l'alimentation sont connus. Ils sont essentiellement microbiologiques. Les outils pour maîtriser ce risque existent : assurer la propreté tout le long de la



© Oksun70 | Dreamstime.com

chaîne alimentaire, utiliser des emballages appropriés, respecter la chaîne du froid, éviter les contaminations croisées, respecter les délais limites de consommation, et... se laver les mains. D'autres risques plus faibles méritent attention : principalement la contamination par des métaux lourds ou la présence de corps étrangers (morceaux de verre, de métal, particules de terre, etc.).

Les pesticides sont-ils responsables de maladies graves chez les agriculteurs ?

Beaucoup d'observateurs sont obnubilés par les maladies, en particulier les cancers, qui pourraient être causées par les pesticides. Certes les pesticides sont intrinsèquement dangereux. Ils peuvent causer des intoxications en cas de mésusage. Il

⁴*L'omnivore*, Claude Fischler, Poches Odile Jacob, 2001.

a été démontré que, si le travailleur est insuffisamment protégé, certains pesticides pouvaient provoquer des maladies sur le long terme : par exemple maladie de Parkinson, causée par une exposition élevée à la roténone, pesticide bio aujourd'hui interdit en Europe.

Mais, sans vouloir sous-estimer ces questions, les données de la MSA⁵ complétées par le réseau Phyt'Attitude⁶ et l'étude épidémiologique Agrican⁷ montrent clairement que les pesticides ne sont pas la catastrophe sanitaire annoncée par les marchands de peur. L'étude Agrican montre que la population agricole est moins victime de cancer que le reste de la population. Et cette différence est « significative ». Les priorités sont ailleurs : par exemple, pour l'année 2012, 77 448 accidents du travail dont 146 mortels et 5 269 nouvelles déclarations de maladies professionnelles, essentiellement TMS⁸, ont été recensés par la MSA. En comparaison, la démarche Phyt'Attitude recense 200 incidents annuels liés à l'utilisation des pesticides sur la période 1997-2007. Et aucun accident mortel. De plus, l'évolution des pesticides, de leur formulation (par exemple granulés au lieu de poudres), des machines, des postes de remplissage, de la formation des applicateurs (Certiphyto),... tout cela tend vers une réduction du risque pour l'applicateur. Globalement, la réduction de l'exposition aux pesticides des applicateurs demande vigilance et action. Mais il faut se garder de tout catastrophisme.

Les pesticides réduisent-ils la bio-diversité ?

La réponse dépend en fait de l'échelle considérée. Au niveau des parcelles agricoles, les pesticides réduisent bien sûr la biodiversité. Les méta-analyses sur les comparaisons entre parcelles conventionnelles et bio montrent que les parcelles bio ont en moyenne une biodiversité spécifique supérieure de 30 % environ, avec toutefois de grandes variations suivant les études et le type d'organisme étudié. À l'échelle des exploitations agricoles, le différentiel est beaucoup plus réduit : d'après l'étude européenne la plus complète sur ce sujet, la différence de biodiversité à l'échelle des exploitations est minime (+ 4,6 % en faveur du bio). La gestion des espaces naturels intercalaires (haies, bandes enherbées, etc...) serait un facteur beaucoup plus déterminant pour la préservation de la biodiversité que le type d'agriculture (bio ou conventionnel). À l'échelle globale, les défenseurs de l'agriculture conventionnelle font valoir que l'intensification de l'agriculture (dont les pesticides sont un élément déterminant) permet de minimiser la surface agricole nécessaire pour nourrir la population mondiale et réduit donc la pression pour la destruction d'espaces naturels en faveur des terres agricoles. Cet argument reste difficile à chiffrer mais les données scientifiques actuelles penchent plutôt en sa faveur au niveau européen. ■

⁵ Mutualité Sociale Agricole, organisme de sécurité sociale des agriculteurs et salariés de l'agriculture.

⁶ www.msa.fr/lfr/sst/phyt-attitude

⁷ www.forumphyto.fr/2014/11/13/agrican-les-travailleurs-agricoles-se-portent-mieux-que-le-reste-de-la-population-et-ca-ne-plait-pas-a-tout-le-monde/

⁸ Troubles musculo-squelettiques.

L'ère du numérique et des progrès technologiques



Crédit photo : Michel Morel

Si le XIX^e siècle a été celui de l'industrialisation et le XX^e siècle celui de la chimie, le XXI^e siècle sera celui du numérique. L'enjeu : une amélioration des rendements afin de nourrir une population planétaire en expansion démographique et également de produire de l'énergie (biocarburants, biomasse, etc.), tout en assurant une empreinte environnementale positive. En raison de l'ampleur du défi, toutes les technologies disponibles se doivent d'être mobilisées.

Les biotechnologies (avec des techniques déjà bien établies telles que la mutagenèse ou la transgénèse et de nombreuses techniques émergentes [1]) vont permettre d'obtenir des variétés plus résistantes aux maladies ou s'adaptant à des sols et des conditions climatiques difficiles avec des rendements améliorés. De nouvelles molécules phytopharmaceutiques de synthèse sont mises au point, conjuguant efficacité et moindres doses. De nouvelles approches pour les méthodes de biocontrôle seront développées.

Les réseaux de fermes « à haute valeur environnementale » (fermes Agéris par exemple) permettent de poser les bases d'une utilisation optimisée des intrants et des ressources (eau, énergie) ainsi que d'une meilleure gestion des effluents avec du matériel agricole de plus en plus performant.

L'ensemble de ces innovations bénéficie en outre de la formidable révolution numérique en cours qui accompagne aussi de nouveaux outils d'aide à la décision. Des logiciels basés sur des modèles prédictifs sophistiqués prennent en compte des variables climatiques, agronomiques (date de semis, variétés cultivées, rotations) qui, combinées aux connaissances acquises sur les bioagresseurs, permettent d'anticiper l'évolution des maladies (par exemple le modèle Presept pour la septoriose du blé [2]).

Grâce aux nouveaux outils de surveillance, la parcelle agricole n'est plus considérée comme une entité homogène, mais comme une agrégation de zones aux besoins différenciés. La photo satellite est déjà parfaitement opérationnelle pour la gestion de la fertilisation et la géolocalisation des maladies (le système Farmstar couvre aujourd'hui 740 000 ha en France). Des caméras embarquées sur des tracteurs couplées à un système de géo-localisation et à un système de distribution du produit de traitement phytopharmaceutique permettent de moduler les doses d'intrants (voir par exemple le système *Intelligent Localized Spray* décrit dans [2]). Des drones, d'utilisation souple et pouvant être gérés individuellement, peuvent acquérir une vision différenciée au sein de la parcelle et, suivant les réglementations existantes, distribuer certains intrants [3].

Ces outils innovants sont l'essence même de l'agriculture de précision : traiter là où il le faut, au moment où il le faut et avec la dose qu'il faut, pour réduire les impacts des produits phytosanitaires sur l'environnement et, plus généralement, développer une agriculture à la fois productive et soutenable. Plus de science et plus de technologie sont ainsi indispensables à une agriculture plus durable permettant de subvenir aux besoins de tous.

Catherine Regnault-Roger

[1] "New plant breeding techniques State-of-the-art and prospects for commercial development", European Commission Joint Research Centre 2011. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC63971.pdf>

[2] Rouzet J., Délos M., Le Henaff G., 2005 - « Modélisation et mise en œuvre de modèles dans le cadre du conseil phytosanitaire » - . In Regnault-Roger C., *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Lavoisier Tec & Doc, Paris : 309-341

[3] Regnault-Roger C., 2014, *Produits de protection des plantes : innovation et sécurité pour l'agriculture durable*, Editions Lavoisier, 318 p.

[4] Regnault-Roger C., Délos M., Rouzet J. : « OAD et Agriculture numérique : moyens de mieux protéger les plantes avec moins d'intrants ? » 11^e CIMA AFPP, Tours , 7-9 décembre 2015.

Tous les pesticides ne sont pas des produits de protection des plantes

Dans l'esprit de M. Tout-le-monde, quand on parle de pesticides, on voit un tracteur qui fait des épandages dans un champ. Ils sont de ce fait associés à l'agriculture. Cette simplification est abusive car si on utilise des pesticides pour lutter contre ce qu'on appelle les bioagresseurs des plantes (agent pathogènes, ravageurs, mauvaises herbes), on les utilise aussi pour lutter, par exemple, contre les poux de la chevelure des enfants et aussi pour soigner les abeilles, les chiens, les chats ou le bétail. Non, tous les pesticides ne sont pas des produits de protection des plantes. D'ailleurs, sémantiquement, le mot pesticide vient de l'anglais et signifie « tuer les nuisibles » (« -cide » venant du latin *caedere* : abattre, tuer ; *pest*, en anglais, dérivant de peste en vieux français). C'est donc un terme très général. Au Canada, on parle plutôt de produit antiparasitaire.

C'est suivant l'usage qui en est fait que les pesticides sont classés par la réglementation de l'UE (usage phytopharmaceutique, biocide ou vétérinaire).



© AndrisT | Dreamstime.com

● **Assurer la santé des plantes** : c'est l'usage phytopharmaceutique pour contrôler les bioagresseurs des plantes qui englobent un vaste éventail d'espèces appartenant à plusieurs règnes, comme les insectes ravageurs des plantes (contrôlés par des insecticides), les champignons ou bactéries qui causent des maladies aux plantes (fongicides, bactéricides), les mauvaises herbes (herbicides) ; les nématodes (nématocides), également les rongeurs (rodenticides). On utilise ces produits pour l'agriculture mais aussi dans les zones non agricoles comme les espaces verts, jardins, les parcs, les golfs, etc. (usage ZNA).

● **Assurer la santé des hommes** : c'est l'usage biocide, non agricole. On utilise les pesticides pour l'assainissement des locaux et des milieux infestés. C'est d'ailleurs dans ce registre que le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) insecticide organochloré, s'est d'abord illustré. Son emploi a jugulé dans l'armée américaine une épidémie de typhus qui s'était déclarée au cours de la Campagne d'Italie en 1943 en s'attaquant aux poux vecteurs de la maladie. Une autre victoire à son actif : la régression considérable du paludisme dans le sous-continent indien, en décimant les populations de moustiques vecteurs du parasite Plasmodium qui transmettent la maladie. Plus récemment, les épidémies de Chickungunya à la Réunion en 2005-2006 et aux Antilles en 2014, ont été traitées avec des épandages d'insecticides de la famille des pyréthrénoïdes pour venir à bout des moustiques vecteurs de l'agent pathogène.



© Andrey Popov | Dreamstime.com



© Michalludwiczak | Dreamstime

● **Assurer la santé des animaux** : c'est l'usage vétérinaire. Quelques exemples : protection des bovins (ex. : le fenvalérate contre les tiques et les mouches) mais aussi des chiens ou des chats (ex. : le fipronil contre les puces et tiques) ou des abeilles domestiques contre la varroase (tau-fluvalinate, amitraze).

On remarquera que les substances actives pesticides peuvent à la fois être autorisées pour des usages phytopharmaceutiques ou biocides : par exemple le tau-fluvalinate utilisé comme produit phytopharmaceutique (pour le traitement des pucerons sur les parties aériennes des carottes, asperges, laitues, arbres et arbustes, etc.) et comme produit vétérinaire contre le *Varroa destructor* chez l'abeille ; ou encore la perméthrine qui a un usage biocide (contre les moustiques vecteurs du Chickungunya) et un usage vétérinaire (contre les poux, tiques et puces des chiens).

Catherine Regnault-Roger

Et les pesticides naturels ?

Hervé This

Hervé This est physico-chimiste et directeur du Centre international de gastronomie moléculaire Agro-ParisTech-INRA. Il est également directeur scientifique de la Fondation Science et Culture Alimentaire de l'Académie des sciences, secrétaire de la section Alimentation humaine de l'Académie d'agriculture de France.



Pourquoi les « pesticides » sont-ils parfois stigmatisés ? Analysons avant de mettre en œuvre des stratégies de diffusion d'une information juste et efficace. Si les activistes sont très visibles publiquement, par définition, beaucoup de nos concitoyens sont simplement indifférents ou ignorants, sans connotation péjorative : les notions utiles à la compréhension de la nature des pesticides leur échappent, ce qui explique d'ailleurs leurs comportements incohérents (les mêmes qui ont un discours anti-pesticides utilisent parfois des doses massives de désherbants dans leur jardin ou dans leur potager).

Je ne suis pas prêt d'oublier cet échange avec un boucher nivernais, lors du dernier Salon de l'Agriculture. À la suite d'une présentation de mon livre *La cuisine note à note*¹ (une cuisine qui fait usage de composés purs, tout comme la musique électroacoustique fait usage d'ondes sonores de fréquences définies), cet homme m'avait demandé si les produits que je présentais étaient « chimiques », tout en admettant qu'il ne comprenait pas la différence entre « chimique », « artificiel » et « synthétique ». Il s'est émerveillé quand je lui ai décrit les expériences simples, pratiques, par lesquelles la chimie décompose de l'eau, ou en synthétise. En réalité, il n'avait rien contre la chimie, mais il n'en connaissait rien et, avant notre discussion, aurait pu adhérer de bonne foi à tout discours intelligemment construit, pour ou contre les pesticides.

Le discours anti-pesticides mêle ceux qui ont peur de composés dont ils ne comprennent pas l'action, ceux qui luttent contre le « grand capital » (incarné en l'occurrence par les industries phytosanitaires), ceux qui prônent un retour à la « nature » sans bien comprendre les conséquences (ou inconséquences ?) de leurs choix, ceux qui sont désinformés... Quand il est question d'idéologie, inutile de discuter des aspects techniques, seul le terrain politique peut être abordé. Dans les autres cas, des arguments rationnels sont recevables.

¹ Belin éditeur, 2012.

L'un d'eux est que « 99,99 % des pesticides de l'alimentation sont d'origine naturelle », comme titrait un article publié en 1990 par le toxicologue américain Bruce Ames qui, avec ses collègues, a testé les pesticides présents dans l'alimentation. Des dizaines de milliers de cancérigènes végétaux sont connus et chaque espèce de plante en contient quelques dizaines. Quand les plantes sont agressées, elles augmentent la production de ces composés à des doses qui peuvent être toxiques pour l'être humain.

Au total, Bruce Ames et son équipe ont montré que les Américains mangent en moyenne chaque jour 1,5 gramme de pesticides naturels, soit 10 000 fois plus que de pesticides de synthèse. 99,99 % des pesticides de l'alimentation américaine sont produits par les végétaux pour se défendre naturellement contre les agresseurs. Sur cinquante-deux pesticides naturels qui ont été testés sur des animaux, la moitié sont cancérigènes pour des rongeurs... et sont présents dans de nombreux aliments. Corrélativement, les petites doses de la plupart des pesticides de synthèse sont insignifiantes.

Les animaux ont évolué avec les plantes et ont progressivement acquis des défenses contre les composés toxiques végétaux (les « pesticides naturels »). Ces défenses agissent tout autant contre les composés toxiques naturels et contre les pesticides de synthèse : les enzymes de détoxification, tels les cytochromes P450, ne connaissent que les motifs chimiques. Les études de comparaison de toxicités de pesticides naturels ou synthétiques ont montré que, à fortes doses, une large proportion de composés naturels ou synthétiques sont cancérigènes, mutagènes, tératogènes et clastogènes (30 à 50 pour cent pour chaque groupe).

En toxicologie, la règle première est que tout est poison et que c'est la dose qui fait que quelque chose n'est pas poison. Les tests avec des fortes doses ne donnent d'informations que pour des expositions très particulières, ou médicales. Pour de petites doses, la question est bien différente et, pour mieux guider les politiques publiques, autrement que par un immobilisant principe de précaution mal interprété, Bruce Ames réclamait des études sur les petites doses. Mais la question est difficile car de telles études, qui portent sur de petits effets, doivent inclure un grand nombre d'individus sur des durées très longues. Surtout, lorsqu'il s'agit de communication au public, il semble essentiel d'enseigner à relativiser les risques (et bien les distinguer des dangers)... sans pour autant espérer trop de résultats pour ceux qui ne veulent pas admettre que cette relativisation soit souhaitable (il faudrait comprendre pourquoi). Je me demande si nous ne devrions pas plutôt adopter une double stratégie : beaucoup d'explications ouvertes, pour ceux qui veulent les entendre, et, par ailleurs, la stratégie de la litanie, ainsi résumée par Lewis Carroll : « *Ce que je dis trois fois est vrai* ». Dans un tel dispositif, l'utilisation de l'École est essentielle : présentons aux jeunes citoyens des faits à partir desquels ils seront ensuite en mesure de se faire leur propre idée. Dans cette perspective, l'enseignement des sciences de la nature dès les petites classes est primordial pour le bon fonctionnement de nos communautés. ■

[1] Bruce Ames, Margie Profet et Lois S. Gold, « Dietary pesticides (99.99 % all natural) », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* (vol. 87, pp. 7777-7781, oct 1990).

Le naturel et le synthétique : idées reçues

Extraits de « Neuf idées reçues passées au crible de la science », Bruce N. Ames et Lois S. Gold, magazine *La Recherche*, n°324, octobre 1999. Bruce Ames est professeur émérite de biochimie et de biologie moléculaire, membre de l'Académie des sciences américaines.

« Contrairement à l'opinion répandue, [...] les résidus de pesticides synthétiques dans les plantes utilisées pour l'alimentation sont en quantité insignifiante en comparaison des pesticides naturels. Dans l'alimentation humaine, 99,99 % des pesticides absorbés sont d'origine naturelle.

La cuisson d'aliments produit des matières brûlées – environ 2 mg par personne et par jour – qui, elles aussi, contiennent de nombreuses substances classées cancérigènes pour les rongeurs. En comparaison, les résidus des 200 produits chimiques de synthèse censés être les plus importants, tels qu'ils ont été mesurés par la Food and Drug Administration, ne représentent qu'environ 0,09 mg par personne et par jour, soit vingt fois moins [...].

Qui sait aussi que, dans une tasse de café, la quantité de composés naturels cancérigènes pour les rongeurs est à peu près égale en poids à la dose de résidus de pesticides synthétiques absorbée par un individu en un an ? Et cela, alors même qu'à peine 3 % des substances naturelles présentes dans le café ont fait l'objet de tests adéquats de cancérigénicité.

Attention, cela ne signifie pas que le café ou les pesticides naturels sont dangereux ! Il s'agit plutôt d'interroger la pertinence d'une extrapolation des effets observés chez des animaux soumis à de fortes doses pour estimer les effets des faibles doses sur les hommes. De toute façon, il est exclu d'imaginer un régime alimentaire exempt de substances naturelles reconnues comme cancérigènes pour les rongeurs [...].

Pour établir les priorités en matière de recherche et de politique de santé, il est précieux d'avoir la vision la plus large possible de la grande diversité de substances chimiques auxquelles sont exposés les êtres humains. Or, l'hypothèse selon laquelle les composés synthétiques sont a priori plus dangereux a conduit à l'absence d'essais systématiques sur les produits naturels : trois substances sur quatre testées en administration chronique chez les rats ou chez les souris sont d'origine synthétique [...]. De nombreux aliments très communs ne franchiraient pas les contrôles réglementaires appliqués aux produits chimiques synthétiques ! Mais ni les uns ni les autres ne sont peut-être dangereux, étant donné la faiblesse des doses absorbées. »



Les agriculteurs français sont-ils surconsommateurs de pesticides ?

Philippe Stoop

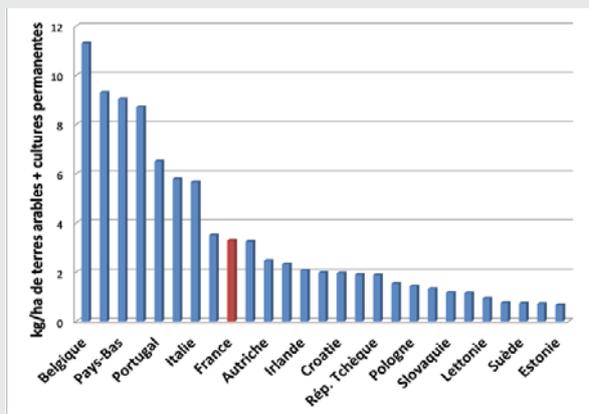


Philippe Stoop, Docteur-Ingénieur en agronomie, est le directeur Recherche et Innovation de la société iTK, spécialiste des outils d'aide à la décision pour l'agriculture raisonnée et intégrée. À ce titre, il travaille avec l'ensemble des acteurs du monde agricole : Instituts de recherche, chambres d'agriculture, distributeurs agricoles, et sociétés de l'agrofourniture.

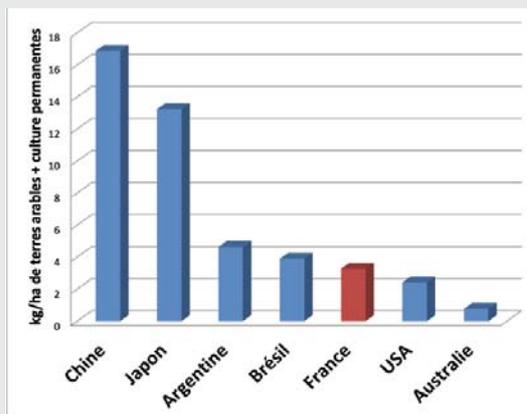
C'est un des clichés les plus fréquents sur les agriculteurs français. Ils seraient « addicts » aux pesticides¹, jouets des lobbies de l'agrochimie et de la distribution agricole. L'affirmation repose sur un seul argument, répété à satiété : la France est le troisième marché mondial pour les pesticides, après les États-Unis et le Japon. Étonnant, étant donné la taille du pays. C'est oublier que la

France est le plus grand pays agricole de l'Union Européenne et un producteur non négligeable à l'échelle mondiale. Et surtout, qu'il s'agit du marché calculé en valeur et non en volume. Si on s'intéresse aux quantités employées, qui sont beaucoup plus représentatives des comportements des

Consommation de pesticides ramenée à la surface agricole



Union Européenne



Principaux pays exportateurs

Surface agricole considérée : terres arables et cultures permanentes. Chaque fois qu'il était disponible¹, nous avons employé l'indicateur agro-environnemental de référence de la FAO, la consommation d'ingrédients actifs dans les terres arables et cultures permanentes, (CIA TACP), en 2009. Pour les pays où cet indicateur n'était pas disponible, nous l'avons estimé en faisant la somme des consommations d'herbicides, fongicides et insecticides, ramenée à la même surface. Ce calcul sous-estime un peu la consommation globale, car il néglige quelques catégories de pesticides mineurs (traitement de semences par exemple). Source : FAO STAT.

¹ C'est-à-dire l'Argentine, l'Australie, le Brésil, la Croatie et la Grèce. Faute de données 2009, les dates de calcul des CIA TACP sont 2005 pour la Belgique, 2007 pour la Lettonie, Malte et la République Tchèque, et 2001 pour l'Espagne.

¹ Voir par exemple « Les raisons de l'addiction française aux pesticides », *Le Monde* du 29 octobre 2012.

agriculteurs et des impacts environnementaux, la situation de la France n'a rien d'atypique, au contraire (figures ci-dessous).

Parmi les grands producteurs agricoles mondiaux, la France se situe en milieu de tableau. Les pays d'Asie orientale, très peuplés par rapport aux terres agricoles disponibles, ont choisi une intensification très poussée, et se retrouvent largement en tête des consommations en pesticides. À l'autre bout du spectre, l'Australie, handicapée par un climat globalement aride mais disposant de surfaces immenses par rapport à sa population, a une agriculture extensive avec un très faible niveau d'intrants. Les grands pays exportateurs du continent américain, également peu peuplés, bénéficient d'un climat plus favorable que l'Australie. Ils ont intensifié davantage leurs productions, et se situent à un niveau intermédiaire. L'Union Européenne se situe également dans ce groupe intermédiaire. C'est une des régions du monde qui dispose du meilleur potentiel agronomique, mais elle est aussi assez fortement peuplée, ce qui l'a orientée vers une agriculture intensive (à un degré moindre que l'Asie orientale), pour préserver son autonomie alimentaire.

La France est de peu au-dessus de la moyenne européenne. Elle est même un des meilleurs élèves de l'Europe de l'Ouest. Il y a néanmoins des écarts énormes entre pays, et nombre d'États européens ont des consommations nettement plus faibles. Sont-ils particulièrement vertueux ? C'est peu probable, si on regarde ces chiffres avec un œil d'agronome, en tenant compte des cultures et du climat.

Les moyennes nationales ne veulent pas dire grand-chose, tant les consommations varient d'une culture à l'autre. Le tableau ci-dessous présente l'utilisation des pesticides en fonction des cultures en France.

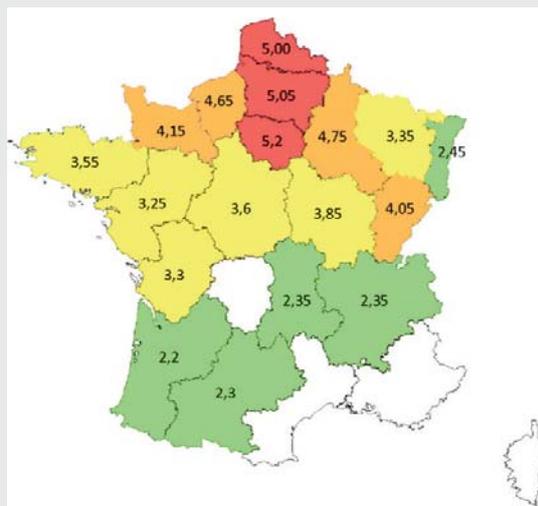
<i>Indices de Fréquence de Traitement des principales catégories de production agricole en France en 2006</i>								
	Viticulture	Pomme de table	Grandes cultures					Pomme de terre
			Toutes grandes cultures	Blé tendre	Colza	Tournesol		
IFT	12,5	36,5	3,8	4,1	6,1	2,1	16,7	

« L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction », site du Ministère de l'Agriculture, 12 janvier 2012. <http://agriculture.gouv.fr>

Avec sa forte proportion de vigne, d'arboriculture et de productions légumières, trois à neuf fois plus gourmandes en pesticides que le blé, il n'est pas très étonnant que la France en utilise davantage que la Suède !

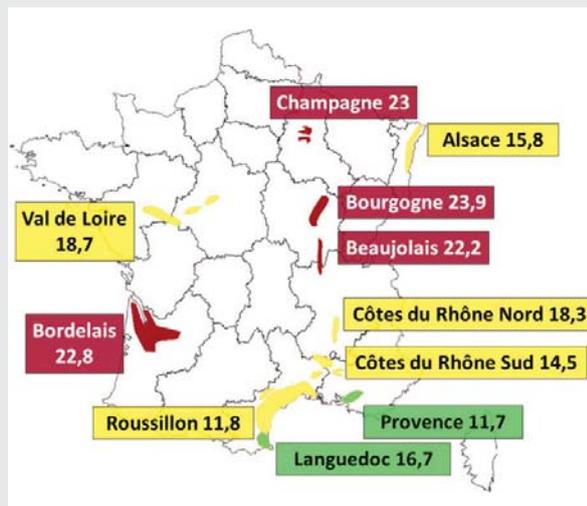
Le climat joue également un rôle essentiel. Océanique, donc doux et humide dans l'ouest de l'Europe, il est beaucoup plus favorable aux ennemis des cultures que le climat continental d'Europe centrale, avec ses hivers froids et ses précipitations estivales irrégulières, ou que le climat sec des zones méditerranéennes. Cet effet s'observe déjà, sur la carte de France des pesticides sur le blé et la vigne, les deux cultures les plus consommatrices dans le pays (figure ci-dessus).

Consommation de pesticides ramenée à la surface agricole



Indice de fréquence de traitement (IFT) total sur blé tendre

Moyenne des enquêtes Pratiques Culturelles 2006 et 2011¹. Régions en blanc : non prises en compte, car surfaces trop faibles pour être significatives.



Nombre total de traitements appliqués sur vigne

Enquêtes Pratiques Culturelles 2013²

¹ http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier18_iftespece.pdf

² <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/pratiques-culturelles/viticulture-565/>

Les céréaliers alsaciens ou aquitains emploient en moyenne moitié moins de pesticides que leurs collègues du Nord de la France et de Picardie. Cet écart est essentiellement dû aux fongicides. L'effet du climat sur la pression de maladies explique aussi pourquoi les surfaces de blé bio sont majoritairement dans la moitié sud du pays.

Pour les mêmes raisons, les vignerons provençaux consomment beaucoup moins de pesticides que les champenois ou que les producteurs du Val de Loire. Si les gradients climatiques vers le sud et l'est sont déjà très sensibles à l'échelle de l'hexagone, il n'y a rien d'étonnant à ce que les agriculteurs français en moyenne consomment plus que leurs collègues espagnols ou d'Europe centrale.

Les comparaisons internationales ne signifient donc rien si elles ne sont pas segmentées par culture, et si elles ne tiennent pas compte du climat.

En l'absence d'indicateurs objectifs à l'échelle européenne, l'analyse des pratiques agricoles françaises démontre en tout cas trois choses :

- Dans le contexte européen et mondial, la France est proche de la moyenne de la consommation de pesticides. Ce classement « moyen » est même plutôt méritoire compte tenu de la forte présence en France de cultures fortement consommatrices de pesticides, comme la vigne et l'arboriculture fruitière et de la prédominance du climat océanique, beaucoup plus favorable aux maladies et ravageurs des cultures que les climats continentaux et froids de l'Europe de l'Est et de la Scandinavie, et que l'aridité du climat espagnol.

- La présence de la France sur le podium des trois plus gros marchés mondiaux des pesticides (en valeur) s'explique donc essentiellement par le coût particulièrement élevé de ces produits en France, beaucoup plus que par les quantités employées. Un coût élevé en partie dû au fait que les agriculteurs français emploient une forte proportion de produits récents, ayant un meilleur profil toxicologique que les produits génériques utilisés majoritairement dans les pays en voie de développement, mais plus coûteux car encore protégés par les brevets.
- Les agriculteurs français adaptent déjà bien leurs traitements en fonction du risque climatique propre à leur région. On est loin des pantins manipulés par le lobby agrochimiste, que dépeignent les ONG environnementalistes.

Une version plus longue de cet article est disponible sur notre site Internet.

Les organismes génétiquement modifiés pourraient-ils apporter des alternatives ?



Les PGM rendues résistantes à des pathogènes ou tolérantes à des herbicides expriment des transgènes codant différentes sortes de molécules : des pesticides issus du vivant (toxines Bt par exemple), des ARN interférents ou des protéines de capsides antivirus, des protéines de résistance à des herbicides, etc. Ces produits sont connus pour ne pas exercer d'effets indésirables sur les consommateurs et l'environnement. Selon ISAAA [1], la culture des PGM exprimant un ou plusieurs gènes Bt a fait diminuer l'utilisation des pesticides en particulier pour le maïs et le cotonnier. La culture de certaines PGM s'accompagne d'une augmentation significative des épandages de glyphosate mais en parallèle d'une diminution nette d'autres herbicides connus pour présenter une toxicité supérieure aux doses utilisées. Les épandages de bactéries Bt sont une pratique courante en agriculture biologique. Les toxines Bt sont donc considérées comme n'étant pas néfastes pour les consommateurs et l'environnement [2]. Une méta-analyse [3] a révélé que la culture des PGM a permis d'augmenter les rendements de 21,6 %, de diminuer les épandages de pesticides de 36,9 % et d'augmenter les revenus des agriculteurs de 68,2 %, en particulier des plus démunis.

Louis-Marie Houdebine

[1] C. James, 2014, Situation mondiale des cultures commerciales des plantes GM, Brief 46), C.Benbrook (Environmental Sciences Europe, doi :10.1186/2190-4715-24-24) et E. Stokstad (www.sciencemag.org/site/special/pesticides/infographic.xhtml).

[2] http://www.organicagcentre.ca/NewspaperArticles/na_bt_bug_f.asp

[3] Klümper et Quaim, (2014) PLoS ONE 9(11) : e111629. doi :10.1371/journal.pone.0111629

« Mon propre domaine, la chimie, souffre d'une suspicion ou d'un rejet semblable. Là aussi, le malentendu est de taille. On oppose "chimie" et "nature". Mais une substance est toujours chimique, qu'elle soit naturelle ou pas, qu'elle soit produite par une plante ou un animal ou fabriquée dans un laboratoire. Il n'y a pas de raison qu'un produit naturel soit moins toxique qu'un composé synthétique, qui est en fait généralement plus pur ».

Jean-Marie Lehn (Prix Nobel de Chimie).

« Ne pas éteindre la lumière du futur », SPS n°304, avril 2013

Témoignage d'un agriculteur

L'attachement à l'usage des produits phytosanitaires

Jean-Jacques Hautefeuille



Jean-Jacques Hautefeuille est agriculteur dans le Loiret et élu à la chambre locale d'agriculture Loiret sur la liste FDSEA.

Pourquoi les agriculteurs sont-ils attachés à l'usage des produits phytosanitaires ? Cette question, beaucoup de personnes se la posent. Si l'on en croit tout ce qui se dit et s'écrit, se passer des produits phytos

serait juste une question de volonté. C'est un peu comme le tabac, il suffirait de suivre une cure de désintoxication. Les bios y arrivent bien, eux ! Et comme les multinationales du tabac sont coupables d'encourager la dépendance, les industriels de la protection des plantes, les distributeurs ou les coopératives sont accusés de manipuler les agriculteurs (voir ainsi, par exemple, l'action de Greenpeace le 13 mai 2015 contre la coopérative InVivo accusée « d'empoisonner les agriculteurs »).

Les critiques de l'agriculture productiviste nous expliquent que, si nous en sommes là, c'est à cause de l'INRA, de la FNSEA, des banques, etc. Mais qui peut croire que l'évolution de l'agriculture française aurait pu être différente de celle des autres pays industriels ? Peut-on imaginer, dans l'économie contemporaine mondialisée, une agriculture française qui en serait restée aux techniques d'il y a un siècle ?

En Angleterre, en Allemagne, aux USA et dans bien d'autres pays, l'agriculture a suivi une évolution similaire, voire bien plus radicale si on considère le pourcentage de la population agricole dans le total de la population active. Au contraire, le syndicalisme a freiné et rendu plus supportable une évolution qui aurait pu être encore plus brutale.

Pourquoi les agriculteurs se sont-ils mis à utiliser des produits phytosanitaires alors qu'au début du XX^e siècle, ils n'en utilisaient pratiquement pas ? Les produits phytosanitaires ne sont qu'un aspect de toutes les transformations qui ont affecté le mode de production agricole. Il y a également les engrais de synthèse, l'amélioration génétique des semences, la mécanisation, la spécialisation des productions. Il faut se rappeler qu'avant la deuxième guerre mondiale, le travail agricole reposait essentiellement sur la force humaine. Le principal moteur de l'évolution de l'agriculture a été l'exode rural, l'attrait de l'industrie qui proposait de meilleurs salaires et un plus grand confort de vie. Ceux qui sont restés ont dû faire face à plus de travail pour moins d'actifs. Il a fallu s'adapter. La mécanisation et le désherbage à l'aide de produits phytosanitaires ont permis une amélioration considérable de la productivité du travail agricole.

Fils d'agriculteurs, j'ai connu l'agriculture des années 60 où les enfants aidaient à la sortie de l'école et pendant les vacances. Le désherbage chimique des céréales existait déjà grâce aux herbicides antidicotylédones. En revanche, pour une culture comme la betterave à sucre, le désherbage se faisait encore manuellement. C'était un travail long et fastidieux qui cessa rapidement avec l'invention de la monogerme génétique (la graine de betterave est multigerme et pour ne laisser qu'une seule plante tous les 20 cm, il fallait enlever à la main les plantes surnuméraires : cette opération s'appelait le démariage) et l'arrivée de désherbants spécifiques. Autant que la mécanisation, le désherbage chimique a été dans le monde agricole une révolution qui a libéré le travailleur d'une tâche ingrate. C'est en quelque sorte un acquis social. La très grande majorité des agriculteurs n'est pas prête à y renoncer tant qu'elle n'aura pas une solution de remplacement efficace et rentable. Nous sommes aujourd'hui au XXI^e siècle. Les nouvelles technologies sont déjà très présentes en agriculture (guidage du tracteur par GPS, robot de traite) et je suis convaincu que dans un futur pas très lointain, nous aurons à notre disposition des robots désherbeurs qui permettront dans beaucoup de situations de se passer de désherbants tout en ayant un résultat équivalent. Si nos politiques veulent vraiment réduire l'usage des phytos, c'est dans cette direction qu'ils doivent mobiliser les énergies et les capitaux, pas dans des usines à gaz tel qu'Écophyto¹ !

Les agriculteurs sont des gens pragmatiques. Ils n'obéissent pas à des conseillers qui ne seront pas les payeurs. S'ils constatent qu'une solution fonctionne chez leur voisin, ils vont l'essayer. D'abord sur une parcelle. Puis, si c'est concluant, ils testeront plus grand l'année suivante. La diffusion des nouvelles techniques de production dans le monde agricole a été largement étudiée par les sociologues. Ils ont classé les agriculteurs selon leur plus ou moins grand intérêt pour l'innovation. Le métier d'agriculteur s'exerce à la vue de tous et chacun regarde ce que fait son voisin. Il suffit que quelques



précurseurs testent une nouvelle machine, un nouveau produit pour que, si l'essai est concluant, les suiveurs l'adoptent à leur tour l'année suivante. Il y a évidemment des récalcitrants, hostiles à toute idée d'évolution des techniques. Ils vont mettre en avant les inconvénients, évoquer le tassement des sols par les tracteurs, demander si les engrais de synthèse ont la même valeur nutritive que les fumiers, si le produit alimentaire a le même goût, etc. Mais ils sont en fin de compte extrêmement peu nombreux et disparaissent par le simple fait qu'arrivés à la fin de leur carrière, ils n'ont pas de successeurs et leurs terres vont agrandir une exploitation modernisée.

¹ Écophyto est un ensemble de dispositions initiées en 2008 à la suite du Grenelle Environnement et visant à réduire progressivement l'utilisation des pesticides en France.

La visibilité de l'activité agricole est essentielle dans la diffusion des techniques. Montrer à son voisinage qu'on sait cultiver, que le sillon est droit, la parcelle propre et la récolte abondante, c'est la fierté de l'agriculteur et la garantie du respect des collègues. Jusqu'en 1992, année de la réforme de la politique agricole commune, l'agriculteur visait l'optimum



technique plus qu'économique. En fait, les deux se confondaient. Cette fin des années 90, que j'ai vécue comme agriculteur, réintroduit le raisonnement économique dans l'utilisation des intrants. On observe une stabilisation, voire une baisse des quantités commercialisées tant en engrais de synthèse qu'en produits phytosanitaires alors que la production agricole continue d'augmenter, avec l'objectif d'un rendement par hectare élevé. Pourquoi cet objectif ?

La réforme de 1992 soumet les grandes cultures (céréales, oléagineux et protéagineux) à la concurrence internationale (les productions animales conservent leurs organisations de marché qui ne sont démantelées que depuis peu, comme l'illustre par exemple la fin des quotas laitiers). Les céréaliers du bassin parisien, même s'ils sont perçus comme des « gros » par nos compatriotes, sont des nains comparés aux agriculteurs des pays du Nouveau Monde (Amérique, Australie) et aussi de l'ancienne URSS. Les études conduites par Arvalis [1] montrent que c'est notre productivité par hectare élevée et sa régularité d'une année sur l'autre qui nous permet d'obtenir un prix de revient compétitif. Ce rendement élevé implique de mettre en œuvre toutes les technologies disponibles et l'utilisation des produits phytosanitaires en fait partie.

Si la volonté de la société est de réduire l'usage des produits phytosanitaires, ce n'est pas dans la mise en œuvre des techniques du passé qu'il faut chercher des solutions, mais bien dans les innovations que la science moderne nous propose. La lutte contre l'enherbement peut passer par une automatisation du désherbage manuel, c'est-à-dire comme évoqué précédemment, par sa robotisation. En ce qui concerne la lutte contre les maladies et parasites, le premier moyen de contrôle en amont des phytos, c'est d'accroître la capacité de la plante à résister. C'est ce qui s'appelle l'amélioration génétique des plantes. Il faut également citer les techniques de biocontrôle qui sont prometteuses mais qui pour le moment proposent peu de solutions en grandes cultures. ■

[1] *Perspectives agricoles* N° 349, octobre 2008, Valérie Leveau, ARVALIS.

L'agriculture biologique, son lobby, ses pesticides

Stéphane Adrover



Stéphane Adrover est l'auteur du blog *Imposteurs*.

« *La France doit être à l'offensive sur l'arrêt des pesticides [...]. Le grand avenir du vin, c'est qu'un jour tous les vins soient bios [...]. Il y a maintenant des maladies professionnelles reconnues chez les ouvriers viticoles* ». Ainsi s'exprimait Ségolène Royal dans une interview sur France 3 [1].

Ignorance ? En réalité, seul le mouvement ésotérique de l'agriculture biodynamique prétend proscrire totalement les pesticides. L'agriculture biologique en utilise, pour les mêmes raisons que les agriculteurs conventionnels : protéger les cultures contre les parasites et les ravageurs. Madame Royal aurait-elle réellement l'intention de priver l'agriculture biologique de l'éventail de pesticides autorisés par son cahier des charges ? Sait-elle que la viticulture bio utilise largement des produits à base de cuivre, dont elle ne saurait se passer pour lutter contre le mildiou ?

Sa déclaration illustre la confusion sémantique qui associe le mot pesticide à l'« agriculture industrielle », à l'« agrochimie » et à des dommages réels ou supposés sur l'environnement ou la santé humaine. Pourtant, l'agriculture biologique utilise des produits qui ont exactement la même fonction que ceux autorisés dans l'agriculture conventionnelle [2] : insecticides, acaricides, fongicides, molluscicides, etc. Obligés de le reconnaître, les « anti-pesticides » s'empressent de préciser qu'il ne s'agit pas de pesticides de synthèse mais de pesticides « naturels », surfant ainsi sur une superstition largement répandue selon laquelle tout ce qui est naturel est forcément bon.

« Naturel » n'est pas synonyme d'inoffensif

La notion même de pesticides « naturels » est très discutable : personne n'a jamais vu de sol viticole spontanément couvert de bouillie bordelaise, un mélange de sulfate de cuivre et de chaux, utilisé en agriculture tant biologique que conventionnelle (voir encadré).

On ne s'attend pas à trouver naturellement de l'huile de *neem*, arbre originaire d'Asie, dans des cultures maraîchères marmandaises. Si l'agriculture biologique n'utilise pas de molécules issues de la chimie de synthèse, elle procède à des associations plantes/pesticides qui ne sont pas naturelles, dans le sens où elles n'auraient pas lieu sans l'intervention humaine.

La principale idée reçue est que les pesticides bio « naturels » sont nécessairement meilleurs pour la santé ou pour l'environnement. Or, comme n'importe quel pesticide, ils sont susceptibles de nuire à des organismes non-cibles.

Ainsi, le cuivre utilisé en agriculture biologique présente un profil écotoxicologique d'autant plus négatif qu'il s'accumule dans les sols. Il est très toxique pour les organismes aquatiques (comme c'est le cas du pyrèthre de Dalmatie, un insecticide végétal) ou ceux du sol. Des études expérimentales ont mis en évidence sa bioaccumulation dans le foie, les reins et l'estomac. Chez l'être humain, une exposition respiratoire à la bouillie bordelaise peut provoquer des altérations pulmonaires [3].

La roténone, une molécule extraite de plantes tropicales désormais interdite par l'Union européenne, est neurotoxique (voir encadré).

« Naturel » ou « synthétique », un pesticide reste un pesticide

Un pesticide, qu'il soit utilisé en agriculture biologique ou qu'il soit synthétique (qualifié de « chimique ») reste un pesticide et doit être considéré selon une même problématique : quel est son danger potentiel pour l'environnement et pour la santé humaine ? Quel risque lui est associé ? Quelles préconisations en découlent en termes d'usage

L'écotoxicité de la bouillie bordelaise

Historiquement développée comme anti-mildiou dans le vignoble bordelais, la bouillie bordelaise et les autres dérivés minéraux ou organiques à base de cuivre sont utilisés en raison d'un spectre d'activité étendu sur les arbres fruitiers (abricotier, cerisier, poirier, pommier, prunier, noisetier), les cultures maraîchères et fruitières (tomate, artichaut, carotte, chou, haricot, mâche, poireau, melon, fraisier), la pomme de terre et la vigne : chancres bactériens, cloque du pêcher, septoriose, tavelure, mildiou, etc.

La phytotoxicité que développe le cuivre métallique est atténuée par l'utilisation de formes organiques. Les matières actives sont relativement persistantes sur les feuillages ou les fruits. Les préparations sont bon marché, ce qui explique leur succès en dépit d'effets secondaires pervers. En effet, ce métal s'accumule dans le sol acide et porte atteinte à la biodiversité microbienne tellurique et à la biomasse. Des plantes pérennes ou des successions culturales sont affectées par la présence de cuivre dans le sol. Selon les concentrations, cette incidence négative peut être irréversible.

L'Institut de recherche de l'agriculture biologique (IRTAB) cherche des alternatives pour diminuer la consommation importante que fait l'agriculture biologique de ce minéral écotoxique. La réglementation européenne limite la quantité de cuivre métal à l'hectare à 30 kg sur 5 ans soit 6 kg par an en vigne bio, qui est la culture sur laquelle il est le plus utilisé. On peut se demander pourquoi les autorités ne décident pas des mesures de restriction plus sévères alors que les effets néfastes sont avérés.

Catherine Regnault-Roger



La roténone, naturellement dangereuse



Paraderris elliptica, plante dont on extrait la roténone.

La roténone est une molécule extraite de plantes tropicales. Avec la nicotine et le pyrèthre, c'est un des insecticides historiques utilisés d'abord empiriquement, puis sous forme de formulations phytopharmaceutiques quand les molécules actives des extraits furent caractérisées à la fin du XIX^e, début du XX^e siècle. Elle a été très largement utilisée en agriculture biologique.

Son action destructrice sur les neurones qui synthétisent la dopamine a été mise en évidence dès 2000 [1] et confirmée depuis par de nombreuses publications scientifiques. Une étude épidémiologique a établi un risque de développer la maladie de Parkinson multiplié par 2,5 pour les utilisateurs de roténone par rapport au groupe témoin [2]. En 2008, le dossier scientifique étant clairement étayé, cette molécule est interdite dans l'Union européenne (UE).

Toutefois, elle restera utilisée jusqu'en 2011, à titre dérogatoire à la demande de ses utilisateurs, en France et dans deux autres pays de l'UE (Italie, Royaume-Uni), pour le traitement des arbres fruitiers, des plantes ornementales et des pommes de terre, faisant ainsi perdurer trois ans de plus le risque neurodégénératif pour les opérateurs et les travailleurs agricoles ou les riverains proches des parcelles traitées.

Catherine Regnault-Roger

[1] Betarbet R, Sherer TB, MacKenzie G, Garcia-Osuna M, Panov AV, Greenamyre JT, "Chronic systematic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease". *Nat Neurosci*, 2000, 3:1301–1306

[2] Tanner CM et al., "Rotenone, paraquat, and Parkinson's disease", *Environ Health Perspect*. 2011 Jun;119(6):866-72. doi: 10.1289/ehp.1002839.

Les intrants de l'agriculture biologique

Près de 400 intrants sont autorisés en agriculture bio. Parmi eux, des produits dont on ne connaît pas toujours la composition ou qui ne sont pas exempts de toxicité ou d'écotoxicité.

Des biofertilisants à la composition incertaine figurent dans le cahier des charges de l'agriculture bio : on trouve du guano, des farines de sang, de plumes, de viande ou d'os, des fientes de volaille, de la poudre de poils, etc. dont la composition exacte est éminemment variable en fonction de la source d'approvisionnement. Les contaminations microbiennes sont en terrain favorable.

Large emploi du cuivre écotoxique. La bouillie bordelaise est un fongicide minéral à base de sulfate de cuivre et de chaux dans de l'eau, ce qui donne une bouillie claire bleu-vert. Ce produit considéré comme naturel n'en est pas moins issu d'une formulation chimique que les inventeurs, le botaniste Alexis Millardet et le chimiste Ulysse Gayon, professeurs de l'Université de Bordeaux, ont mis de longs mois à réaliser dans les années 1880.

Des extraits végétaux neurotoxiques ou perturbateurs endocriniens. À base d'extraits botaniques, ils figurent parmi les pesticides connus les plus anciens employés en protection des plantes : l'huile de *neem* (perturbateur endocrinien) en Inde (voir encart) ; la nicotine, le pyrèthre ou la roténone (neurotoxiques) qui sont des insecticides historiques utilisés d'abord empiriquement, puis sous forme de formulations phytopharmaceutiques.



Catherine Regnault-Roger

et de précaution ? Quels avantages peut-on en attendre ?

Malheureusement, les pourfendeurs des pesticides de synthèse (« chimiques ») et les pouvoirs publics manquent de cohérence. L'ONG Générations futures, qui s'est empressée de réclamer l'interdiction immédiate du glyphosate [4] dès la communication du CIRC (Centre International de recherche sur le cancer, organisme dépendant de l'OMS et qui a classé le glyphosate dans la catégorie des cancérigènes probables), n'a jamais protesté contre la dérogation accordée jusqu'en 2011 par le gouvernement français pour l'utilisation de la roténone. Par ailleurs, elle s'efforce de minimiser les dangers des pesticides utilisés par l'agriculture bio [5].



Autre incohérence : une intense campagne a été menée contre les insecticides néonicotinoïdes, suspectés d'être à l'origine du déclin des colonies d'abeilles (ce déclin a en fait des causes multifactorielles). L'assemblée nationale a voté leur interdiction à partir de 2016. Pourquoi, en 2014, a-t-elle autorisé l'huile de *neem* (voir encadré) ? Cette huile, expliquait un député [6], est utilisée dans plusieurs pays européens « comme alternative aux pesticides ». Malgré ses effets toxiques connus sur les insectes pollinisateurs, le ministre de l'Agriculture a invité les professionnels à déposer une

Références

- [1] « Royal veut que les jardineriers retirent le désherbant Roundup de la vente libre », *France Info*, 14 juin 2015.
- [2] Pour une liste complète, voir le Guide des produits de protection des cultures utilisables en France, Institut technique de l'agriculture biologique.
- [3] Ineris, fiche toxicologique, fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques.
- [4] www.generations-futures.fr/petition/action-demandons-le-retrait-du-glyphosate/
- [5] www.generations-futures.fr/sinformer/idees-recues/
- [6] <http://questions.assemblee-nationale.fr/q14/14-57587QE.htm>
- [7] Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris*, *Ecotoxicology*, January 2015, Volume 24, Issue 1, pp 130-142

demande d'autorisation, précisant qu'une dérogation avait déjà été accordée pour le traitement des pommiers. Deux mois plus tard, une étude [7] a confirmé, sur des bourdons exposés à la substance active de l'huile de *neem*, ses effets létaux très importants, même à des concentrations très inférieures à celles utilisées dans les champs. Il a également été établi que le produit affecte la reproduction des bourdons et que leur descendance présente des malformations. Cette étude n'a eu aucun écho dans les médias. ■

SCIENCE... & pseudo-sciences  www.pseudo-sciences.org
Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

L'huile de *neem* : un « produit bio » hasardeux autorisé après un intense lobbying

L'huile de *neem* est utilisée de manière ancestrale en Inde comme insecticide (les insectes ne peuvent plus se reproduire) et comme contraceptif masculin. Son composant majeur, l'azadirachtine, est bien connu pour ses effets perturbateurs endocriniens.

En avril 2011, l'azadirachtine contenue dans de l'huile de *neem* extraite du margousier (*Azadirachta indica*) est inscrite sur la liste positive des substances autorisées dans l'UE, à la suite d'un lobbying intense (l'interdiction de la roténone impliquait de trouver un produit « bio » de substitution). L'inscription sur la liste positive n'entraîne pas automatiquement une autorisation de mise sur le marché (AMM) dans un État membre. Ceci relève d'une nouvelle procédure à laquelle sont soumises les spécialités phytopharmaceutiques. En France, l'AMM ne fut pas accordée dans la foulée, peut-être parce que la responsabilité est grande d'autoriser un produit qui peut avoir un impact négatif sur les milieux aquatiques et la fertilité masculine, et provoquer des atrophies chez les jeunes abeilles en dépit d'une bonne biodégradabilité due à sa photosensibilité. Par le biais des questions au gouvernement, pour satisfaire la demande pressante de l'agriculture biologique, plusieurs députés français ont demandé pourquoi l'huile de *neem* n'était pas autorisée en France.



Cette insistance paya puisqu'une autorisation dérogatoire et provisoire pour le produit NEEMAZAL®-T/S, à base d'azadirachtine, fut accordée en août 2014 après avis de l'ANSES « *qui n'a pas identifié de risque inacceptable pour l'opérateur dans les conditions d'emploi précisées* ». À savoir, pour lutter contre les pucerons sur pommier, des vêtements spéciaux très protecteurs pour l'opérateur quasiment transformé en cosmonaute : au cours de la phase d'épandage, sans la protection d'une cabine de tracteur, il doit porter une combinaison de travail avec capuche de catégorie III type 4, des gants en nitrile à usage unique. Des vêtements normés sont aussi strictement indiqués pour les phases de nettoyage du matériel de pulvérisation ou de la confection du mélange (combinaison déperlée et en plus tablier ou blouse de type III, gants, etc.).

Si l'opérateur respectant bien les consignes de sécurité est ainsi protégé, qu'en est-il du consommateur, du riverain des vergers, des espèces non-cibles et plus généralement de l'environnement ? L'ANSES, dans son avis, a bien précisé que faute d'avoir été saisie sur ce point, elle n'a pas évalué les risques pour le consommateur et pour l'environnement.

Cette autorisation, dans ces conditions, est-elle bien fondée ? Il est surprenant que les tenants d'une agriculture « non chimique » et sans OGM, qui sacralisent la protection de l'environnement, ignorent, dans ce cas précis, le principe de précaution qu'ils invoquent souvent, non seulement en matière de santé publique et de santé animale mais aussi d'équilibre des écosystèmes.

Catherine Regnault-Roger

Pesticides et santé des agriculteurs

Philippe Stoop



Même si la réglementation n'autorise la mise sur le marché des pesticides qu'après des tests toxicologiques très approfondis, il est toujours possible que ces tests, réalisés en laboratoire et sur des animaux, n'aient pas détecté des dangers potentiels cumulatifs à long terme pour la santé des utilisateurs. Deux types d'effets indésirables sont envisageables :

- des intoxications accidentelles lors des traitements. En France, ce sujet est suivi par le réseau de toxicovigilance Phyt'attitude de la MSA (Mutualité Sociale Agricole), qui recense les incidents déclarés volontairement par les agriculteurs [1] ;
- des effets à long terme qui pourraient apparaître tardivement, sans intoxication décelable, suite aux expositions chroniques des agriculteurs et travailleurs agricoles. De tels effets, s'ils existent, sont évidemment beaucoup plus difficiles à mettre en évidence, et nécessitent des études scientifiques longues et complexes.

Le réseau Phyt'Attitude recense chaque année en moyenne deux cents cas d'intoxications déclarés. S'agissant de signalements volontaires, il est probable que ce chiffre sous-estime la réalité, mais il n'en reste pas moins très faible. Ainsi, en 2013, les accidents liés aux pesticides représenteraient 3,3 % des 15 000 accidents recensés.

En fait, les inquiétudes majeures portent sur le risque de maladies chroniques qui pourraient apparaître tardivement. De nombreuses études ont donc été réalisées sur ce thème. Le sujet est complexe, car il existe de nombreuses familles chimiques différentes, avec des modes d'action très variés. Il est difficile d'établir *a posteriori* à quels produits un agriculteur a pu être exposé au long de sa vie, et plus encore de quantifier cette exposition. En conséquence, s'il y a maintenant un consensus scientifique assez clair sur les maladies surreprésentées chez les agriculteurs, nous allons voir que les causes de ces maladies restent assez mal cernées.

Les principales études

Deux rapports de synthèse récents (2013) ont fait le point des connaissances scientifiques : un rapport européen, publié par l'EFSA [2] (European Food Safety Authority) et une expertise collective française de

l'INSERM [3]. Ces deux rapports traitent de l'ensemble des effets suspectés, aussi bien sur les consommateurs que sur les agriculteurs. Pour les agriculteurs en particulier, il est intéressant de suivre également les publications relatives aux deux principales cohortes mondiales les concernant. La plus ancienne, « Agricultural Health Study » (AHS), regroupe près de 90 000 personnes aux États-Unis depuis 1993. En France, la cohorte AGRICAN, constituée en 2005, est encore plus vaste puisqu'elle comprend 180 000 personnes. En raison de sa constitution plus récente, elle n'a livré que des résultats préliminaires, mais qui montrent déjà une bonne cohérence avec ceux obtenus par l'AHS et les méta-analyses précédentes.

Il faut noter que ces deux cohortes suivent à la fois des agriculteurs utilisateurs et non utilisateurs de pesticides afin de permettre une comparaison.

L'expertise INSERM retient onze pathologies pour lesquelles un lien avec l'exposition aux pesticides est soupçonné, avec un degré de présomption plus ou moins fort : huit formes de cancer, et trois maladies neuro-végétatives. Deux d'entre elles ont été classées récemment comme maladies professionnelles des agriculteurs en France : la maladie de Parkinson en 2012, et le lymphome non hodgkinien en 2015 (un cancer des cellules sanguines). Dans les deux cas, ce classement indique expressément la responsabilité des pesticides.

Cancers : un risque global plus faible que la population générale, avec quelques types de tumeurs à surveiller

En ce qui concerne les cancers, contrairement à ce qu'on imagine souvent, toutes les études indiquent que leur fréquence globale est significativement plus faible chez les agriculteurs que dans le reste de la population, avec des résultats contrastés suivant les types de tumeurs. Dès la fin des années 90, deux méta-analyses américaines donnaient déjà des résultats assez convergents pour dresser un tableau cohérent des particularités des cancers chez les agriculteurs (figure 1).

Dès cette époque, il apparaissait déjà que les cancers des appareils respiratoires et digestifs (les plus nombreux dans la population générale) sont moins fréquents chez les agriculteurs. D'autres cancers (essentiellement des cellules sanguines, du système nerveux ou de la prostate) sont par contre plus fréquents chez eux, mais comme ils sont plus rares (à l'exception du cancer de la prostate), les agriculteurs sont globalement nettement moins exposés au cancer que la population générale.

Cette plus faible prévalence globale des cancers chez les agriculteurs s'explique probablement par un mode de vie plus sain que celui des populations urbaines : en effet, les cancers les plus sous-représentés chez les agriculteurs sont ceux associés au tabac (les agriculteurs fument moins que la moyenne), et à l'alimentation : cancers des voies respiratoires et digestives.

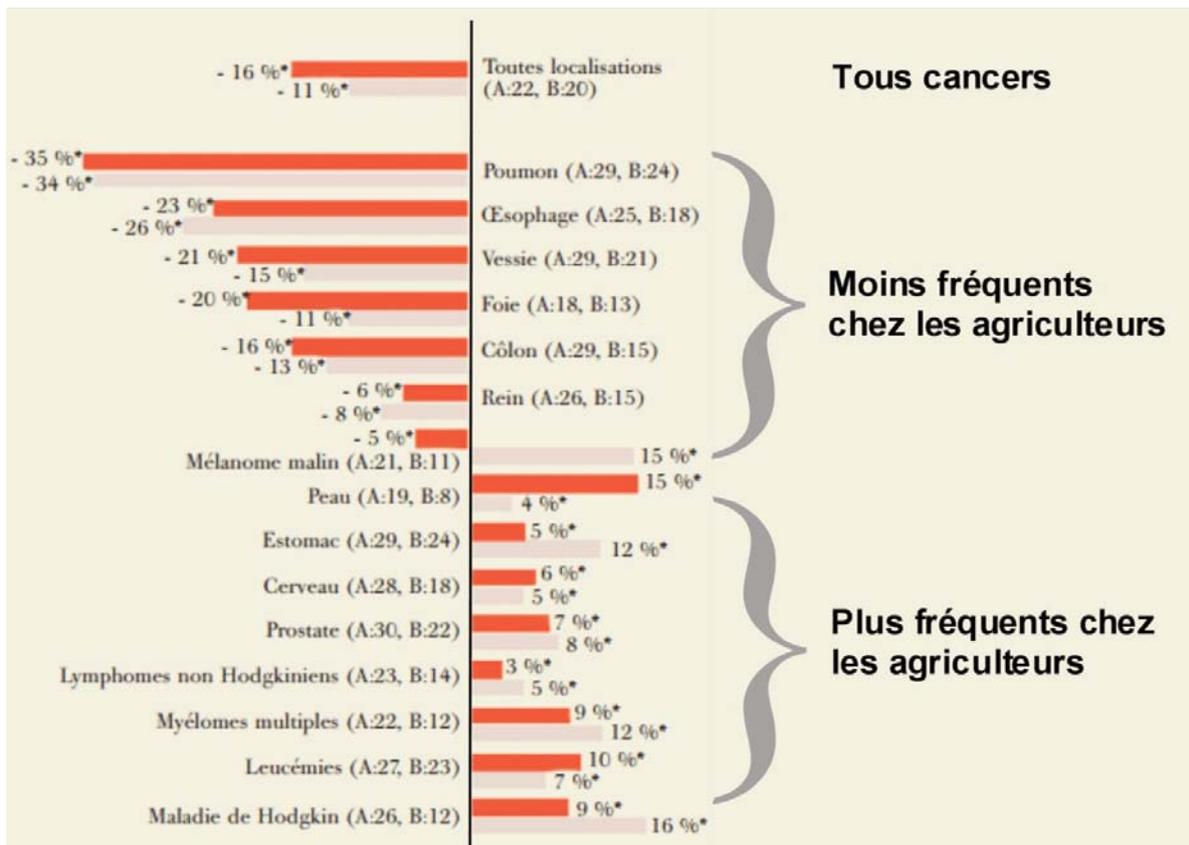


Figure 1. Synthèse des méta-analyses réalisées sur le risque de cancer en milieu agricole par A. Blair en 1992 (en rouge) et J. Acquavella en 1998 (en rose) (Source : Baldi et Lebailly, 2007 [4]). Exemple de lecture : l'étude Blair a trouvé que la prévalence du cancer du poumon est inférieure de 35 % chez les agriculteurs par rapport à la population générale, l'étude Acquavella 34 %.

Le suivi des cohortes AHS et AGRICAN ont depuis confirmé ce constat dans les grandes lignes. Les résultats actuels (2014) de la cohorte AGRICAN donnent même des résultats encore plus rassurants, puisque, pour l'instant, deux types de cancer seulement, (myélome multiple chez l'homme, mélanome chez la femme), y sont plus fréquents que dans la population générale.

Nous l'avons vu, l'expertise collective INSERM retient huit catégories de cancer associées à l'exposition aux pesticides : cancer de la prostate, cancer du testicule, mélanomes malins et tumeurs cérébrales, et quatre formes de cancer des cellules sanguines ou de la moelle osseuse (lymphomes non hodgkiniens, leucémies, myélomes multiples, maladie de Hodgkin). À l'exception du cancer de la prostate, il s'agit de cancers relativement rares, ce qui complique l'identification du facteur responsable.

D'autres facteurs environnementaux que les pesticides ont été parfois invoqués. Par exemple, une étude américaine sur la cohorte AHS a observé une présence plus forte du myélome multiple chez les éleveurs (pourtant moins utilisateurs de pesticides que la moyenne), évoquant une liaison entre élevage de poules et lymphome non-hodgkinien, et une corrélation très forte entre maladie de Hodgkin et utilisation de produits vétérinaires [5].

Maladies neurodégénératives : le cas de la maladie de Parkinson

En ce qui concerne les maladies neurodégénératives, trois ont été identifiées par l'INSERM comme associées à des degrés divers à l'exposition aux pesticides : la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, et la sclérose latérale amyotrophique. Cette dernière étant une maladie rare, les données disponibles sur ses causes potentielles sont rares et disparates et l'expertise INSERM ne retient qu'un niveau de présomption faible pour son lien avec les pesticides. Le cas de la maladie d'Alzheimer est également assez incertain. Bien que fréquente, cette maladie a été relativement peu étudiée chez les agriculteurs, car elle ne semble pas plus fréquente que dans la population générale.

Références

- [1] « Statistiques des risques professionnels des non-salariés et des chefs d'exploitation agricole, Données nationales 2013 », MSA 2015 et « Bilan des observations du Réseau Phyt'Attitude (1er janvier 2008 au 31 décembre 2010) ». www.msa.fr
- [2] "Literature review on epidemiological studies linking exposure to pesticides and health effects", Evangelia E. Ntzani et al. External scientific report, EFSA. www.efsa.europa.eu/fr/supporting/doc/497e.pdf
- [3] « Pesticides : Effets sur la santé – Une expertise collective de l'Inserm », www.inserm.fr/actualites/rubriques/actualites-societe/pesticides-effets-sur-la-sante-une-expertise-collective-de-l-inserm
- [4] Baldi I., Lebaillly P., 2007, « Cancer et Pesticides », *La Revue du Praticien*, 57, 40-44.
- [5] Beane Freeman LE, DeRoos AJ, Koutros S, et al., "Poultry and Livestock Exposure and Cancer Risk among Farmers in the Agricultural Health Study". *Cancer causes & control* . doi :10.1007/s10552-012-9921-1.
- [6] www.groupagricola.com/fileadmin/mediatheque/documents/Groupe/Presse/Fevrier_2015/CP_AGRICA_Résultats_Etude_AMI_2015_VF.pdf
- [7] Parent M-É, Désy M, Siemiatycki J., "Does Exposure to Agricultural Chemicals Increase the Risk of Prostate Cancer among Farmers ?", *McGill Journal of Medicine* : MJM. 2009 ;12(1) :70-77.

Le sujet le plus préoccupant est de loin celui de la maladie de Parkinson. En effet, il est particulièrement clair qu'elle est fortement surreprésentée chez les agriculteurs. La plupart des études montrent que sa prévalence est presque double. Ce constat est à l'origine de son classement en 2012 comme maladie professionnelle des agriculteurs.

Conclusion

Les agriculteurs constituent clairement la couche de la population la plus exposée aux dangers des pesticides. Les expertises disponibles sont toutefois relativement rassurantes en termes d'impact et de maladies professionnelles. Il y a néanmoins deux maladies pour lesquelles un lien avec l'exposition aux pesticides est reconnu juridiquement en France : le lymphome non-hodgkinien et la maladie de Parkinson. ■



Les limites maximales de résidus, un indicateur de sécurité alimentaire

Catherine Regnault-Roger



Catherine Regnault-Roger est professeur émérite des universités à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Elle est également membre de l'Académie d'Agriculture de France et membre correspondant de l'Académie nationale de Pharmacie.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'alimentation représente 80 % de l'exposition aux pesticides au quotidien. Évaluer la teneur en résidus de pesticides dans les aliments et avoir des indicateurs fiables représentent deux éléments clefs pour la sécurité des consommateurs.

L'harmonisation européenne a conduit à une approche homogène en matière d'indicateurs de sécurité alimentaire. Le règlement 396/2005/CE en donne une définition juridique et indique les limites maximales applicables aux résidus de pesticides (LMR). Une base de données des LMR européennes a été mise en place et elle est régulièrement mise à jour.

La détermination des LMR européennes requiert l'avis de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, European Food Safety Authority). Cette instance établit les LMR en fonction de la concentration la plus faible en résidus pouvant être mesurée et enregistrée par une surveillance de routine sur le produit agricole. Elle évalue les risques en cas de dépassement de la dose journalière admissible (DJA, voir lexique). La Commission européenne, assistée par le Comité permanent de la chaîne alimentaire et de la santé animale (CPCASA), se prononce à partir de cet avis.

Dans les États membres, ce sont des organismes désignés par les autorités nationales qui gèrent les contacts avec la Commission européenne, l'EFSA, les autres États membres, et tous les acteurs du secteur. Ils ont également la responsabilité des contrôles afin de vérifier si les LMR sont respectées. Les analyses s'effectuent dans des laboratoires à haute technologie analytique, aujourd'hui en plein développement.

Des enquêtes alimentaires européennes

Un règlement européen (UE 915/2010) publié en 2010 définit un programme de contrôle pluriannuel. Son but est d'examiner les teneurs maximales en résidus de pesticides des denrées alimentaires et d'évaluer l'exposition du consommateur à partir de protocoles rigoureusement définis. L'objectif est de diminuer les écarts existant entre les États membres. Deux types de programmes de surveillance ont été mis en œuvre. Le premier, coordonné par l'Union européenne, porte sur trente denrées alimen-

taires considérées comme composants majeurs du régime alimentaire des Européens (fruits, légumes, céréales et produits d'origine animale).

Il existe par ailleurs un programme national de surveillance et de contrôle propre à chaque État membre (plus la Norvège et l'Islande), dont les données sont transmises à l'EFSA. Une synthèse est publiée dans l'*EFSA Journal*. Elle s'intitule « European Union report on pesticide residues in food ». Le dernier en date est celui qui a été publié le 12 mars 2015¹ et qui fait état de la campagne 2013.

Les productions européennes massivement aux normes

Au total, pour cette année 2013, ce sont 80 967 échantillons qui ont été analysés dans les programmes nationaux et dans lesquels 685 molécules pesticides ont été quantifiées. Ils proviennent pour 55 253 échantillons (soit 68,2 %) des 29 pays participants au programme et pour 22 400 échantillons (soit 27,3 %) de pays tiers hors UE dans le cadre des importations, alors que 3 314 échantillons (autour de 4 %) sont de provenance indéterminée. Le programme transversal européen a, en 2013, suivi 12 produits de consommation courante (pomme, chou, laitue, pêche et nectarine, poireau, tomate, fraise, seigle ou avoine, lait de vache, vin, viande de porc) et 209 molécules pesticides ont été évaluées dans 11 582 échantillons.

Parmi les échantillons provenant des programmes nationaux, 97,4 % des échantillons respectent les LMR (et 56,6 % d'entre eux n'ont même aucun résidu pesticide). Seuls 1,5 % des produits européens excèdent significativement les LMR. Les produits transformés excèdent les LMR pour 1,2 %. Les analyses détectent plus d'un résidu pesticide dans 22 126 échantillons (soit 27,3 %).

On constate que les échantillons en provenance de pays tiers excèdent les LMR de 5,7 %, ce qui représente une amélioration puisqu'en 2012 c'était 7,5 % des LMR qui étaient dépassées. Enfin, sur les 2 788 échantillons, toutes provenances confondues, qui sont non conformes à la légalité, 878 analyses (soit 0,01 % des échantillons) identifient des pesticides non autorisés dans l'UE, dont 679 cas proviennent de denrées importées et 186 de productions européennes (soit 0,002 %). Ces résultats soulignent que dans une écrasante majorité les productions européennes respectent les normes de sécurité alimentaire en matière de résidus pesticides.

Des produits bio ont des résidus de pesticides

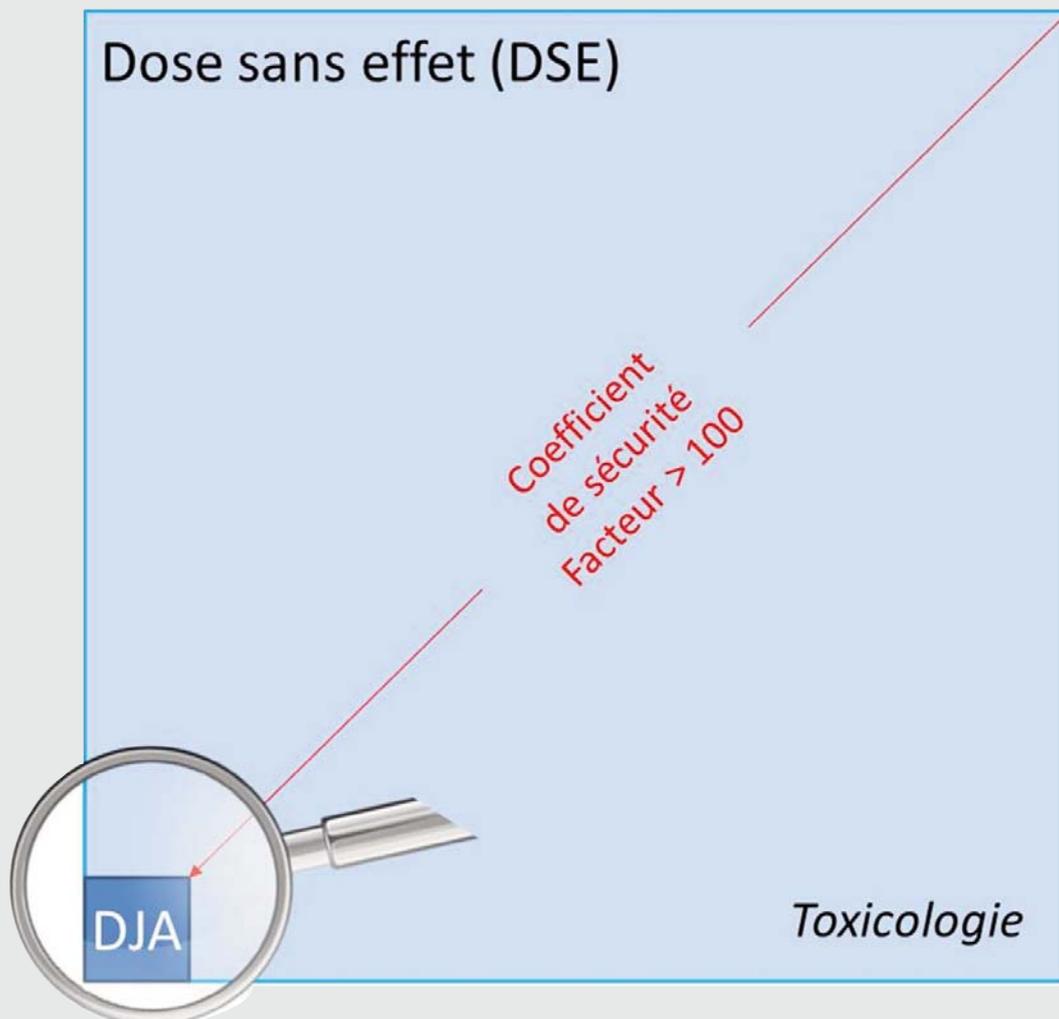
Un autre résultat attire l'attention : les analyses réalisées sur les produits bio. Sur les 4620 échantillons provenant de produits de l'agriculture biologique, 134 molécules pesticides sont détectées et 0,8 % des échantillons excèdent les LMR. Le rapport avance l'hypothèse qu'il n'y a pas forcément de fraude de la part de l'exploitant agricole mais qu'il faut examiner le contexte environnemental.

¹ EFSA Journal 2015 ;13(3) :4038 [169 pp.].

DJA, LMR, DSE, AJTM : de quoi parle-t-on ?

Dose journalière admissible (DJA) pour une substance donnée (additif, conservateur, colorant, pesticide etc.) : introduite en 1956 par le professeur René Truhaut de la Faculté de Pharmacie de Paris et président de la Commission nationale des toxiques en agriculture. C'est en 1961 que cet indicateur fut adopté par le comité international mixte FAO-OMS d'experts sur les additifs alimentaires puis par le Conseil de l'Europe. À partir de la DJA, d'autres indicateurs de sécurité alimentaire furent définis (figure). La DJA est la consommation quotidienne possible d'une substance xénobiotique (étrangère à l'organisme : médicamenteuse, toxique) au cours d'une vie entière sans risque pour la santé. Elle est fixée avec une marge de sécurité très importante (facteur de 100 ou 1000) par rapport à la *dose sans effet* (DSE).

Dose sans effet (DSE) : déterminée de manière expérimentale sur des lots d'animaux, celle-ci représente la quantité maximale de la substance qui peut être ingérée par un animal quotidiennement, pendant toute sa vie, sans troubles physiologiques (exprimée en mg/kg de poids corporel). Le facteur de sécurité de 100 ou 1000 prend en compte l'extrapolation de l'animal à l'humain et la variabilité des sensibilités à une substance donnée au sein d'une même population ou d'une espèce. Cela signifie que la DJA est égale à la DSE divisée par 100 (normalement) ou 1000 (pour les substances qui pourraient présenter un risque non avéré mais suspecté). La DSE retenue pour le calcul de la DJA se base sur la réponse de l'espèce animale la plus sensible et la plus représentative. Ces deux paramètres DJA et DSE sont donc des indicateurs de toxicologie.



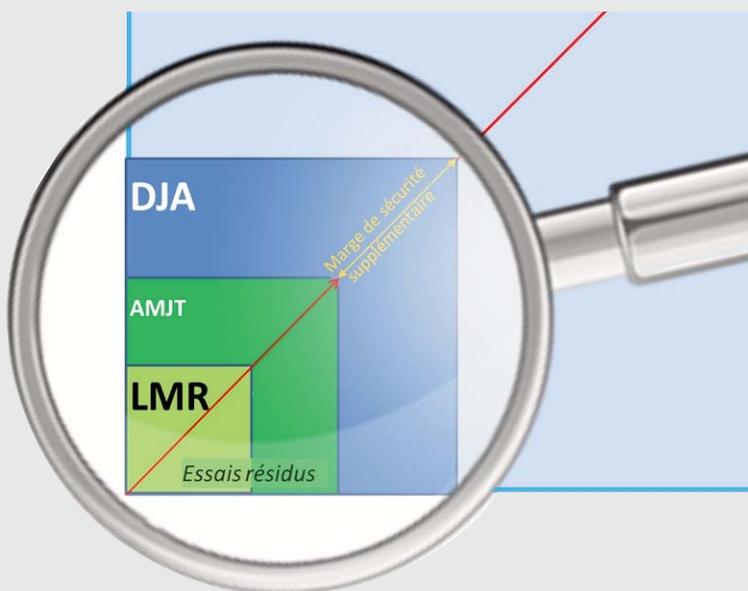
Limite maximale de résidus (LMR) : la DJA d'un pesticide s'accompagne d'une limite maximale de résidus (LMR) au-delà de laquelle la commercialisation n'est plus autorisée. Elle est déterminée afin que la quantité de résidus d'un pesticide ingérée par une population donnée ne dépasse pas la DJA, c'est-à-dire qu'elle est calculée dans un produit agricole de manière à ce qu'un apport journalier maximum théorique (AJMT) des résidus provenant d'un pesticide donné soit inférieur à sa DJA. Comme la LMR dépend des habitudes alimentaires d'un consommateur moyen (poids standard de 60 kg) représentatif d'une population, elle varie selon les pays et selon les produits. Il y a une LMR pour chaque production végétale et pour chaque pesticide.

Les teneurs en résidus pesticides dans un produit agricole sont étroitement dépendantes de la façon dont a été menée la culture. Le règlement 396/2005/CE inscrit les LMR dans le cadre des bonnes pratiques agricoles (BPA) qu'il définit comme les « modalités d'emploi des produits phytopharmaceutiques recommandées, autorisées ou considérées comme sans danger en conditions réelles ». Les BPA reposent sur le respect des

doses utilisables des produits phytosanitaires, le nombre d'applications par saison ainsi que le délai avant récolte (DAR). Il y a une LMR pour chaque production végétale et pour chaque pesticide. Dans la très grande majorité des cas, les LMR ainsi définies induisent des niveaux ingérés très inférieurs (souvent de plusieurs ordres de grandeurs) à la DJA. Les dossiers d'homologation pour obtenir une AMM (autorisation de mise sur le marché) de la substance active se basaient au départ sur des produits bruts (par ex. : fruits ou légumes ni lavés ni épluchés). Il est aujourd'hui nécessaire de présenter également dans ces dossiers une évaluation des teneurs de résidus pesticides des produits de transformation issus des productions végétales (par ex. farine, cidre).

Apport journalier maximum théorique (AJMT) de résidus : basé sur une évaluation standard de l'ensemble des aliments consommés quotidiennement par un individu moyen et donc une évaluation de la somme des résidus de pesticides contenus dans chaque aliment. L'AJTM doit être inférieur à cette DJA. Si le produit agricole n'est pas consommé à l'état brut, il faut également prendre en compte les possibles transformations (épluchage, cuisson...) qui peuvent diminuer les teneurs initiales des résidus pesticides (par exemple, le fait de consommer une orange ou une pomme pelée diminue la quantité de résidus réellement ingérée). Dans ce cas, on parle d'AJE (apport journalier estimé). L'AJE comme l'AJMT, doit être inférieur à la DJA.

Ce texte s'appuie en partie sur le livre Produits de Protection des Plantes : innovation et sécurité pour l'agriculture durable, C. REGNAULT-ROGER, éditions Lavoisier, 2014, chapitre 4.



Il n'en reste pas moins que les produits de l'agriculture biologique ne sont pas soumis à la réglementation sur les LMR au prétexte que les producteurs bio s'engageant dans leur cahier des charges à ne pas utiliser certains pesticides qualifiés de « chimiques » (de synthèse) sur leurs exploitations, les produits de l'agriculture bio ne pourraient donc pas contenir de résidus de ces pesticides « chimiques ». En 2013, ce sont donc 0,8 % des échantillons des produits bio qui sont non conformes à la réglementation sur les LMR. En 2009, on observait des dépassements de LMR de 0,4 à 0,5 % sur les 3 090 échantillons bio prélevés dans 25 pays différents (arboriculture, cultures de plein air)². Il existe donc un bruit de fond indiquant que tous les produits bio ne sont pas exempts de résidus pesticides.

Une étude de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) conforte cette constatation. Elle indique qu'au Canada 45,8 % des fruits et légumes bio analysés entre septembre 2011 et septembre 2013

contenaient des pesticides (souvent des fongicides) et que dans 1,8 % des cas, leurs teneurs dépassaient les LMR canadiennes. Les quatre cinquièmes des échantillons concernaient des aliments importés. Mais la production canadienne n'était pas en reste avec une détection d'au moins un des pesticides recherchés dans 43 % des produits bio locaux. Contamination fortuite, cas de fraude ? En effet, 8 % des aliments bio testés par les inspecteurs canadiens avaient des teneurs si élevées en pesticides qu'un non-respect du cahier des charges de l'agriculture biologique était soupçonné.

Quoi qu'il en soit, on ne comprend pas, dans ces conditions, pourquoi la production de l'agriculture biologique, soumise à une obligation de moyens et non de résultats, resterait exemptée des contrôles sur les LMR auxquels sont contraints les produits de l'agriculture conventionnelle. Car le dépassement des LMR des produits alimentaires bio concerne non seulement le respect de la réglementation sur les résidus pesticides mais *in fine* la sécurité alimentaire des consommateurs de bio.



Le journal *Que Choisir ?* a procédé à l'analyse de la teneur en pesticides d'un panel de 92 vins issus des principales régions viticoles françaises (septembre 2013). Si des traces de résidus de pesticides ont été détectées dans tous les vins testés, le journal relève que l'on reste toujours « *largement inférieure aux limites maximales de résidus (LMR)* ». Les vins bio ne font pas exception : si l'on ne retrouve en général chez eux qu'un ou deux types de résidus, « *4 bouteilles sur 10 hébergent des teneurs non négligeables de phtalimide* ». Dans tous les cas, pas de quoi s'inquiéter. Le journal des consommateurs rappelle par ailleurs que les conditions climatiques jouent un rôle direct sur les maladies de la vigne et les attaques de parasites et expliquent que les vins de Champagne ou du bordelais révèlent des teneurs supérieures à la moyenne.

² In *Produits de Protection des Plantes : innovation et sécurité pour l'agriculture durable*, Catherine Regnault-Roger, éditions Lavoisier, 2014, p 189.

Pas de risque sanitaire significatif sur le long terme

Concernant le programme transversal européen, aucun dépassement de LMR n'a été constaté pour le seigle, la viande de porc et le lait de vache ; moins de 1 % pour les produits suivants : 0,1 % dans le vin, 0,5 % dans les poireaux, 0,9 % dans les tomates et les choux. Les fraises et la laitue montrent des dépassements de LMR pour 2,5 % de l'échantillonnage. Ces aliments avaient déjà fait l'objet d'une évaluation lors de la campagne de 2010. Les résultats observés démontrent qu'il y a entre 2010 et 2012 un progrès ou une situation équivalente en ce qui concerne le respect des LMR. L'identification de pesticides non autorisés a diminué aussi.

Un calcul des DJA des pesticides auxquels pourrait être exposé le consommateur européen a été réalisé par l'EFSA. Il démontre que seul le dichlorvos dépasserait la DJA sur le long terme, mais ce produit n'étant plus autorisé dans l'UE depuis 2012, la question ne se pose plus.

L'ensemble des résultats des programmes européens de surveillance des LMR a permis à l'EFSA de conclure que, compte tenu des connaissances actuelles, les niveaux quantifiés de résidus pesticides dans les principaux aliments consommés par les Européens n'engendrent pas de risque sanitaire significatif sur le long terme pour la santé du consommateur.

Une enquête nationale

À côté de ces études européennes, la DGAL³ en France a publié un « Bilan de la surveillance des résidus de produits phytopharmaceutiques dans le domaine de la production végétale primaire en 2013 »⁴. Ce sont 769 prélèvements (dont 271 fruits et 526 légumes) qui ont été réalisés à la récolte au cours de contrôles chez les exploitants agricoles utilisateurs de produits phytosanitaires. Le cadre de l'opération était la recherche de possibles non-conformités dans l'utilisation de produits phytopharmaceutiques, les mésusages et le contrôle des zones non traitées (ZNT). Des analyses multi-résidus ont été opérées sur les échantillons, générant en tout 200 000 résultats.

Sur l'ensemble des échantillons, 641 satisfaisaient les conditions pour être examinés pour les LMR : 414 échantillons de légumes et 227 de fruits. Au total 22 échantillons de fruits et 44 de légumes sont non conformes. À cela, deux raisons : le dépassement de la LMR dans 4 cas (1 fruit et 3 légumes), mais surtout des échantillons contenaient des pesticides non autorisés ou plus autorisés sur ces cultures en France (dont 2 échantillons de fruits et 11 de légumes avec des LMR dépassant le seuil fixé dans l'UE).

Dans quatre cas, la présence anormale des substances actives était liée à la rémanence dans le sol ou au mauvais rinçage du matériel. Interviennent aussi, pour les autres échantillons non conformes, le non-respect des bonnes pratiques agricoles : l'utilisation de produits non autorisés sur la culture, ou

³ DGAL : direction générale de l'Alimentation, du Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt.

⁴ *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, n°65, p 22-26

la persistance dans la parcelle de produits qui avaient été utilisés sur la culture précédente, la dérive de produits épandus dans une culture voisine, le non-respect des délais avant récolte (DAR). La DGAL constate que ce sont 2,6 % des produits récoltés qui ont dépassé les LMR. Elle précise que chaque cas de non-conformité a donné lieu « à une suite administrative ou pénale » allant de la destruction de la récolte ou de produits phytopharmaceutiques (si ces produits ne sont plus du tout autorisés en France) jusqu'à des poursuites judiciaires. L'effort de la DGAL doit se poursuivre afin « de sécuriser l'utilisation des produits phytosanitaires et leur impact sur la santé humaine ».

Conclusion

À travers la définition d'indicateurs de sécurité alimentaires comme les DJA ou les LMR, la qualité sanitaire des produits alimentaires s'est améliorée. L'ampleur du programme de surveillance au niveau européen, ainsi que la mise en œuvre plus modeste en France d'une démarche de contrôle du respect des LMR des produits récoltés, démontrent la forte volonté des autorités européennes et nationales de limiter les risques sanitaires dus aux résidus pesticides. Il est important d'informer le public de cette réalité afin de contrer, à partir d'éléments tangibles et objectifs, les campagnes de peur et les articles alarmistes qui se multiplient ces derniers temps sur le sujet. ■

Produits de Protection des Plantes

Innovation et sécurité pour une agriculture durable

Catherine Regnault-Roger

Éditions Lavoisier, janvier 2014, 65 €, 368 pages.



La protection des plantes constitue un des enjeux majeurs d'une agriculture durable : limiter les pertes liées aux bio-agresseurs des cultures et des récoltes est indispensable pour concilier la sécurité alimentaire des neuf milliards d'humains à l'horizon 2050 et un meilleur respect de l'environnement. La conduite d'une réflexion pour une meilleure utilisation des pesticides de synthèse s'est concrétisée en 2007 par la tenue du Grenelle de l'environnement en France, ainsi que par la mise en place, en 2009, d'une nouvelle réglementation européenne sur les pesticides à usage agricole. Le développement de méthodes alternatives plus respectueuses de l'environnement et des produits de biocontrôle est à l'ordre du jour dans tous les pays. L'essor mondial des plantes génétiquement modifiées, excepté en Europe, s'accompagne de nouvelles pratiques culturales et de changements qui préfigurent une nouvelle révolution agricole. Ces évolutions et les démarches agricoles innovantes pour faire face à ce défi du 21^e siècle sont au cœur de cet ouvrage [...].

Ce livre préconise aussi les bonnes pratiques phytopharmaceutiques, ainsi que les différentes méthodes alternatives reposant sur la lutte biologique par micro-organismes ou macro-organismes, l'approche sémi-chimique à partir des phéromones et d'extraits botaniques, la stimulation des défenses des plantes et la transgénèse. Très complet, il aborde également les aspects réglementaires et économiques du secteur. Cet ouvrage s'adresse aux étudiants (écoles d'agronomie, IUT, lycées agricoles, universités), aux professeurs de l'enseignement supérieur et des lycées, ainsi qu'à tous les professionnels souhaitant compléter la formation pratique qu'ils ont reçue (par exemple le Certiphyto) et à ceux qui désirent appréhender un point de vue élargi sur la protection des plantes.

Présentation de l'éditeur.

L'association Générations futures aime faire des salades



L'association Générations futures a fait analyser 31 échantillons de salades achetées dans des supermarchés de Picardie entre le 28 mai et le 21 juillet 2015, pour une identification et quantification des pesticides¹. Résultats : « *Nous n'avons relevé aucun dépassement des Limites Maximales Autorisées (LMR) dans les échantillons testés* ».

Mais, ajoute l'association, sur les 31 salades, 5 échantillons (une salade espagnole importée et 4 salades produites en France) sont non conformes à cause de traces (non quantifiables) de résidus de pesticides non autorisés en France. Cela concerne un pesticide interdit depuis les années 1970 (deux salades ont des traces de DDT) et trois non autorisés pour un usage salade, mais autorisés sur d'autres cultures (un insecticide et deux fongicides identifiés, un par salade, dans trois salades).

La persistance du DDT est connue depuis longtemps (puisque ce fut la raison même de son interdiction mondiale pour des usages phytopharmaceutiques). De même, les autres cas rentrent parfaitement dans les situations relevées (et traitées) par la Direction générale de l'alimentation (DGAL) dans son étude de 2013, soit deux ans avant l'enquête de Générations futures, qui indique se réserver le droit de « *porter plainte auprès des instances compétentes* » ! Plainte parce que les résidus de pesticides dans les salades respectent les normes LMR européennes ? Que la DGAL a déjà eu à traiter de cas similaires de résidus pesticides non conformes dans des aliments et a pris ses responsabilités ?

Générations futures s'étonne par ailleurs que les LMR varient d'un aliment à l'autre et cite l'exemple du boscalid, dont la LMR sur laitue (30 mg/kg) est très supérieure à celle sur asperge (0,05 mg/kg), et insinue une complaisance pour masquer une utilisation excessive de pesticides sur les salades. En réalité, il n'y a ni manipulation ni complaisance. La LMR sur salade a été fixée, comme toujours, en fonction des règles habituelles (voir l'encadré sur la définition des LMR et DJA). Si la LMR sur asperge est beaucoup plus basse, c'est parce que, sur cette culture, le boscalid s'applique uniquement sur le feuillage, qui n'est pas la partie consommée. Sur l'asperge elle-même, on ne doit trouver que des résidus très faibles, si le produit a été employé selon les règles d'homologation. C'est pourquoi la LMR asperge a été fixée à un niveau beaucoup plus bas, ce qui rajoute encore un facteur de sécurité supplémentaire par rapport aux règles toxicologiques.

On saluera les voix et la presse qui se sont élevées contre cette présentation médiatico-pseudoscientifique. Le journal *Que Choisir ?* se demande s'il s'agit de « *promouvoir le bio ou dénigrer le conventionnel ?* » en soulignant que de possibles conflits d'intérêt des dirigeants de Générations futures ne sont pas à écarter².

Catherine Regnault-Roger et Philippe Stoop

¹ « Des pesticides interdits ou suspectés d'être des perturbateurs endocriniens (PE) dans des salades », Enquête EXPERT 5, 22 septembre 2015. www.generations-futures.fr/pesticides/expert-5-des-pesticides-dans-des-salades/

² « Pesticides dans les salades : Générations futures noircit le tableau », *Que choisir ?*, 30 septembre 2015. <http://www.quechoisir.org/alimentation/actualite-pesticides-dans-les-salades-generations-futures-noircit-le-tableau>

Les pesticides représentent-ils un risque de santé publique ?

Jean-Paul Krivine et Catherine Regnault-Roger

Les êtres vivants partagent tous des mécanismes physiologiques similaires. Ainsi, les pesticides visant à lutter contre des organismes vivants nuisibles ne peuvent être parfaitement spécifiques et peuvent donc, potentiellement, s'avérer plus ou moins toxiques pour des organismes non ciblés, et donc les êtres humains en particulier. Ils peuvent donc représenter un danger potentiel pour l'être humain. Mais c'est bien le risque afférent qu'il s'agit d'évaluer (voir encadré « Danger et risque »).

L'exposition aux pesticides

Les résidus chimiques, dont certains proviennent de pesticides, forment un bruit de fond dans notre environnement. Cette imprégnation des milieux résulte de l'omniprésence de produits issus de la chimie du pétrole. Les polymères de synthèse sont les éléments de base des matières plastiques partout présentes dans la vie des hommes. Certaines de ces matières plastiques sont imprégnées d'additifs (ignifugeants, colorants, stabilisants, mais aussi fongicides et bactéricides pour résister aux micro-organismes en milieu humide).

L'environnement des hommes a changé depuis un siècle et s'est traduit par exemple par un allongement de l'espérance de vie et la diminution de la mortalité infantile, deux indicateurs du mieux-être des populations. Les maladies infectieuses (peste, choléra, variole etc.) tuent moins, même si le paludisme reste un problème majeur de santé publique dans de nombreux pays en développement. Dans les pays développés, les maladies de pléthore (obésité, diabète) tuent plus et plus tard.

Des pesticides ont été utilisés de manière volontaire pour assainir des milieux ou lutter contre des épidémies ou des épizooties. Le DDT a été largement utilisé, jusque dans les années 1970-1980 pour lutter contre le paludisme.

Danger et risque

Un danger est une source potentielle de dommage. Tout ce qui existe présente des dangers : la mer, les orages, la circulation routière, la criminalité, les produits chimiques, les aliments... Le risque est la probabilité qu'un dommage survienne en cas d'exposition à un danger. Si un produit chimique est dangereux, y être exposé c'est courir un risque. Un risque s'évalue en termes de probabilité. Il est essentiel de savoir que les probabilités zéro et 100 % n'existent pas dans le monde réel, ce que l'on traduit souvent par l'expression « le risque nul n'existe pas ». On peut donc chercher à minimiser un risque et ceci d'autant plus que le danger est important et peut avoir de graves conséquences, mais on ne peut jamais l'annuler totalement, ce qui conduit à déterminer des seuils de risque considérés comme acceptables.

Source : « Pour une application raisonnée du principe de précaution », rapport de l'IESF, Ingénieurs et scientifiques de France. Octobre 2015.

Le recours à certains pesticides est toujours nécessaire, comme récemment pour juguler l'épidémie de chikungunya qui sévissait dans l'île de la Réunion ou aux Antilles.

On retrouve ainsi des résidus de ces pesticides dans l'air, dans l'eau et dans le sol, mais à des concentrations qui ne posent pas de problèmes majeurs de santé publique. Il est considéré que c'est l'alimentation qui est notre principale source d'exposition aux pesticides (90 % selon l'OMS) dans notre vie quotidienne. On ajoutera une exposition particulière pour les enfants à la contamination orale non alimentaire en raison de leurs mains plus ou moins propres.

Mais l'essentiel de l'exposition aux dangers des pesticides est professionnelle (voir l'article « Pesticides et santé des agriculteurs » dans ce dossier). En 2012, on dénombrait 5,6 millions de personnes, rattachées à Mutualité Sociale Agricole, potentiellement exposées. Cela concerne les salariés et les exploitants agricoles, les retraités, mais aussi leurs enfants. Il convient également d'ajouter d'autres catégories professionnelles telles que les employés à l'entretien des voiries, des espaces communaux, l'hygiène publique, etc.

Ainsi, toutes les études épidémiologiques pour identifier les conséquences sur le long terme d'une exposition chronique ont porté sur les agriculteurs et leurs familles ou sur les maladies à caractère professionnel d'une part, et sur les résidus présents dans l'alimentation quotidienne d'autre part.

Toutefois, depuis maintenant un demi-siècle en France, dans une démarche de prévention, la qualité des milieux fait l'objet d'une surveillance attentive.



Jean-Joseph-Xavier Bidauld (1758-1846)

La surveillance des milieux naturels

Ces travaux mettent en évidence un bruit de fond de résidus de pesticides, résultat d'une activité humaine qui n'est pas toujours agricole, mais aussi vétérinaire et biocide (assainissement). Différents organismes opèrent une surveillance attentive pour s'assurer des concentrations présentes dans l'eau et l'air afin de connaître les niveaux d'exposition pour la population.

La qualité de l'eau de l'environnement

La qualité de l'eau de l'environnement (rivières, nappes, etc., à distinguer de l'eau du robinet, évoquée plus loin) est depuis longtemps un objet de préoccupation pour les autorités publiques. En France, une loi traitant de la répartition des eaux et de la lutte contre leur pollution et instaurant des périmètres de protection autour des captages d'eau potable était promulguée dès 1964.

Un maillage de la France métropolitaine (ainsi que de l'Outre-mer) a été réalisé. En 2011, ce sont 2313 points de prélèvements pour les eaux de surface et 1922 pour les eaux souterraines, dans lesquels ont été recherchés et évalués plus de 550 pesticides différents. On constate qu'en France métropolitaine 3,8 % des prélèvements ne respectent pas les normes pour les eaux de surface et 4,7 % pour les nappes phréatiques. En revanche ces pourcentages sont nettement plus élevés dans les départements ultramarins : le chlordécone, pesticide organochloré rémanent utilisé pour le traitement des bananes étant encore très présent, plus de 20 ans après son interdiction.

Qualité de l'air

La loi sur l'air et sur l'utilisation rationnelle de l'énergie (dite loi LAURE du 30 décembre 96) énonce qu'il est reconnu à chacun « *le droit à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé* ». En conséquence, il existe en France des réseaux de surveillance de la qualité de l'air¹. Au niveau européen, des programmes de surveillance des retombées atmosphériques sont menés dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution de l'air à longue distance².

Aucune norme ne réglemente les teneurs en pesticides dans l'air car ils ne figurent pas dans la liste des 13 polluants majeurs dont les directives européennes et la législation nationale préconisent prioritairement la surveillance. Cependant, plusieurs études en région ou dans des communes ont été menées au cours des douze dernières années.

¹ www.atmo-france.org/

² La surveillance de la qualité de l'air est encadrée par des directives européennes et une réglementation française. Des seuils sont ainsi fixés pour différents polluants pour la protection de la santé humaine et de la végétation. Les polluants concernés sont : le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x) dont le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀) et de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}), le monoxyde de carbone (CO), le benzène (C₆H₆), des métaux (le plomb, l'arsenic, le cadmium, le nickel, le mercure), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), principalement le benzo[a]pyrène. Il est constaté, pour la France, une baisse de la concentration de tous les polluants suivis sur la période 2000-2014 tout en soulignant des niveaux encore élevés pour certains d'entre eux et dans certaines régions (avec pour encore la moitié des substances en 2014 le non-respect de la réglementation européenne) [4].

Ainsi, en 2008, les produits phytosanitaires présents dans l'air de deux communes de l'Allier (Saint-Pourçain-sur-Sioule et Montluçon) ont été mesurés [1] sur une période de vingt semaines s'étalant de mi-avril à septembre. Les concentrations cumulées moyennes sont faibles (respectivement 6,7 ng/m³ et 4,8 ng/m³). Plusieurs campagnes de mesures ont été réalisées en 2009 et 2010 en Poitou-Charentes [2] en milieu rural et en milieu urbain. Les molécules mesurées dans l'air sont principalement des produits utilisés en agriculture, le calendrier des périodes où ils ont été détectés correspondant aux périodes d'utilisations agricoles, mais on note également des détections liées aux traitements des jardins pour la ville de Poitiers. Une autre étude, en Île de France, recherchant la présence de quatre-vingts pesticides, a trouvé trente d'entre eux dans l'air des zones rurales et une vingtaine dans l'agglomération parisienne. Le nombre et les quantités de produits détectés sont influencés, en zone rurale, par la chronologie des activités agricoles et, en zone urbaine, par les activités d'entretien des parcs publics et des voiries ou à la réalisation des jardins d'agrément publics ou privés. L'ordre de grandeur des concentrations maximales hebdomadaires est de 17 ng/m³ en ville et de 20 ng/m³ à 55 ng/m³ selon le type d'agriculture dominant [3].

Ces études menées en milieu extérieur ne reflètent pas l'exposition à l'intérieur des bâtiments, où nous passons 85 % de notre existence. Cette exposition fait l'objet d'un suivi de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur³ qui identifie trois sources pour les pesticides : l'utilisation directe de produits contre les insectes (fourmis, mouches, moustiques, cafards...), l'émanation des matériaux traités introduits dans le bâtiment (meubles, bois, cuir, tapis) et l'air extérieur à proximité de champs traités [5]. L'Observatoire constate que les pesticides se dégradent beaucoup moins vite à l'intérieur qu'à l'extérieur car ils sont fixés sur les meubles, les tapis ou les tentures.

Exposition alimentaire : des résultats rassurants

Les aliments

La protection des populations est encadrée par des seuils de toxicité et des indicateurs réglementaires. De nombreux contrôles sont régulièrement effectués à l'échelle nationale ou européenne et montrent que les productions alimentaires sont très massivement aux normes. En Europe, dans le cadre de programmes coordonnés par l'EFSA, en 2013, 97,4 % des échantillons testés respectent les seuils réglementaires (voir l'article « Les limites maximales de résidus, un indicateur de sécurité alimentaire » dans ce dossier).

En France, il y a une quinzaine d'années, ont été initiées des « Études de l'Alimentation Totale » (EAT) suivant une méthodologie standardisée par l'OMS. Elles visent à surveiller l'exposition des populations à des substances chimiques présentes dans les aliments (résidus de produits phytosanitaires, mais aussi contaminants de l'environnement, composés néoformés, toxines naturelles, additifs, éléments traces ou minéraux par exemple). Pour l'ANSES, qui a mené la seconde vague de mesures entre 2006 et

³ <http://www.oqai.fr/>

2010 [6], « d'une façon générale, [l'étude] confirme le bon niveau de maîtrise des risques sanitaires associés à la présence potentielle de contaminants chimiques dans les aliments en France, sur la base des seuils réglementaires et valeurs toxicologiques de référence disponibles ». Pour certaines substances telles que le plomb, le cadmium, l'arsenic inorganique ou encore l'acrylamide, et pour certains groupes de populations, des risques de dépassement des seuils toxicologiques ont été relevés, « nécessitant des efforts de réduction des expositions ». Mais en ce qui concerne les pesticides, là encore, des valeurs inférieures aux valeurs toxicologiques de référence ont été constatées⁴.

L'eau potable

Le suivi sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine est réalisé en France sous la responsabilité des pouvoirs publics. Depuis la fin de l'année 2003, le contrôle de la qualité des eaux a été renforcé tout particulièrement pour les pesticides. Les analyses de plus de 450 pesticides sont réalisées dans des laboratoires agréés. Il ressort de ce dispositif que la qualité de l'eau potable délivrée en France progresse régulièrement. L'expertise collective de l'INSERM [7] indique que, en 2010, « 96 % de la population en France, soit 60,5 millions d'habitants, ont été alimentés par de l'eau en permanence conforme aux limites de qualité ». Pour les 4 % restants, si l'eau du robinet a été au moins une fois non conforme au cours de l'année 2010, elle n'a jamais dépassé « la valeur sanitaire maximale supposée indiquer des effets néfastes sur la santé »⁵.



William-Adolphe Bouguereau (1825-1905)

⁴ L'étude a recherché la présence de 283 pesticides différents. 210 (soit 74 %) n'ont pu être détectés dans les échantillons. Et 73 ont été retrouvés dans moins de 1 % des 140 000 analyses. Le seul dépassement signalé ne concerne que les forts consommateurs de cerises, et l'ANSES précise que « le risque [...] doit néanmoins être relativisé au regard de la consommation effective de ce fruit tout au long de l'année ». Les limites maximales de résidus (LMR) des substances en cause sont en cours de révision par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA).

⁵ « Concentration qui n'entraîne [...] aucun effet néfaste pour la santé, en cas d'ingestion pendant la vie entière d'une eau contenant un pesticide à une concentration inférieure ou égale à cette valeur » (Inserm, page 867). Il existe une norme réglementaire pour la qualité de l'eau potable qui est fixée à 0,1µg/l par pesticide et 0,5µg/l pour la somme des traces de tous les pesticides détectés. Cette norme a été fixée il y a plus de trente ans en prenant en compte la limite de détection des appareils analytiques à cette époque (depuis les progrès technologiques ont diminué les seuils de détection des substances). Il ne s'agit donc pas d'une norme toxicologique mais d'une norme s'inscrivant dans une logique de prévention.

Les effets à long terme

Les limites des études en laboratoire

Les effets de la toxicité chronique sont mis en évidence par des études de laboratoire sur des animaux (fonctions et organes atteints ; temps d'apparition des effets ; réversibilité). Certains composés sont reconnus comme cancérigènes ou encore perturbateurs endocriniens (voir l'article « Les perturbateurs endocriniens, sources de tous les conflits » dans ce dossier). Ces études apportent des connaissances sur les effets sur la santé à suspecter et sur les mécanismes d'actions possibles, mais s'avèrent souvent insuffisantes pour réellement cerner les effets des pesticides sur la santé. C'est pour ces raisons que l'on se tourne vers les approches épidémiologiques et que l'on a recours à des études de cohortes (suivi de l'état de santé au cours du temps d'un ensemble de personnes sur lesquelles sont étudiées les relations entre certains facteurs et l'apparition de certaines maladies).

La complexité des études épidémiologiques

Les effets à long terme sur la santé des expositions aux pesticides ont été principalement étudiés dans des populations les plus à risque, c'est-à-dire celles professionnellement exposées (voir l'article « Pesticides et santé des agriculteurs » dans ce dossier).

Pour la population générale, les expositions sont faibles, voire très faibles, et les effets attendus sur la santé sont très faibles. Pour mettre en évidence un effet très faible, il faut faire des études de grande ampleur. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST) souligne [8] la complexité de ces études concernant « *des maladies aux causes multiples comme le cancer* », ajoutant que « *bien d'autres molécules chimiques sont présentes dans l'environnement [rendant] encore plus difficile la mise en évidence d'un lien causal avec les seuls phytosanitaires* ».

Dans son rapport d'expertise collective, l'INSERM souligne que les facteurs de confusion sont nombreux et que dans la plupart des situations, « *les personnes ont été exposées à plusieurs substances actives, en même temps ou de manière séquentielle au cours de leur vie, de même qu'à de multiples autres facteurs de l'environnement liés ou non aux comportements individuels* ». La principale recommandation de l'agence est ainsi une invitation à approfondir les recherches (exposition des populations, des populations vulnérables, pendant les périodes de vulnérabilité, connaissances sur la toxicité des pesticides en mélanges, etc.).

Résidus de pesticides alimentaires et cancer : pas de lien avéré

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, dépendant de l'OMS) a établi une hiérarchie en fonction de la dangerosité des molécules considérées. Il a classé l'arsenic (dont l'usage pesticide est interdit depuis plusieurs années) comme substance cancérigène certaine pour l'être humain (groupe 1). Le captafol, fongicide appliqué en viticulture et en verger (et interdit depuis 1996), et le dibromure d'éthylène, utilisé comme nématicide (et interdit dès la fin des années 1980), sont classés comme

cancérogènes probables (groupe 2A). Dix-neuf molécules sont classées comme cancérogènes possibles (groupe 2B), parmi lesquelles plusieurs organochlorés (dont le DDT), la plupart aujourd'hui interdits [6].

Mais qu'en est-il des résidus de pesticides dans l'alimentation ? Lancé en 2001, le Programme national nutrition santé (PNNS) est un plan de santé publique visant à améliorer l'état de santé de la population en agissant sur l'un de ses déterminants majeurs : la nutrition. Dans une synthèse consacrée au lien entre nutrition et cancer [9], à la question de savoir si « *les résidus de pesticides contenus dans les fruits et légumes* »



Giuseppe Arcimboldo (1527-1593)

« *présentent un risque vis-à-vis du cancer* », la réponse est : « *non, si la réglementation est respectée* », rappelant qu'aucune étude épidémiologique n'a pu associer une consommation de fruits et de légumes à une augmentation des risques de cancer⁶.

Un rapport datant de 2007, et préparé par un panel d'experts sous l'égide de l'AICR (American Institute for Cancer Research) et de WCRF (World Cancer Research Fund), et avec la participation d'organisations comme l'OMS, a analysé la littérature disponible sur les liens entre alimentation, activités physiques et cancer [10]. À propos des pesticides, le rapport indique qu'« *à ce jour, il n'y a pas de preuves épidémiologiques substantielles qu'une quelconque de ces substances [contaminants incluant les pesticides et herbicides], seule ou en combinaison, telles qu'actuellement réglementées et habituellement consommées dans les aliments, dans l'eau ou dans les autres boissons, aient un effet significatif sur les risques de cancer* »⁷.

Risques réels et risques perçus

La crainte des résidus de pesticides dans notre alimentation va croissant. Pour 64 % des personnes interrogées en 2009 dans le cadre du baromètre IRSN⁸[11], les pesticides présentent des risques jugés élevés (et pour 28 %, des risques « moyennement élevés »). Selon un sondage IFOP réalisé en septembre 2008 [12], 87 % des Français se disent inquiets ou très inquiets

⁶ Au contraire, il est probable que la consommation de fruits et légumes réduise le risque de cancers de la bouche, du pharynx, du larynx, de l'œsophage, de l'estomac, et peut-être du poumon pour les fruits.

⁷ Traduction par nos soins.

⁸ L'Institut de Radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) suit depuis 1979 l'évolution des attitudes et des opinions du grand public sur les risques et la sécurité au travers d'enquêtes annuelles.

de la présence de pesticides dans leur alimentation. Comme le rappelle l'OPECST, si « *l'évaluation des risques perçus est certes moins cruciale que l'évaluation du risque avéré ou même potentiel, fondée sur les données scientifiques disponibles* », elle constitue néanmoins un élément de plus en

Références

- [1] Mesure de pesticides à Montluçon et Saint-Pourçain-sur-Sioule, avril à septembre 2008. Atmo Auvergne.
- [2] ORS Poitou-Charentes. Pesticides et santé, rapport n° 136 juin 2011 pp. 222.
- [3] ATMO France. Best of ATMO 2009. Revue officielle de la FNAASQA. 2009(1). 62 p.
- [4] « Bilan de la qualité de l'air en France en 2014 et principales tendances observées sur la période 2000-2014 », Commissariat général au développement durable (septembre 2015).
- [5] Produits de protection des plantes : innovation et sécurité pour une agriculture durable, Catherine Regnault-Roger, Lavoisier 2014.
- [6] ANSES, Les études de l'Alimentation Totale (EAT). www.anses.fr/fr/content/les-%C3%A9tudes-de-l'alimentation-totale-eat
- [7] « Pesticides et effets sur la santé », expertise collective de l'INSERM, 2013.
- [8] « Pesticides et santé », rapport de l'OPECST, www.senat.fr/rap/r09-421/r09-4211.pdf
- [9] « Nutrition et prévention des cancers : des connaissances scientifiques aux recommandations », www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/synthese_cancer.pdf
- [10] World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer : a Global Perspective. Washington DC : AICR, 2007.
- [11] « La perception des risques et de la sécurité par les Français », IRSN, 2009.
- [12] IFOP 2008. Sondage « Les Français et les pesticides ». www.ifop.com

plus important dans la prise de décision « *car l'acceptabilité sociale du risque et l'adhésion du public au système de régulation chargé de le gérer en dépendent largement* ».

Conclusion

En France et en Europe, les dispositifs ont été renforcés : mesures de surveillance, nouveaux instituts et observatoires, efforts de recherche. De nouvelles lois ont été promulguées, des réglementations plus contraignantes ont été appliquées. En un laps de temps très court, les pesticides persistant dans l'environnement et présentant de ce fait un risque avéré pour la santé humaine et animale, ont été retirés du marché ou soumis à des restrictions d'usage sévères. La surveillance est de mise et il n'y a pas lieu de tenir un discours alarmiste.

Tous les pays du monde n'ont pas cette même vigilance, faute de moyens (pays en développement) ou pour des raisons d'orientation socio-économique. ■



Les perturbateurs endocriniens, sources de tous les conflits

Gérard Pascal



Gérard Pascal est ancien directeur scientifique à l'INRA où il a été en charge de la nutrition humaine et de la sécurité sanitaire des aliments. Il est expert en sécurité des aliments à l'OMS.

C'est en 1991 que certains composés chimiques pouvant interférer avec le métabolisme des hormones et perturber le fonctionnement du système endocrinien sont, pour la première fois, qualifiés de « perturbateurs endocriniens » [1]. Le

vocabulaire était nouveau, mais pas le constat forgé depuis des décennies à partir d'observations faites dans la nature et en laboratoire : des composés naturels ou de synthèse peuvent avoir des effets œstrogéniques. Dès 1979, des colloques étaient consacrés au sujet (comme, par exemple, le symposium *Oestrogens in the Environment*). En 1980, des travaux expérimentaux [2] mettaient en évidence les effets transplacentaires du diéthylstilbestrol (DES) dont les conséquences en termes de cancers et de reproduction avaient été signalés par des études épidémiologiques dès le début des années 1970.

Un peu d'histoire

En remontant encore plus loin dans le passé, entre les deux guerres mondiales, Edward Charles Dodds, un chimiste anglais de l'Université de Londres à la recherche d'un puissant œstrogène de synthèse, examinait l'effet chez le rat ovariectomisé de diverses structures chimiques [3]. Parmi les molécules passées au crible se trouvait le 4,4'-dihydroxy-2,2-diphénylpropane, plus connu sous le nom de bisphénol A (BPA). Mais son activité se révéla beaucoup trop faible pour envisager, à l'époque, une application médicale¹. Dodds poursuivit ses travaux pour aboutir à la découverte de ce qu'il qualifia de « substance mère » en matière de propriétés œstrogéniques : le diéthylstilbestrol ou DES [4]. Le DES fut commercialisé à partir des années 1940 pour le traitement thérapeutique de nombreux « problèmes » féminins en relation avec les menstruations, la ménopause, les nausées pendant la gestation ou la prévention des fausses couches. Le DES fut également injecté aux bovins pour accroître la production de viande. Ainsi, pendant trente ans, il a été prescrit à des millions de femmes enceintes et injecté à des millions d'animaux jusqu'à son interdiction en clinique humaine en 1971 aux États-Unis, puis dans le monde entier (com-

¹ Il est cependant difficile de quantifier le potentiel œstrogénique du BPA. Comparée à l'activité de l'œstradiol, une des hormones naturelles chez la femme, celle du BPA varie de 100 000 fois moindre à équivalente selon le modèle expérimental et la cible choisis [24,25].

mercialisé en France sous le nom de Distilbène), lorsque les premières études épidémiologiques ont montré l'apparition de cancers vaginaux chez de jeunes femmes exposées *in utero*². Il fut ensuite interdit en élevage, en particulier aux États-Unis (en 1979) où il était largement employé.

Et c'est au début des années 1950, après que des chimistes ont synthétisé les premières résines époxy avec du BPA, que sa production commerciale commença : son avenir se révéla dans les plastiques et non dans les pharmacies !

En 1977, et devant l'importance de l'utilisation du BPA et le nombre de personnes exposées professionnellement, le *National Toxicology Program* nouvellement créé aux États-Unis, a pris l'initiative d'une étude de cancérogenèse. Le rapport rendu en 1982 conclut qu'il n'y avait pas d'évidence convaincante de cancérogénicité du BPA [5]. À partir de la plus faible dose ayant un effet délétère (50 mg/kg de poids corporel/j), l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA) a donc fixé une « dose de référence » en appliquant un facteur d'incertitude de 1000.

En 1993, des endocrinologues de l'Université de Stanford publièrent des résultats sur les effets œstrogéniques du BPA, qui fut alors considéré comme un perturbateur endocrinien [6].

En 1997 et 1998, diverses études ont montré que le BPA manifestait des effets sur le poids de la prostate de la souris et sur la glande mammaire du rat dont les mères ont été exposées à des doses bien inférieures à 50 mg/kg p. c. (de l'ordre de 0,002 à 0,3 mg/kg

Les modes d'action des perturbateurs endocriniens



Source : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

www.anses.fr/fr/content/perturbateurs-endocriniens-1

De manière générale, les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle qui peuvent interférer avec le fonctionnement des glandes endocrines, organes responsables de la sécrétion des hormones. Cette action peut passer par différentes voies :

- Le perturbateur endocrinien peut mimer l'action d'une hormone naturelle et entraîner ainsi la réponse due à cette hormone ;
- La substance peut empêcher une hormone de se fixer à son récepteur et ainsi empêcher la transmission du signal hormonal ;
- Enfin la substance peut perturber la production ou la régulation des hormones ou de leurs récepteurs.

Les perturbateurs endocriniens peuvent être d'origine naturelle (hormones et phyto-œstrogènes) ou être une conséquence des activités humaines (produits issus de l'industrie chimique contenus dans des objets de consommation courante, produits de traitement des cultures, médicaments, cosmétiques, etc.). Ils peuvent ainsi être présents, de manière naturelle ou du fait d'une contamination, dans différents milieux (eaux, aliments, produits ou articles de consommation...).

In fine, en perturbant le système endocrinien, ces substances peuvent altérer différents processus tels que la production, l'utilisation et le stockage de l'énergie et plus largement la régulation du métabolisme et le développement. Certaines de ces substances peuvent par ailleurs avoir d'autres effets toxiques, notamment sur la reproduction, et nuire à la fertilité ou perturber le développement du fœtus.

[Note à propos de ce texte : une des discussions entre scientifiques et entre agences consiste à savoir s'il existe un seuil à partir duquel ces effets peuvent se produire et, si oui, d'en déterminer la valeur.]

p. c.), soit des « doses faibles » (jusqu'à 25 000 fois moins que la dose ayant un effet délétère définie par l'EPA) et sur l'utérus du rat exposé à la dose de 0,1 mg/kg p. c./j [7,8,9].

Ces observations ont suscité de nombreuses questions. Quelle définition donner aux perturbateurs endocriniens ? La seule liaison à un récepteur aux œstrogènes suffit-elle ? Qu'est-ce qu'un effet délétère, néfaste ? Un changement de taille de la prostate ? Faut-il changer les protocoles d'évaluation du risque sanitaire ? Y inclure l'exposition durant la gestation et le développement postnatal ? Les effets des fortes doses sont-ils pertinents pour évaluer les risques de perturbation endocrinienne ?

L'époque « moderne »

De très nombreux travaux ont eu lieu depuis le début des années 2000, en particulier pour définir une dose maximale sans effet néfaste observable (*no observable adverse effect level* – NOAEL en anglais), sur les effets des faibles doses et sur l'aspect des courbes dose-réponse enregistrées.

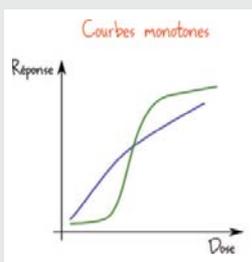
Une revue d'ensemble publiée dans *Endocrine Reviews* en 2012 [10] a fait grand bruit dans le monde scientifique, mais aussi médiatique. L'article, s'appuyant sur 845 références, produit de longues listes de composés (naturels ou de synthèse) présentés comme des perturbateurs endocriniens avec des courbes dose/réponse non monotones (de faibles doses peuvent avoir un effet plus marqué que des doses moyennes – voir encadré « La dose et ses effets »). Des effets sur différents systèmes cellulaires, lors d'études sur l'animal ou relevés dans la littérature épidémiologique et dans des conditions les plus diverses, sont exposés.

Un point important de l'étude concerne la période d'exposition pour les effets des faibles doses. L'action cancérigène du DES chez de jeunes femmes avait déjà bien été enregistrée après exposition *in utero*². Le TCDD (tétrachlorodibenzo-p-dioxine) et le BPA, manifestent également des effets chez l'adulte après exposition à faibles doses en période périnatale. Ces effets relèvent du domaine de l'épigénétique, c'est-à-dire des changements d'activité des gènes – donc des changements de caractères – qui sont transmis au fil des divisions cellulaires ou des générations sans faire appel à des mutations de l'ADN.

Les effets de faibles doses ne peuvent être prédits par ceux observés à forte dose. Mais ces faibles doses, dans la fourchette des expositions réelles enregistrées, peuvent avoir des effets délétères sur la santé de l'homme et des animaux. Ainsi, selon les auteurs d'*Endocrine Reviews*, des protocoles de plus en plus sophistiqués devraient donc émerger pour évaluer les risques des nouvelles molécules afin de diminuer l'utilisation des perturbateurs endocriniens et finalement prévenir leur impact sanitaire. Ces protocoles devraient tenir compte des effets épigénétiques et donc prendre en compte l'exposition *in utero*.

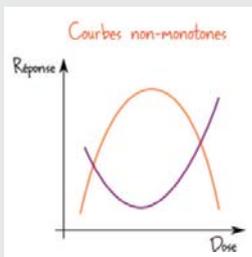
² De l'ordre de 1 sur 1 000 chez les femmes dont les mères ont été traitées au DES selon le National Cancer Institute des USA.

La dose et ses effets



L'évaluation du risque d'exposition aux composés chimiques repose aujourd'hui, pour l'essentiel, sur deux types de courbes dose/effets :

- une réponse linéaire au-delà d'une dose seuil. En deçà de ce seuil, on n'observe aucun effet. C'est le cas général.
- une réponse linéaire sans seuil. Elle concerne les composés génotoxiques et cancérigènes : seule la dose zéro est sans effet.



Toutes deux illustrent la mise en œuvre du principe de Paracelse : plus la dose est élevée, plus l'effet est important.

Les scientifiques ont mis en évidence un troisième type de courbe et montré que, dans certains cas, la courbe dose/réponse n'est pas linéaire, mais peut adopter une allure en forme de U, de U inversé ou de J. Ainsi, de faibles doses peuvent avoir un effet plus marqué que des doses moyennes. C'est en particulier le comportement de certains perturbateurs endocriniens.

Les pesticides et la définition d'un perturbateur endocrinien

Des produits phytosanitaires figurent dans les listes publiées dans *Endocrine Reviews*, dont beaucoup sont interdits aujourd'hui³. Selon les règlements européens sur les produits de protection des plantes [11] et sur les produits à activité biocide [12], des composés ayant des propriétés de perturbateurs endocriniens ne peuvent être autorisés. Des exceptions sont toutefois mentionnées pour les pesticides, comme par exemple une exposition « *négligeable dans les conditions d'utilisation réalistes* »⁴. La réglementation REACH⁵ impose par ailleurs l'identification des perturbateurs endocriniens considérés comme composés extrêmement préoccupants (*very high concern*)⁶.

Nous l'avons vu, le règlement européen « Pesticides » impose l'interdiction pure et simple d'un produit dès lors qu'il est qualifié de perturbateur endocrinien. C'est un changement majeur d'approche : le seul danger est pris en compte, et non plus le risque. Si les perturbateurs endocriniens constituent bien un danger, c'est-à-dire qu'ils ont le potentiel de causer un effet néfaste, une analyse de risque examine toujours le niveau d'exposition au danger.

³ Le seul pesticide encore autorisé et identifié dans l'étude comme « *perturbateur endocrinien ayant des effets aux faibles doses chez l'animal ou chez l'homme* » est le Chlopyriphos (huit autres étaient ou ont été interdits depuis la publication de l'étude). Ceux identifiés dans l'étude comme ayant des « *effets potentiels aux faibles doses* » sont l'Amitrole, un herbicide, le Fenoxycarb, un insecticide et le Ziram, un fongicide (huit autres étaient ou ont également été interdits depuis la publication de l'étude).

⁴ La DG SANCO (Santé et sécurité alimentaire) a mis en place, fin 2013, un groupe de travail pour déterminer ce qu'est une exposition négligeable aux pesticides, qui permettrait de proposer des seuils et d'éviter ainsi l'interdiction d'un composé. Ses conclusions sont attendues.

⁵ REACH : Registration, Evaluation, Autorisation and Restriction of Chemicals.

⁶ Notons que les régulations européennes s'intéressent, bien entendu, aux perturbateurs endocriniens dans d'autres domaines, comme les cosmétiques [13].

Cette nouvelle approche considère qu'il n'existerait aucune dose sans effet, seule la dose zéro étant acceptable. Le fait que la courbe dose-réponse ne soit pas monotone ne signifie pas, en réalité, qu'il n'y a pas de dose-seuil de toxicité. Une modification d'activité du métabolisme endocrinien n'est un effet toxique que si les possibilités de régulation homéostatique sont débordées. L'organisme est soumis à de nombreuses variations de paramètres biologiques qu'il régule normalement de manière à les conserver constants, c'est la régulation homéostatique physiologique, et c'est seulement lorsque cette régulation ne peut plus s'opérer en raison de trop grandes variations que l'on entre dans le domaine de la maladie ou de la toxicité.

Dans ces conditions, la question de la définition des perturbateurs endocriniens est primordiale, le débat risque/danger se reportant sur cette question.

Quand une question scientifique devient éminemment politique

Les enjeux autour de l'adoption d'une définition et, plus encore, de critères de qualification des perturbateurs endocriniens au plan européen, sont bien entendu considérables pour les divers acteurs. Industriels et ONG environnementalistes ne se privent pas de venir perturber la réflexion scientifique sur une question difficile. Les professionnels tentent d'obtenir, pour des raisons économiques évidentes, une définition aussi restreinte que possible afin qu'un minimum de composés soient interdits. À l'inverse, les ONG demandent qu'un maximum de produits de synthèse tombe sous le couperet de la réglementation, prouvant ainsi l'efficacité et le bien-fondé

Quand les pesticides deviennent tous perturbateurs endocriniens

Des produits phytosanitaires figurent dans les listes publiées dans *Endocrine Reviews*, dont beaucoup sont interdits aujourd'hui. Si seules quelques molécules encore utilisées y sont présentes, l'occasion était cependant trop belle pour laisser entendre que **tous** les produits phytosanitaires sont des perturbateurs endocriniens. C'est ainsi que l'on assiste aujourd'hui à des amalgames. Voici quelques exemples :



« Les PE, comme le BPA, les phtalates, les pesticides, les PCB, miment ou bloquent les hormones naturelles, entravant leur fonctionnement » (Futura-Sciences [14]),



« En mimant les œstrogènes, les pesticides activent le récepteur du noyau des cellules sexuelles au niveau du sein, de l'utérus et du cerveau » (le magazine 60 millions de consommateurs [15]),



« Les pesticides sont des perturbateurs endocriniens... » (site de l'Association Santé Environnement France – ASEF [16]).

Cet amalgame est d'autant plus facile à faire que, s'il existe un consensus sur la définition des perturbateurs endocriniens, il n'en existe pas sur les critères permettant de les identifier.

Tous les pesticides étant mis dans le sac des perturbateurs endocriniens, un second glissement est effectué : tous les perturbateurs endocriniens auraient une courbe dose/réponse non monotone. Ainsi toutes les évaluations conduites jusqu'à présent auraient minimisé les risques et la moindre trace de composés chimiques (sous-entendu artificiels) pourrait être à risques, et même davantage qu'à des doses plus importantes. Bref, en un mot, que la toxicologie se serait totalement fourvoyée et serait à complètement reconsidérer...

de leurs actions contre les lobbies et contre l'expertise des agences sanitaires accusées d'être à la solde de l'industrie dès lors qu'elles n'abondent pas dans leur sens.

Mais la question relève d'abord du débat scientifique. Il semble bien y avoir un consensus international pour adopter les définitions proposées par l'IPCS (*International program on chemical safety*) de l'OMS en 2002 [17] : « Un perturbateur endocrinien est une substance exogène ou un mélange, qui altère les fonctions du système endocrinien et par conséquent qui cause des effets délétères à un organisme intact, sa progéniture ou des (sous)-populations » ; un perturbateur endocrinien potentiel « est une substance exogène ou un mélange qui possède des propriétés qui pourraient conduire à une perturbation endocrinienne chez un organisme intact, sa progéniture ou des (sous)-populations ».

La définition est bien sûr insuffisante : des critères permettant de qualifier un composé de perturbateur endocrinien doivent être édictés. C'est pourquoi l'Union Européenne, sous la responsabilité de sa Direction Générale Environnement (DG Environnement) a mis en place, en 2010, un groupe d'experts. En 2009, cette même DG avait passé un contrat avec Andreas Kortenkamp, toxicologue anglais qui a remis son rapport début 2012 [18]. La DG Environnement semble alors en mesure de faire ses propositions.

Mais l'affaire rebondit, la Commission Européenne, à la demande d'autres DG (Santé et sécurité alimentaire, Entreprises, JRC – l'entité scientifique interne de la Commission), souhaite que les divers comités scientifiques existant au sein de l'UE, ainsi que l'EFSA (l'Autorité européenne de sécurité des aliments), s'expriment sur la question. Le comité scientifique de l'EFSA publie un avis le 28 février 2013 [19], le JRC publie son propre rapport la même année [20] et enfin, le comité scientifique sur la sécurité des consommateurs de la Commission (SCCS) adopte la définition de l'OMS (16 décembre 2014) et appuie l'avis de l'EFSA [21]. Ces documents attestent de la richesse des réflexions et font bien ressortir les accords, mais aussi les questions scientifiques en suspens. Contrairement à ce que voudraient faire croire plusieurs ONG, il n'existe pas encore de consensus scientifique dans le domaine.

Quelques questions scientifiques en débat

Risque ou danger ?

Pour l'EFSA et le SCCS, les perturbateurs endocriniens doivent être considérés comme les autres composés « préoccupants » au plan sanitaire, c'est-à-dire faire l'objet d'une évaluation de risques et pas seulement de dangers. En d'autres termes, le danger intrinsèque du composé démontré dans des conditions très éloignées de la réalité (expérimentations *in vitro*, sur modèles cellulaires artificiels...) ne suffit pas pour ne pas autoriser son emploi dans des conditions définies ; il convient d'évaluer le risque sanitaire dans les conditions réelles d'exposition d'un organisme vivant, doté de ses capacités métaboliques et de régulation.

La « saga » du bisphénol-A



Le bisphénol-A (BPA) est depuis des décennies polymérisé pour obtenir des polycarbonates et des résines époxy. Les premiers servent à l'obtention d'objets divers et les secondes tapissent l'intérieur de récipients métalliques contenant de la nourriture ou des boissons. De ces matériaux migrent de très petites quantités de BPA monomère qui se retrouvent dans certains de nos aliments. Le BPA est également présent dans les poussières et les particules de notre environnement. Il est aussi un composant de certains tickets de caisse et peut se transmettre par voie cutanée à ceux qui les manipulent. Le BPA est donc très présent dans notre environnement.

Le BPA a été considéré comme un perturbateur endocrinien dès les années 1930 (par E.C. Dodds) puis à partir de 1993 par plusieurs auteurs. Aujourd'hui, des centaines d'études mettent en évidence la perturbation de certaines fonctions biologiques et le déclenchement de pathologies. Elles ont conduit à postuler que le BPA pourrait transformer les cellules de la glande mammaire en cellules précancéreuses et pourrait être responsable de modifications du système nerveux central conduisant à une altération du comportement. À cela il faut ajouter des perturbations de l'appareil de reproduction, des modifications du métabolisme potentiellement en relation avec l'obésité [1].

De nombreuses évaluations toxicologiques ont été publiées par les agences sanitaires ces quinze dernières années¹. Jusqu'à récemment, toutes s'accordaient à fixer la « dose sans effet toxique observable » (NOAEL, *no observable adverse effect level*) à 5 mg/kg de poids corporel/j, sur la base de deux études multi-générationnelles conduites sur des animaux [2,3]. Une DJT (dose journalière tolérable, quantité d'une substance qui peut être ingérée quotidiennement pendant toute la vie sans risque appréciable pour la santé) de 50 µg/kg p. c. était définie en adoptant un facteur d'incertitude de 100.

Mais en 2011, des divergences sont apparues entre les analyses de l'agence européenne (EFSA) et celles de l'agence française (ANSES) [4,5]. En cause, en particulier, la prise en compte par l'ANSES d'expérimentations qui montraient des effets à très faibles doses, mais considérées par l'EFSA comme non concluantes en raison de faiblesses du protocole expérimental et de leur non-reproduction, mais aussi le fait que l'agence française a inclus (à juste titre) les sources d'exposition non alimentaires pour évaluer la marge de sécurité. Ces différences d'interprétation n'ont fait que s'affirmer depuis [6,7,8] avec des analyses de risque et des recommandations divergentes.

Le seuil de toxicité

L'existence d'une relation dose/réponse non monotone est-elle fréquente ? Signifie-t-elle qu'il n'existe pas de seuil de toxicité du composé étudié ? C'est une question sur laquelle n'existe pas de consensus (voir l'encadré « La saga du Bisphénol A »).

La période d'exposition

Si la dose est objet de discussions, la période d'exposition est un élément fondamental pour l'évaluation du risque. Les protocoles standards d'évaluation de risque doivent être adaptés pour prendre en compte l'exposition précoce aux perturbateurs endocriniens, dans des périodes de sensibilité particulière. Ceci n'est fait aujourd'hui qu'en partie, en réalisant une expo-

Ces discussions au plan international n'ont cependant pas été inutiles. Ainsi, l'EFSA [7] a récemment abaissé très notablement sa DJT (d'un facteur 10 environ), sur la base de nouvelles études et grâce à la mise en œuvre d'une méthodologie d'évaluation du risque qui prend en compte des modèles de pharmacocinétique.

Les évaluations ont été affinées par les agences selon des modalités différentes. Pour la FDA [9] et l'EFSA, le BPA ne constitue pas un risque, quel que soit le groupe de population concerné, compte tenu des expositions actuelles, après l'interdiction des biberons en polycarbonate aux USA et en Europe. Il ne convient donc pas de restreindre davantage son usage. Cette position est aussi celle des agences de biosécurité de divers pays : Allemagne (BfR), Japon, UK, Canada, Suisse et Hongkong.

Au contraire, l'avis de l'ANSES a conduit le gouvernement français à interdire son utilisation dans les emballages et objets en contact avec des denrées alimentaires depuis le 1^{er} janvier 2015, malgré l'absence de substituts dépourvus des mêmes inconvénients sanitaires et environnemental. La France fait donc exception.

¹ Par exemple : SCF (Scientific Committee for Food de l'Union Européenne), EFSA (European Food Safety Authority), FAO (Food and Agricultural Organisation), OMS (Organisation Mondiale de la Santé), US-FDA (Food and Drug Administration des USA), Health Canada (Agence canadienne de la Santé), ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, alimentation, environnement, travail – France).

Références

- [1] vom Saal F.S. and Hugues C., An extensive new literature concerning low-dose effects of Bisphenol A shows the need for a new risk assessment, 2005, *Environmental Health Perspectives* ; 113 (8) : 926-933 ;
- [2] Tyl R.W., Myers C.B., Marr M.C. et al., Three-generation reproductive toxicity study of dietary bisphenol A in CD Sprague-Dawley rats, 2002, *Toxicological Sciences* ; 68 ; 121-146 ;
- [3] Tyl R.W., Myers C.B., Marr M.C. et al., Two-generation reproductive toxicity study of dietary bisphenol A in CD-1 (Swiss) mice, 2008, *Toxicological Sciences* ; 104 (2) : 362-384 ;
- [4] EFSA, Statement on the ANSES reports on bisphenol A, 2011, *EFSA Journal* ; 9 (12) : 2475, 10pp ;
- [5] ANSES, Effets sanitaires du Bisphénol A ; Rapport d'expertise collective, septembre 2011, 311pp ;
- [6] ANSES, Evaluation des risques du Bisphénol A (BPA) pour la santé humaine, Tome 1, mars 2013.
- [7] EFSA, Scientific opinion on the risk to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs : : PART II – Toxicological assessment and risk characterisation, 2015, *EFSA Journal* ; 13 (1) : 3978,.
- [8] ANSES, Note d'appui scientifique et technique relative à la demande d'avis relatif à l'évaluation des risques pour la santé humaine du bisphénol A ; 16 juin 2015 ; 13 pp ;
- [9] US-FDA, Department of health & human services, 2014 Updated safety assessment of Bisphenol A (BPA) for use in food contact applications, June 17, 2014, 5 pp.

sition *in utero* des animaux qui ne sont pas suivis sur plusieurs générations jusqu'à un âge avancé⁷.

La gestion des risques

Par ailleurs, aucune décision ne sera prise avant la publication des résultats d'une étude d'impact économique demandée par la Commission. Professionnels et ONG se livrent donc à leurs propres évaluations des conséquences de la poursuite ou de l'arrêt de composés. Mais ces études

⁷ Soulignons que, sans expérimentation animale, il reste hasardeux de caractériser de manière satisfaisante un perturbateur endocrinien. Mais d'un autre côté, la multiplication des tests est contradictoire avec la volonté de réduire l'expérimentation animale.

d'impact sont des exercices scientifiques, ils doivent être pratiqués par des spécialistes, économistes en particulier, et certainement pas par des toxicologues et des biologistes qui s'égarerent alors sur un terrain qui n'est pas le leur, comme le fait cependant la FIGO [22] (*International Federation of Gynecology and Obstetrics*).

Une communauté scientifique sous pression

De nombreuses autres questions scientifiques restent ouvertes. On ne peut nier que des intérêts économiques poussent à retarder l'adoption de critères ou à en adopter certains qui seraient sans rapport avec les conditions réelles d'exposition. On ne peut ignorer non plus que les positions extrêmes défendues par certaines ONG en vertu de l'application mal comprise du principe de précaution ne sont pas partagées par la majorité de la communauté scientifique. Cette communauté est constituée des centaines d'experts qui siègent dans les différents comités évoqués au plan européen, dans les agences nationales comme l'ANSES en France, le BfR (Institut fédéral d'évaluation des risques) en Allemagne, la *UK REACH Competent Authority*, le *Danish Food Institute* (DK-DTU), la FDA aux USA, de sociétés savantes comme la *Società Italiana di tossicologia*, ou de collectifs de scientifiques reconnus pour leurs compétences en toxicologie (mais immédiatement accusés par certains de collusion avec l'industrie).

L'un de ces collectifs s'est exprimé en 2013 dans la revue *Food and Chemical Toxicology* [23] pour souligner, en particulier, qu'un effet délétère devait être observé sur un organisme humain ou animal dans les conditions de la vie réelle et non sur des systèmes isolés dépourvus de régulation homéostatique. Cette communauté comprend aussi des sociétés savantes comme l'International Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO) qui vient de publier un avis [22] dans lequel elle recommande que les femmes enceintes et allaitantes consomment des fruits frais exempts de pesticides et évitent les *fastfoods* et les produits transformés.

Il y a également des scientifiques autour d'Andreas Kortenkamp déjà évoqué, qui défendent la thèse des ONG.

Il y a donc bien un débat scientifique qui doit aller à son terme. Mais il n'est pas mené en toute sérénité. En effet, les perturbateurs endocriniens sont l'occasion pour les ONG de mener le combat pour obtenir un glissement de l'approche de l'évaluation de risques utilisée jusqu'alors pour juger de la possibilité et des conditions d'utilisation de tous les composés qui doivent être l'objet d'une autorisation vers une approche basée sur l'évaluation du seul danger. Or, dans cette dernière approche, pour les produits phytosanitaires qui représentent évidemment des dangers en regard de l'objectif qu'on leur assigne (tuer de mauvaises herbes, des insectes ou des moisissures), la dose zéro est la seule dose possible sans danger.

Enfin, remarquons que les perturbateurs endocriniens « naturellement présents » dans notre alimentation, et qui n'ont donc pas besoin d'autorisation, ne semblent pas l'objet de leurs préoccupations ! Sans vouloir être

exhaustif, on trouve par exemple dans le document d'*Endocrine Reviews* déjà cité, des substances qui présentent chez l'animal des effets néfastes divers et qui ne répondent pas à des relations dose/réponse monotones, comme des phyto-oestrogènes (génistéine et daidzéine, isoflavones du soja, coumestrol de la luzerne et de nombreuses plantes) ou des antioxydants (quercétine des câpres, piments et cacao, resvératrol du raisin et des mûres), composés dont certains font la promotion par ailleurs. ■

Références

- [1] Colborn C., Clement C., *Chemically-induced alteration in sexual and functional development – The wildlife/human connection*. Princeton, N.J. : Princeton scientific publishing Co ; 1992.
- [2] Mc Lachlan J.A., Newbold R.R., Bullock B.C., "Long-term effects on the female mouse genital tract associated with prenatal exposure to diethylstilbestrol", *Cancer Res.* 1980 ; 40 (11) : 3988-3999.
- [3] Dodds E.C., Lawson W., "Synthetic oestrogenic agents without the phenanthrene nucleus", *Nature*, 1936 ; 137 (3476) : 996.
- [4] Dickens F., "Edward Charles Dodds, 13 October 1899-16 December 1973", *Biogr. Mem. Fellows R. Soc.*, 1975 ; 321 : 227-267.
- [5] US Environmental Protection Agency, "Integrated risk information system Bisphenol A" (CASRN 80-05-07), <http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>.
- [6] Korach K.S. "Editorial : surprising places of estrogenic activity", *Endocrinology* ; 1993 ; 132 : 2279-2278 ;
- [7] Nagel S.C., vom Saal F.S., Thayer K.A. et al., "Relative binding affinity-serum modified access (RAB-SMA) assay predicts the relative in vivo bioactivity of the xenoestrogens bisphenol A and octylphenol", *Environ. Health Perspect.*, 1997 ; 105 : 70-76.
- [8] Colerangle J.B., Roy D., "Profound effects of the weak environmental estrogen-like chemical bisphenol A on the growth of the mammary gland of Noble rats", *J. Steroid Biochem.Mol. Biol.*, 1997 ; 60(1-2) : 153-160.
- [9] Steinmetz R., Natasha A.M., Grant A. et al., "The xenoestrogen bisphenol A induced growth, differentiation and c-fos gene expression in the female reproductive tract", *Endocrinology*, 1998 ; 139(6) : 2741-2747.
- [10] Vandenberg L.N., Colborn T., Hayes T.B. et al., "Hormones and endocrine-disrupting chemicals : low-dose effects and non-monotonic dose responses", *Endocrine Reviews*, 2012 ; 33(3) : 378-455.
- [11] Règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil.
- [12] Règlement (UE) n° 528/2012 du Parlement européen et du Conseil du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides.
- [13] Règlement (CE) n° 1223/2009 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 relatif aux produits cosmétiques.
- [14] Jacquier M-C., « Les perturbateurs endocriniens impliqués dans le diabète et l'obésité », *Futura-Sciences*, 30 septembre 2015, 3pp.
- [15] « Ces aliments qui nous empoisonnent – Pesticides : la bombe à retardement », *60 Millions de consommateurs*, Hors-série n° 179, juillet-août 2015.
- [16] Maherou J., « Les pesticides : quelles conséquences pour la santé ? », Association Santé Environnement France, <http://www.asef-asso.fr/mon-jardin/nos-syntheses/2124-l-usage-de-pesticides-quelles-cosequences-pour-la-sante>.
- [17] IPCS, Global assessment of the state-of-the-science of Endocrine Disruptors, 2002, WHO, International Programme on Chemical Safety.
- [18] Kortenkamp A. et al., "State of the art assessment of endocrine disruptors. Final report", European Commission, Directorate-general for the Environment (Project contract n° 070307/2009/55068/SER/D3).
- [19] EFSA Scientific Committee, "Scientific opinion on the hazard assessment of endocrine disruptors : scientific criteria for identification of endocrine disruptors and appropriateness of existing test methods for assessing effects mediated by these substances on human health and the environment", *EFSA Journal*, 2013 ; 11(3) ; 3132.
- [20] Joint Research Centre, "Thresholds for endocrine disruptors and related uncertainties, Report of the endocrine disruptors Expert Advisory Group, 2013", *JRC scientific and policy reports*, European Commission.
- [21] Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS), "Memorandum on Endocrine Disruptors", 16 December 2014, European Commission ;
- [22] Renzo G.C., Conry J.A., Blake J. et al., "Special communication. International Federation of Gynecology and Obstetrics opinion on reproductive health impacts of exposure to toxic environmental chemicals", *Int. J. Gynecol. Obstet.*, in Press.
- [23] Editorial, "Scientifically unfounded precaution drives European Commission's recommendations on EDC regulation, while defying common sense, well-established science and risk assessment principles", *Fd. Chem. Toxicol.*, 2013 ; 62.
- [24] vom Saal F.S. and Hugues C., An extensive new literature concerning low-dose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment, *Environmental Health Perspectives*, 2005 ; 113 (8) : 926-933.
- [25] Kwon J-H., Katz L., Lijstrand H.M., Modeling binding equilibrium in a competitive estrogen receptor binding assay, *Chemosphere*, 2007 ; 69 : 1025-1031.

Pesticides et santé des agriculteurs : les angles morts des expertises sanitaires

Philippe Stoop



Les agriculteurs constituent la couche de la population la plus exposée aux dangers des pesticides et l'expertise sanitaire a mis en avant certains risques en termes de cancers et de maladies neurodégénératives (voir l'article « Pesticides et santé des agriculteurs »).

Mais le dossier scientifique est-il indiscutable ? Examinons quelques biais possibles. Rappelons la très grande difficulté à démontrer des liens de causalité entre une pathologie et une exposition quand les nombres de cas sont faibles, ainsi que la nécessité d'écartier certains facteurs de confusion possibles, c'est-à-dire s'assurer que l'effet que l'on attribue au facteur étudié (ici, l'exposition aux pesticides) ne pourrait pas être dû en fait à un autre facteur environnemental.

L'importance du choix des groupes témoins

Étudier l'effet des pesticides sur les agriculteurs implique une comparaison avec d'autres populations *a priori* moins exposées ou exposées différemment. La population générale est le premier groupe témoin considéré, le plus facile à rapprocher. C'est ce qu'ont fait les premières études sur la santé des agriculteurs, dès les années 90. Mais il ne faudrait pas en rester à cette seule comparaison. Supposons en effet que la maladie étudiée soit due à un facteur environnemental propre à l'agriculture, mais différent des pesticides : parce que les utilisateurs de pesticides sont très majoritairement les agriculteurs, on risquerait d'incriminer, de façon erronée, les pesticides. Pour éliminer ce risque de confusion, à partir du moment où une maladie a été identifiée comme plus fréquente chez les agriculteurs, il faut comparer sa fréquence chez les agriculteurs utilisateurs de pesticides avec celle chez ceux qui n'en utilisent pas.

Ce risque de confusion n'a rien de théorique. Une étude mettant en avant la responsabilité des pesticides dans la maladie de Parkinson, et reprise sans analyse critique dans l'expertise de l'INSERM [4], l'illustre. Il est très probable que les auteurs, qui affirment l'impact des pesticides pour cette maladie ont en réalité trouvé... que le risque était le même chez tous les agriculteurs, qu'ils soient ou non utilisateurs de pesticides (voir encadré).

Pourtant, bien qu'indispensable, l'insertion d'agriculteurs non utilisateurs de pesticides dans les études épidémiologiques soulève parfois des réactions hostiles. Ainsi, l'association Générations Futures « s'interroge sur la repré-

Exemple de biais de confusion

La maladie de Parkinson est une de celles dont la surreprésentation chez les agriculteurs est la mieux établie, au point que depuis peu elle est reconnue en France comme maladie professionnelle. Une publication [1] qui a sans doute beaucoup contribué à ce classement serait-elle victime d'un biais de confusion ? Les auteurs¹ affirment mettre en évidence une liaison très forte entre maladie de Parkinson et exposition aux insecticides. Mais cette situation est-elle bien due aux pesticides ? Aux seuls pesticides ? Une autre cause liée au métier d'agriculteur peut-elle intervenir ? Si l'excès de maladies de Parkinson est bien dû aux pesticides, on doit s'attendre à trouver un risque plus ou moins normal chez les agriculteurs non utilisateurs de pesticides. Par contre, s'il est dû à une cause environnementale liée à la profession d'agriculteur, mais autre que les pesticides, on doit s'attendre à trouver un niveau de risque identique chez les agriculteurs utilisateurs et non utilisateurs de pesticides.

Cette étude disposait de toutes les données pour répondre à ces interrogations. D'une part, l'exposition aux pesticides, souvent estimée par des méthodes indirectes et discutables est ici calculée de façon rigoureuse, au moyen d'un questionnaire très détaillé. D'autre part, l'enquête a bien constitué différents groupes témoins permettant de dissocier l'effet « agriculteur » de l'effet « pesticides » : des agriculteurs et des non-agriculteurs, avec des utilisateurs et des non-utilisateurs de pesticides dans les deux cas.

Les auteurs concluent que la maladie de Parkinson est en gros 1,8 fois plus fréquente chez les utilisateurs de pesticides que dans la population générale (en terme technique, un *odds ratio*² – OR – statistiquement significatif de 1,8). Et elle est d'autant plus fréquente que l'exposition aux pesticides a été longue, ce que les auteurs interprètent comme un effet dose (en termes techniques, les auteurs rapportent un *odds ratio* de 2,1 pour les individus ayant une exposition aux pesticides supérieure à la médiane, c'est-à-dire pour les 50 % les plus exposés).

Très curieusement, ni la comparaison avec les agriculteurs non-utilisateurs de pesticides, ni celle avec les non-agriculteurs utilisateurs de pesticides ne sont discutées, alors que toutes les données sont disponibles. En fait, l'examen du tableau n°1 de l'article fournit des résultats surprenants, non relevés par les auteurs : l'excès de Parkinson touche aussi les agriculteurs non utilisateurs de pesticides (*odds ratio* de 1,9 en moyenne, et 2,7 pour ceux dont la durée de travail est supérieure à la médiane).

On remarque même que l'effet-dose est plus marqué pour la durée de travail sur une exploitation, que pour l'exposition aux pesticides. Certes, on peut imaginer que l'excès de Parkinson chez les travailleurs agricoles non utilisateurs de pesticides pourrait s'expliquer par une contamination « passive », due à la manipulation des cultures traitées. Cette exposition indirecte a effectivement été observée dans les productions fruitières et légumières ou en viticulture. Mais elle est peu plausible dans les exploitations de grandes cultures, beaucoup plus nombreuses. De plus, elle est difficilement compatible avec l'effet dose annoncé par les auteurs. Dès lors, l'étude se devait de considérer un facteur environnemental lié à la profession, mais autre que les pesticides, à l'excès de Parkinson. Ce qui n'a pas été fait.

Pour une analyse plus détaillée :

<http://www.forumphyto.fr/2015/12/02/pesticides-et-sante-des-agriculteurs-attention-aux-faux-temoins/>

¹ L'étude a porté sur une population de 781 personnes dont 224 atteintes de maladie de Parkinson.

² Mesure statistique utilisée en épidémiologie exprimant la dépendance entre deux variables.

[1] Elbaz A, Clavel J, Rathouz P.J., Moisan F, Galanaud J.P., Delemotte B, Alpérovitch A, Tzourio C., 2009 : Professional exposure to pesticides and Parkinson disease. *Ann Neurol* 66(4): 494-504.

Note de la rédaction : Philippe Stoop s'est adressé à l'INSERM et à l'éditeur de la revue pour demander des éclaircissements sur cette question, ainsi que sur d'autres biais possibles. Les lecteurs de SPS seront informés des éventuelles réponses.

sentativité de la cohorte étudiée par Agrican » par rapport à la réalité agricole, précisant que « d'après les éléments diffusés à la presse, seulement 48 % de la cohorte masculine étudiée manipulerait des pesticides !? » [1]. Or, justement, l'étude ne pourra livrer des résultats indiscutables que si l'on compare à une population d'agriculteurs qui ne manipulent pas de pesticides.

Lors des auditions parlementaires préalables à la loi du 6 février 2014, la sénatrice Nicole Bonnefoy, rapporteuse du groupe de travail, mettait en doute la fiabilité de la même enquête Agrican avec le même argument : « seuls 52 % des agriculteurs de la cohorte ont été en contact avec des produits phytosanitaires, un choix qui pose question... » [2]. Dans une autre audition, le 22 mars 2012 [3], elle revient sur cette question en interrogeant de façon répétée le Dr Lebailly, responsable de l'étude, sur les raisons qui l'ont poussé à inclure dans cette étude environ 50 % d'agriculteurs non utilisateurs de pesticides. Il y a donc à l'évidence un travail pédagogique à faire auprès des politiques pour les sensibiliser à l'importance des groupes témoins dans les études épidémiologiques. Dans ce contexte, il est très regrettable que l'expertise collective INSERM de 2013 n'ait formulé aucune recommandation dans ce sens pour les études futures.

Aller plus loin dans la bonne direction

Les maladies surreprésentées chez les agriculteurs sont identifiées depuis une dizaine d'années (cf. [5] qui énumérait déjà en 2005 la plupart des pathologies retenues dans l'expertise collective de 2013). Depuis, la masse des travaux réalisés a permis de confirmer et préciser ces observations initiales. Mais les recommandations formulées par l'INSERM portent toutes sur un même thème : l'amélioration de la quantification de l'exposition aux pesticides. Cette insistance repose sur une hypothèse implicite : si l'on n'a pas obtenu de résultats vraiment indiscutables, c'est parce que l'exposition aux pesticides n'a pas été assez bien mesurée jusqu'à présent. Quantifier correctement l'exposition est bien sûr nécessaire, mais cela ne suffit pas à se garantir d'interprétations erronées, comme le montre involontairement l'étude évoquée en encadré, où la mesure de l'exposition était excellente.

Références

[1] Communiqué de l'association, 12 septembre 2011 : www.generations-futures.fr/pesticides/etudes-greacan/

[2] Audition du 6 mars 2012 : http://www.senat.fr/compte-rendu-commissions/20120305/mci_pesticides.html

[3] Audition du 22 mars 2012 : www.nosse-nateurs.fr/seance/7831#inter_f4082fe2870056473c219ed34c0df628

[4] « Pesticides et effets sur la santé », expertise collective de l'INSERM, 2013.

[5] Multigner L., 2005, « Effets retardés des pesticides sur la santé humaine ». *Environnement, Risques & Santé*. 4(3):187-94.

L'air du temps incite les politiques à instruire les études sur les pesticides à charge uniquement. Dans ce contexte, les expertises scientifiques ne devraient pas seulement faire la synthèse des connaissances existantes, ce que le rapport INSERM a très bien fait. Elles devraient aussi rappeler les nécessités basiques d'un travail scientifique objectif, à savoir l'élimination de tous les facteurs de confusion potentiels (contacts avec les animaux, exposition à d'autres agents chimiques, comme les particules diesel émises par les tracteurs) avec les suspects privilégiés (ici les pesticides). ■

Sans pesticides ?

Jean de Kervasdoué

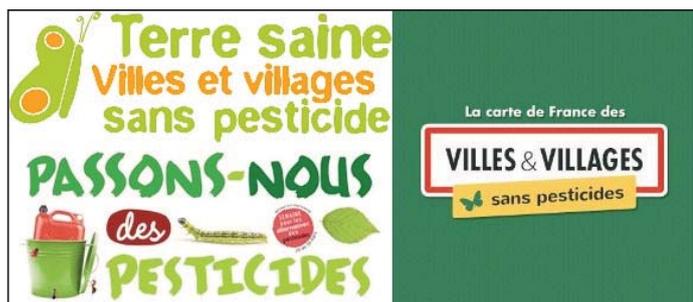
Jean de Kervasdoué est ingénieur agronome, membre de l'Académie des technologies et professeur émérite au Conservatoire national des arts et métiers. Il a créé l'école Pasteur / Cnam de santé publique.

Ce texte est une légère adaptation de l'introduction du chapitre consacré aux pesticides dans le livre *Ils ont perdu la raison* (Robert Laffont, 2014).



Des initiatives « sans pesticide », très médiatisées, se multiplient (« semaine sans pesticide », « villes et villages sans pesticide », « zone sans pesticide »...). Les arguments utilisés pourraient être repris pour justifier « une semaine sans médicament » : les médicaments peuvent être dangereux pour la santé. Effectivement, ils le sont toujours quand ils sont actifs, mais ils soignent aussi et c'est pour cela qu'ils ont été conçus à grands frais, pas pour être dangereux, mais pour guérir. Il arrive cependant qu'ils guérissent et soient dangereux, c'est même la règle. Ceux qui ont subi une chimiothérapie ont constaté dans leur chair la douloureuse véracité de ces propos.

De même, les pesticides sont utiles mais peuvent être dangereux. Ils ont été conçus pour tuer des « pestes », parasites de tous ordres (virus, bactéries, champignons, insectes, rongeurs, autres végétaux...) qui attaquent les plantes, détruisent les cultures et produisent des toxines souvent bien plus redoutables que les microtraces de pesticides qui pourraient encore subsister après la récolte de graines, feuilles ou fruits. En outre, ces « pestes » peuvent attaquer les humains, y compris en ville. La chenille processionnaire du pin est urticante. Les rats, qui cherchent le couvert des massifs floraux des jardins publics, sont porteurs de la leptospirose. La végétation des abords routiers peut être fatale pour les automobilistes, et comme la fauche peut l'être aussi pour les cantonniers, il est utile de désherber. C'est aussi ce que font les particuliers quand, dans leur jardin, ils souhaitent « nettoyer » les allées. Certes, il est possible de biner mais, en climat humide, les mauvaises herbes repoussent très vite. Enfin, les pesticides ont aussi des usages domestiques. Les parents d'enfants scolarisés ont utilisé, parfois à forte dose, des pesticides pour tenter de tuer les poux qui avaient élu domicile dans la chevelure de leur progéniture quand ils n'étaient pas eux-mêmes habités par ces « pestes » grouillantes et grattantes et on ne peut plus « naturelles ».



Les pesticides sont donc des substances destinées à lutter contre des êtres vivants (les « pestes ») qui attaquent d'autres êtres vivants (les plantes cultivées) qu'utilisent les hommes pour leur alimentation. Ils sont donc, par essence, toxiques pour les cibles pour lesquelles ils ont été sélectionnés, ils peuvent aussi constituer un risque pour d'autres êtres vivants, à commencer par les hommes qui les fabriquent, les transforment ou les épandent. Le profil toxicologique de ces substances est aujourd'hui bien connu et signalé aux utilisateurs. Les interrogations actuelles portent sur l'effet à long terme de leurs traces, en oubliant le plus souvent leurs réels et considérables bienfaits. ■

Les « bonnes pratiques de laboratoire »



© Alexander Rathes | Dreamstime.com

L'Agence nationale du médicament et des produits de santé définit les « bonnes pratiques de laboratoire » (BPL) comme « *un système de garantie de la qualité du mode d'organisation et de fonctionnement des laboratoires qui réalisent des essais de sécurité non cliniques sur les produits chimiques* » et dont la finalité est « *d'assurer la qualité, la reproductibilité et l'intégrité des données générées à des fins réglementaires* » [1]. Il s'agit d'un ensemble de dispositions que doivent mettre en œuvre les laboratoires qui entendent faire des études sur les effets sur la santé ou l'environnement de produits destinés à être mis sur le marché. Des règles de qualité des opérations, de traçabilité des résultats et de contrôle qualité sont ainsi édictées et des vérifications sont faites régulièrement. Élaborées par un groupe d'experts de l'OCDE sur la base de la réglementation publiée en 1976 par la Food and Drug Administration américaine, ces BPL sont maintenant inscrites dans le droit européen et retranscrites dans le droit français pour les produits vétérinaires [2]. Leur mise en place visait à apporter une réponse aux nombreux cas de fraude ou de mauvaises pratiques constatés dans les années 1970 dans les laboratoires prestataires.

Le principe de telles dispositions devraient rencontrer l'assentiment de tous ceux qui sont attachés à la qualité des études, à leur reproductibilité et à l'examen des données et des résultats. Pourtant, l'association Générations Futures et le Pesticide Action Network ne partagent pas cet avis. Parce que des études allant dans le sens de leurs convictions ont été écartées par l'EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments) pour non-respect des BPL, les deux ONG dénoncent des dispositions attentatoire à la « *liberté de chercher* » des « *scientifiques indépendants* » [3]. Certes, le respect de bonnes pratiques de laboratoire n'est pas suffisant à lui seul pour écarter « la mauvaise science », les mauvais plans d'expériences ou l'incompétence d'expérimentateurs. Mais on voit mal en quoi leur non-respect serait supérieur.

J-P.K.

[1] <http://ansm.sante.fr/Activites/Elaboration-de-bonnes-pratiques/Phase-pilote-Nouveau-format-de-rapport-d-inspection>

[2] www.anses.fr/fr/system/files/Arrete-BPL-MV.pdf

[3] www.generations-futures.fr/2011generations/wp-content/uploads/2014/09/Pesticides_Reglement_Etude_scientifique_080920141.pdf

Les pesticides réduisent-ils la biodiversité ?

Philippe Stoop



Pour les médias grand public, la réponse à cette question paraît évidente : les pesticides réduisent la biodiversité. C'est pourtant l'objet d'âpres débats entre agronomes, et de façon plus feutrée, au niveau scientifique. En effet, s'il est clair que les pesticides réduisent la biodiversité à l'intérieur des parcelles cultivées, les partisans de l'agriculture conventionnelle (par opposition à l'agriculture bio) font valoir qu'ils aug-

mentent fortement les rendements et diminuent la surface agricole nécessaire pour nourrir l'humanité, limitant la destruction d'espaces naturels. Toute la difficulté est de quantifier cet effet positif et de le comparer aux effets négatifs. La difficulté est encore accrue par le fait que ces effets antagonistes ne s'exercent pas à la même échelle géographique.

Deux expertises collectives de l'INRA, « Pesticides, Agriculture et Environnement », en 2005, puis « Agriculture et Biodiversité » en 2010 ont fait l'inventaire des travaux scientifiques sur l'impact des pesticides (et de façon générale de l'agriculture intensive) sur la flore et la faune non-cible.

Ces synthèses montrent des effets indésirables associés aux pesticides sur de nombreuses catégories d'organismes, y compris des espèces non ciblées comme les lombrics. Mais elles montrent aussi qu'il est très difficile de faire la part entre plusieurs facteurs :

- Les effets directs des pesticides, causés par leur toxicité.
- Les effets indirects, en particulier les effets trophiques, liés à l'alimentation de la faune sauvage. Par exemple, les herbicides, en détruisant les mauvaises herbes, affectent du même coup les espèces animales qui s'en nourrissent, même s'ils ne sont pas toxiques pour ces animaux. De même, les traitements contre les pucerons ont forcément un impact sur la population des prédateurs ou parasites de ces pucerons, en réduisant le nombre de proies. Ces effets indirects devraient être quantifiés à part, car ils persisteront si on développe des alternatives aux pesticides de synthèse...
- Les facteurs de confusion associés aux pesticides, c'est-à-dire les facteurs environnementaux qui leur sont corrélés, et ont également des effets néfastes sur la faune et la flore : par exemple, la destruction des

haies et la régression des jachères, pour la faune épigée (qui vit au-dessus du sol), ou bien le labour et la baisse de la teneur en matière organique, pour la faune du sol.

Compte tenu de ces difficultés, les impacts attribuables sans ambiguïté aux effets directs des pesticides restent relativement peu nombreux (ce qui ne veut bien sûr pas dire qu'il n'en existe pas d'autres, actuellement brouillés par les facteurs de confusion). Ils concernent essentiellement, pour la faune terrestre :

- L'effet des rodenticides (produits de lutte contre les rongeurs) sur les prédateurs des rongeurs (mammifères carnivores, rapaces).
- L'effet de certains insecticides sur des vertébrés divers, en particulier les oiseaux et mammifères granivores ou prédateurs : les organochlorés et certains des organophosphorés et carbamates les plus toxiques. Les produits incriminés ont d'ailleurs pour la plupart été retirés du marché en Europe. Il y a également l'effet des néonicotinoïdes sur les insectes pollinisateurs, même si les preuves sur le terrain manquent encore [8].

Pour la faune aquatique, de nombreux travaux de laboratoire, ou des tests réalisés dans des conditions proches du terrain montrent un effet possible de plusieurs insecticides sur une large gamme d'organismes aquatiques (crustacés, insectes, poissons, amphibiens), à des concentrations très faibles, parfois de l'ordre du $\mu\text{g/l}$. Des concentrations de cet ordre de grandeur ne sont jamais observées durablement dans les suivis des eaux de surface, mais le sont parfois ponctuellement. Toute la question est donc de connaître l'ampleur réelle de ce phénomène sur le terrain, car ces contaminations ponctuelles échappent aux méthodes de suivi classiques de la pollution des eaux, qui reposent elles-mêmes sur des mesures ponctuelles qui ont peu de chance de coïncider avec les pics de contamination. D'où l'importance des recherches en cours sur la mise au point de méthodes de détection fonctionnant en



continu, et, en attendant, des mesures de protection des eaux déjà mises en œuvre : protection des cours d'eau par des bandes enherbées, limitation sévère des traitements aériens, retraits des insecticides les plus suspectés.

S'il est difficile de mesurer précisément l'impact propre des pesticides sur la biodiversité, la comparaison entre agriculture bio et conventionnelle donne l'ordre de grandeur des enjeux pratiques pour la biodiversité. Un consensus émerge, en tout cas à l'échelle parcellaire. Une des premières méta-analyses sur le sujet [1] a montré que la biodiversité spécifique (nombre d'espèces végétales ou animales présentes) était en moyenne supérieure de 30 % dans le bio, et que l'abondance d'organismes (nombre d'individus) était supérieure de 50 % en moyenne. Elle soulignait la grande hétérogénéité des résultats selon les cultures et les types d'organismes considérés (avec même certains cas de résultats significatifs en faveur du

Land sharing et land sparing : **sortir de la controverse bio – conventionnel**



On entend par *land sharing* un mode d'aménagement des cultures, dans lequel les parcelles conservent un niveau de biodiversité satisfaisant, quitte à avoir un niveau de rendement inférieur. Ce peut être le cas en agriculture bio, mais aussi avec d'autres formes d'agroécologie comme l'agroforesterie.

Dans le *land sparing*, les parcelles productives sont conduites à leur optimum de rendement, ce qui réserve plus de place entre les parcelles pour un réseau d'espaces naturels à haute biodiversité, quitte à dégrader la biodiversité dans les zones cultivées. Ce sujet fait l'objet de travaux théoriques, sous formes de modèles, mais aussi d'études de cas sur le terrain, dans des régions qui se prêtent à ce type de comparaison. Comme on pouvait s'y attendre, la synthèse est difficile, car les résultats sont très hétérogènes selon les situations (sans parler des préjugés éventuels des auteurs...). Un modèle théorique simple [6] propose d'identifier la solution optimale en fonction de la forme de la courbe « rendement x biodiversité » du système agricole considéré : le *land sparing* serait plus approprié si cette courbe est convexe, le *land sharing* conviendrait mieux si cette courbe est concave. Malheureusement, la définition de cette courbe « rendement x biodiversité » est loin d'être évidente. Une synthèse récente [7] apporte des éléments intéressants sur les contextes les plus favorables à chaque option. Il apparaît par exemple que les situations où la densité de parcelles agricoles initiales est déjà élevée sont plus favorables au *land sparing*, ce qui est le cas de la majorité des pays européens.

Un bon niveau de rendement sur les parcelles cultivées, en développant en contrepartie les espaces naturels interstitiels : c'est le parti-pris qu'a choisi la Politique Agricole Commune depuis 2006, en soumettant le versement des aides (éco-conditionnalité) à la préservation ou restauration des zones d'intérêt écologiques à l'intérieur des exploitations. On est loin de l'opposition binaire entre agriculture extensive bénéfique et agriculture intensive diabolisée.

conventionnel), et aussi le fait que les résultats en faveur du bio étaient nettement plus marqués à l'échelle de la parcelle qu'à l'échelle des exploitations. Ces résultats ont été complétés sans remise en cause des grandes conclusions (voir par exemple [2]).

Verre à moitié plein ou à moitié vide ? Les partisans de l'agriculture bio soulignent que, sauf exceptions mineures, ces travaux démontrent la supériorité du bio pour préserver la biodiversité. Les partisans du conventionnel font valoir que la différence de biodiversité entre conventionnel et bio reste relativement modeste, comparée à la biodiversité bien plus élevée de tout milieu naturel ou semi-naturel comme les haies. Selon eux, ces données confirment que les bienfaits locaux de l'agriculture bio ne compensent pas la plus grande surface agricole qu'elle nécessite à l'échelle régionale ou globale.

Une étude de l'Université de Leeds [3] avait trouvé un différentiel de biodiversité de + 12,5 % en faveur du bio, mais aussi une baisse de rendement de 55 % par rapport au conventionnel. La presse généraliste a cru y voir un bilan globalement négatif du bio [4], interprétation que les partisans anglais de l'agriculture bio ont récusée [5] sans vraiment répondre sur le plan quantitatif.

Une autre étude plus récente et plus large va dans le même sens : l'enquête BioBio réalisée sur 205 exploitations de 12 régions européennes a confirmé que la biodiversité était plus élevée dans les parcelles bio (de 10,5 % à 45 % selon le type de production), mais avec une différence minime de biodiversité à l'échelle des exploitations (+ 4,6 % en faveur du bio)[9]. D'après cette étude, la gestion des espaces naturels intercalaires (haies, bandes enherbées, etc.) serait beaucoup plus déterminante pour la préservation de la biodiversité que le type d'agriculture pratiqué.



Ce tour d'horizon rapide soulève par ailleurs des questions sur la pertinence scientifique comparée des approches européenne et française de l'agro-écologie.

La politique européenne, dans ses évolutions récentes, correspond assez bien aux priorités identifiées d'après l'état des connaissances scientifiques avérées : restaurations des haies, protection des cours d'eau par des bandes enherbées, retrait des pesticides les plus soupçonnés d'effets environnementaux majeurs. On peut espérer que ces mesures auront rapidement un effet significatif sur la biodiversité. Relativement peu coûteuses pour les agriculteurs,

elles sont assorties d'une incitation financière réaliste, puisque le versement intégral des subventions est subordonné à leur respect. Enfin, comme il s'agit de règles communautaires s'appliquant à toute l'Union, ces contraintes ne génèrent pas de distorsions de concurrence entre États « vertueux » et ceux qui seraient tentés de faire du « dumping écologique ».

Références

- [1] Bengtsson, J., Ahnström J. and Weibull A.C., 2005, "The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance", *Annals of Applied Ecology* 42 : 261–269.
- [2] Winqvist C., Ahnström J., Bengtsson J. 2012. "Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services : taking landscape complexity into account". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1249 (1), 191-203.
- [3] Gabriel D, Sait SM, Hodgson JA, Schmutz U, Kunin WE, Benton TG, 2010. "Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales". *Ecology Letters* 13 (7) :858-869 .
- [4] Guillaume Calu, « L'impact de l'agriculture biologique sur la biodiversité », *Science et pseudo-sciences* n° 291, juillet 2010.
- [5] "The biodiversity benefits of organic farming", Organic Research center, 2010, sur le site www.organicresearchcentre.com/
- [6] Green R.E et al., 2005, « Farming and the Fate of Wild Nature », *Science* 307, 550-555.
- [7] Elizabeth A. Law & Kerrie A. Wilson, 2015. "Providing Context for the Land-Sharing and Land-Sparing Debate", The University of Queensland, School of Biological Sciences, Brisbane, QLD 4072, Australia. doi : 10.1111/conl.12168.
- [8] « Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles », rapport de l'AFSSA 2009. <http://www.afssa.fr/Documents/SANT-Ra-MortaliteAbeilles.pdf>, p 44 et suivantes.
- [9] Schneider, M.K. et al, 2014. « Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level », *Nature Communications*, 2014(5), 4151

A *contrario*, la France a choisi d'être exemplaire avec le plan Écophyto 1, mais au prix d'une réduction arbitraire de 50 % des traitements réalisés, sans cibler des produits identifiés comme particulièrement nocifs.

Même si le plan Écophyto 2 prévoit de prendre en compte l'éco-toxicité des produits (dans une mesure qui reste à définir au moment où nous rédigeons cet article), il ne prévoit toujours pas de ciblage sur des molécules prioritaires. On voit mal quel bénéfice cette surenchère apportera à la biodiversité, alors que des conséquences économiques mal estimées et non compensées sont à craindre. Cet effort important demandé aux agriculteurs français doit s'accompagner d'un suivi régulier de son impact sur la biodiversité, en faisant si possible la part de ce qui est dû aux mesures européennes, et des bénéfices propres à la réglementation française. ■



© Oliver Syed | Dreamstime.com

Le contrôle biologique à la place des pesticides : vraiment sans risque ?

Catherine Regnault-Roger



On pourrait s'attendre à ce que les produits de biocontrôle, encouragés ces dernières années par les pouvoirs publics français comme produits de substitution à la gamme phytopharmaceutique de synthèse, présentent moins d'inconvénients que ces derniers pour la santé humaine et animale ainsi que pour l'environnement. Si, globalement, les produits de biocontrôle ont des atouts en la matière, il ne faut pas généraliser, mais plutôt juger au cas par cas. Deux exemples sont devenus des cas d'école.

Parmi les moyens de biocontrôle reconnus dans la Loi d'avenir pour l'agriculture (2014-1170 du 13 octobre 2014) figure la lutte par macro-organismes. Elle est basée sur l'utilisation d'organismes biologiques vivants, appelés auxiliaires car ils sont antagonistes ou compétiteurs. Ils limitent le développement ou la reproduction des bioagresseurs ciblés (que l'on veut contrôler en raison de leurs effets indésirables). Les macro-organismes auxiliaires mis en œuvre sont le plus souvent des insectes prédateurs (ils mangent les bioagresseurs) ou parasitoïdes (ils pondent des œufs dans les œufs des bioagresseurs, des larves en éclosent et se nourrissent de l'œuf du bioagresseur, empêchant ainsi sa reproduction). Cette forme de lutte biologique se sert des ennemis naturels de l'insecte ou de la plante fléau.

Dans de nombreux cas, on observe un résultat positif, plus ou moins marqué, selon l'efficacité de l'auxiliaire. Ainsi, le biocontrôle de la pyrale du maïs, un ravageur majeur de cette culture, par les trichogrammes est aujourd'hui un succès (120 000 ha de maïs protégés en France). Les trichogrammes sont des micro-guêpes hyménoptères qui pondent à l'intérieur des œufs de la pyrale. Leurs larves, en se développant, tuent leur hôte. Les risques environnementaux sont faibles : la plupart des trichogrammes meurent après la période de ponte et peu quittent les champs de maïs pour aller parasiter les œufs d'insectes non-cibles ([1], page 266).

Mais dans certains cas, les nuisances engendrées prédominent, portant atteinte à l'équilibre des écosystèmes de manière très préoccupante.

L'invasion de la coccinelle asiatique

L'utilisation de la coccinelle contre les pucerons qui s'attaquent à toutes sortes de plantes (ex : rosiers, lauriers-roses) est devenue un cas d'école. À tel point qu'une représentation de coccinelle symbolise souvent le biocontrôle, comme l'emblème du programme européen REBECA (Regulation of Biological Control Agents).



Les coccinelles sont voraces. La coccinelle indigène européenne *Adalia bipunctata* peut dévorer jusqu'à 90 pucerons par jour à l'état adulte et jusqu'à 150 à l'état larvaire. Les coccinelles sont des auxiliaires précieux dans les jardins et les vergers. Néanmoins, le succès de ce moyen de lutte biologique est aujourd'hui battu en brèche par l'introduction volontaire en Europe et en Amérique du Nord d'une espèce de coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis*[2]. Très vorace et avec un renouvellement rapide des générations, cet insecte est plus performant que des espèces indigènes, en biocontrôle. Tout en assurant une lutte efficace contre certaines espèces de pucerons, cette coccinelle asiatique n'a pas tardé à créer de sérieux problèmes qui dépassent les avantages de son utilisation :

- *Atteinte à la biodiversité* : elle s'attaque aux espèces indigènes de coccinelles, que ce soit en Amérique du Nord ou en Europe. Non seulement elle entre en compétition pour la nourriture et l'espace, mais ses larves se nourrissent également des larves d'espèces de coccinelles indigènes, en faisant ainsi un prédateur intragilde¹. Elle met donc en péril la biodiversité en réduisant l'éventail des espèces de coccinelles sur un territoire. En Europe, elle est aujourd'hui considérée comme invasive.

- *Atteinte à la qualité des produits agricoles* : les coccinelles asiatiques vendangées avec le raisin altèrent le goût du vin.

- *Atteinte à l'espace de vie et au bien-être de l'être humain* : elles s'agglutinent par centaines en hiver entre les volets et les fenêtres des maisons et envahissent les pièces quand on ouvre les fenêtres. Elles émettent des phéromones d'agrégation, attirant d'autres congénères, ce qui provoque des ré-infestations année après année. Elles sécrètent aussi une substance jaunâtre, malodorante. Des symptômes d'allergie ou d'irritation ont été décrits chez des habitants de maisons infestées.



Introduite massivement au Benelux pour la lutte biologique au début des années 2000, l'espèce s'est répandue au Royaume-Uni et dans le nord de la

¹ En écologie, la guilda est une association d'organismes ou individus aux intérêts communs. Dans le cas présent, la guilda des espèces dévorant les pucerons.

France, d'où elle a migré vers les régions méridionales (régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Poitou, Auvergne, Aquitaine) à une vitesse impressionnante. Elle a été classée nuisible en Grande-Bretagne. Aujourd'hui, son implantation en Europe occidentale et en France paraît solidement établie. D'autant plus que jusqu'en 2014, des spécialités commerciales à base de cette espèce – dont les individus étaient modifiés pour ne pas voler mais des mutations en forme ailée se sont déjà produites – étaient vendues en France dans les jardinerie comme insecticides bio anti-pucerons ([1], page 263) !

La pyrale du cactus



Giorgiomonteforti, Wikimedia Common

En Australie, le figuier de Barbarie *Opuntia ficus-indica* originaire du Mexique, est introduit en 1839 comme haie naturelle et pour l'élevage des cochenilles en vue de produire un colorant rouge. Il est envahissant et rend improductifs 40 000 km² de terres agricoles. Pour lutter contre ce fléau, un papillon, originaire d'Amérique du Sud, *Cactoblastis cactorum* (pyrale du cactus), fut introduit dans les années 1920-1925. Ce fut un succès de lutte biologique démontrant tout l'intérêt de l'insecte phytophage comme agent de biocontrôle. Ce qui lui valut d'ailleurs un monument dédié à Dalby (Queensland, Australie) !

L'histoire aurait pu s'arrêter là, mais fort de ce succès, cet insecte fut introduit dans plusieurs pays dont les Îles Caraïbes, Hawaï, ou la Nouvelle Calédonie. En 1989, on le retrouve en Floride et au Mexique où il porte atteinte à des cactus plantés pour lutter contre l'érosion, des cactus ornementaux protégés et patrimoniaux, et des cactus utilisés dans l'alimentation [4]. Cet insecte était devenu un fléau...

Conclusion

Ces exemples démontrent que les agents de biocontrôle n'ont pas un caractère universel. Leur utilisation se situe dans un contexte donné qui conditionnera le succès ou l'échec. Cette remarque s'applique à toutes les méthodes de lutte par biocontrôle. Ainsi, par exemple, l'usage comme bio-insecticide d'extraits végétaux comme l'huile de *neem* (extraite du margoussier *Azadirachta indica*) se révèle préoccupant et il est surprenant que des homologations soient accordées dans ces circonstances (voir l'article sur le sujet dans ce dossier).

Les effets non intentionnels des pesticides de synthèse n'ont pas été constatés tout de suite. Des insecticides organochlorés ont ainsi été abondamment utilisés au cours de la Seconde guerre mondiale contre le typhus et les moustiques porteurs du paludisme, et en agriculture dans les années 1950 et 1960. Très persistants dans le sol, leurs effets néfastes sur les espèces supérieures de la chaîne alimentaire n'ont été constatés qu'après

une vingtaine d'années d'usage intensif en agriculture. Ils ont été inscrits, depuis, sur la liste noire des polluants organiques persistants interdits et remplacés par d'autres substances phytopharmaceutiques plus respectueuses de l'environnement.

Références

[1] *Produits de Protection des Plantes : innovation et sécurité pour l'agriculture durable*, Catherine Regnault-Roger, Éditions Lavoisier, 2014.

[2] G. San Martin, T. Adriaens, L. Hautier et N. Ottart, « La coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* », *Insectes* n°136, 2005.

[3] « Protection des cultures et révolutions agricoles », Catherine Regnault-Roger, in *Révolutions agricoles en perspective*, dirigé par H. Regnault, X. Arnaud de Sartre, C. Regnault-Roger, 2012, Éditions La France Agricole, p. 95-113.

Substituer, de manière systématique, les produits de biocontrôle aux pesticides de synthèse pourrait générer des effets imprévus et pervers. Le risque zéro n'existe pas. Il n'y a pas de raison que les produits de biocontrôle bénéficient d'un régime d'autorisation de mise sur le marché (AMM) allégé par rapport aux produits de synthèse. Mais une méthodologie adaptée dans l'évaluation des risques, par catégorie de produits et prenant en compte leur spécificité, doit être la règle afin que la bio-surveillance du territoire ou biovigilance² puisse s'opérer avec discernement. ■

² Voir sur le site de l'Académie d'agriculture de France la séance du 20/05/15 consacrée à la surveillance biologique du territoire ou biovigilance. www.academie-agriculture.fr

L'autorisation de mise sur le marché (AMM) des produits phytosanitaires

Les pesticides ne peuvent être mis sur le marché et utilisés sans autorisation préalable. Le metteur sur le marché (fabricant, vendeur...) est à l'initiative de la demande d'autorisation. Un système en deux étapes est en place, au sein duquel l'Union européenne évalue (via un État membre rapporteur) et approuve les substances actives utilisées dans les pesticides. Puis les États membres évaluent et autorisent, au niveau national, les produits eux-mêmes.

Les autorisations de mise sur le marché reposent sur une double évaluation :

- dangers et risques (propriétés physico-chimiques, sécurité de l'applicateur, risques pour le consommateur, toxicité pour la faune et la flore non ciblées par le produit, risque de contamination des eaux superficielles et souterraines, etc.) ;
- efficacité biologique de la préparation et absence d'effet néfaste pour les plantes traitées.

L'AMM précise pour quels usages le produit est autorisé : objectif du traitement (adventices, parasites ou maladies ciblées), type de cultures concernées, dose utilisée, période et fréquence d'utilisation, conditions de protection de l'applicateur et délais à respecter avant récolte pour les végétaux dont les produits sont destinés à la chaîne alimentaire. Une autorisation de mise sur le marché d'un produit est délivrée pour une durée maximale de dix ans dans la limite de la validité de l'autorisation de la substance active. Une AMM est renouvelable : s'il souhaite la prolonger, son détenteur dépose une demande de renouvellement précisant les données de surveillance et connaissances acquises sur le produit pendant la période de mise sur le marché.

En France, les compétences en matière de délivrance des AMM ont été transférées le 1^{er} juillet 2015 du Ministère de l'Agriculture à l'ANSES (loi du 13 octobre 2014). Celle-ci est donc désormais chargée à la fois de l'évaluation des dossiers (données scientifiques et risques) et de la décision d'autorisation. Le ministère de l'agriculture reste cependant compétent dans un seul cas, celui d'une autorisation dérogatoire de 120 jours en raison d'une situation d'urgence engendrée par « *un danger qui ne peut être maîtrisé par d'autres moyens raisonnables* » (article 53 du Règlement européen 11/07/2009).

Source : site du Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt et site de l'ANSES.

Insecticides et abeilles : une cohabitation exigeante et nécessaire

André Fougeroux

André Fougeroux est membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, président de la commission « ravageurs et auxiliaires » de l'Association Française de Protection des Plantes et expert biodiversité dans une entreprise de l'agroalimentaire (produits phytosanitaires, biocontrôle et semences).



Aborder ce sujet très polémique aujourd'hui relève de la gageure. Le constat alarmiste du déclin des pollinisateurs repris ou façonné à loisir par les médias prévaut dans l'opinion. Quelques assertions méritent cependant qu'on s'y attarde et que d'autres pistes que la vision simpliste d'un rôle unique des insecticides, dans ce déclin, soient évoquées.

Les abeilles

Sans prétendre traiter de l'ensemble des abeilles en France, il convient de s'accorder sur ce qu'on dénomme « abeilles ». Les abeilles appartiennent à la super-famille des apoïdes. Cette famille comprend à la fois les abeilles domestiques et les abeilles sauvages dont les bourdons et les abeilles solitaires. Cette précision est importante car il y a souvent confusion ou extrapolation dans les articles de vulgarisation de travaux réalisés sur les abeilles domestiques et l'extension de leurs conclusions aux abeilles sauvages et réciproquement.

Dans ce document, ne seront évoquées que les abeilles domestiques *Apis mellifera*. Les plus anciens témoignages de l'élevage des abeilles datent d'il y a 4400 ans (Égypte ancienne). Dans de nombreuses religions, l'abeille est considérée comme un animal sacré faisant le lien entre les humains et les dieux. Par sa production de miel, elle a pendant longtemps été la principale source de sucre en Europe. Puis, lors des campagnes d'évangélisation, la religion chrétienne a disséminé l'abeille domestique européenne dans le monde entier, principalement pour la production de cierges.

Les pesticides et les abeilles

La communauté scientifique s'accorde sur le constat que la mortalité anormale des abeilles domestiques est un phénomène complexe aux causes multiples [ANSES 2008-2009]. Des causes sanitaires, de disette alimentaire, de génétique des abeilles, de pratiques apicoles et agricoles (dont les produits phytosanitaires) sont évoquées. Et il faut reconnaître que la hiérarchie des facteurs est difficile à établir tant les conditions des élevages de colonies d'abeilles sont diverses.



Les insecticides de synthèse issus de la chimie organique sont apparus autour des années 1940. Toutefois, leur adoption par une majorité d'agriculteurs en France se situe dans les années 1960, avec l'emploi d'insecticides organochlorés et organophosphorés d'abord, puis de carbamates suivis dans les années 1980 par les pyrèthri-noïdes, puis les néonicotinoïdes à partir des années 1990. Cette dernière famille,

en raison de sa facilité d'emploi et de son efficacité sur les insectes ravageurs des cultures, notamment en protection de semences, a connu une extension importante au niveau mondial. Actuellement, les néonicotinoïdes représentent environ 20 % en valeur du marché mondial des insecticides, ils sont utilisés sur de nombreuses cultures et dans un grand nombre de pays. Les niveaux de protection qu'ils apportent aux cultures permettent d'éviter des pertes économiques importantes.

Dès le début de l'emploi des insecticides, des incidents avec les abeilles ont été signalés et des réglementations pour leur protection ont été mises en place. Elles visent à éviter l'emploi d'insecticides en période de floraison des cultures et en période d'émission de miellat de pucerons. Les entreprises ont également l'obligation de mener des études normalisées¹ pour obtenir l'autorisation de mise en marché de leurs produits.

Dans la plupart des pays européens, ces mesures ont conduit à une diminution très significative des litiges entre apiculteurs et agriculteurs [1]. Des brochures à destination des agriculteurs et de leurs conseillers, comme la plaquette *Les abeilles butinent* éditée par l'Association Française de Protection des Plantes [2], rappellent quelques conseils, règles et bonnes pratiques phytosanitaires à respecter. Cette protection des pollinisateurs repose partiellement sur la mise en place, par l'ensemble des agriculteurs, des bonnes pratiques agricoles.

Réglementations et interdictions

Cependant, depuis vingt ans, les apiculteurs signalent des taux de mortalité moyenne de colonies d'abeilles autour de 30 % selon les années et les régions. Le taux de mortalité considéré comme normal doit être de l'ordre de 10 % à 15 %. La concomitance avec l'arrivée de néonicotinoïdes a conduit les apiculteurs et leurs représentants à mettre en cause cette

¹ Ces études sont conduites suivant des protocoles fixés par les autorités européennes et nationales après avoir fait l'objet de discussions dans le cadre d'un groupe d'experts internationaux réunis au sein de *l'International Commission for Plant-Bee Relationship*.

classe d'insecticides. Cette analyse, basée sur une corrélation apparente, a été largement reprise par les médias. En 1999, cette polémique a conduit à la suspension de protection de semences à base d'imidaclopride sur tournesol, puis en 2004 à la suspension de la même matière active sur maïs (plus connu du grand public sous sa marque déposée de Gaucho[®]). Le fipronil (famille des phénylpyrazoles) a été concerné par une suspension similaire, bien que cette substance n'appartienne pas à la même classe chimique.

Entre 2004 et 2008, il n'y a plus eu en France de néonicotinoïdes sur les cultures fréquentées par les abeilles telles que tournesol, colza, maïs. En 2008, la protection de semences de maïs à base de thiaméthoxame (plus connu du grand public sous sa marque déposée de Cruiser[®]) a été autorisée, étendue en 2011 au colza et retirée à nouveau en 2012. Actuellement, les néonicotinoïdes (imidaclopride, thiaméthoxame et clothianidine) ont été suspendus sur toute l'Europe pour les cultures visitées par les abeilles en protection de semences et pour toute application avant floraison.



Le devenir de colonies d'abeilles domestiques

Les conclusions de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (2008)

Cette étude a été conduite pendant trois ans (de 2002 à 2005) sur 120 colonies maintenues en conditions naturelles en France [...]. Les principales conclusions mettent en évidence :

- l'absence d'effondrements de la population des colonies tels que ceux décrits par les apiculteurs lors de l'exploitation de certaines miellées au cours de notre étude (pas de disparition soudaine et importante des abeilles).
- une mortalité hivernale ou une mortalité durant la saison apicole, situées dans l'intervalle considéré comme non exceptionnel en apiculture.
- la présence de maladies ou d'agents pathogènes expliquant pour partie les mortalités constatées.
- des anomalies (qualifiées de « problème de reine ») pouvant expliquer les autres mortalités de colonies. L'origine de ces anomalies peut être attachée à des maladies propres à la reine (nosérose), à l'exposition à des résidus de pesticides à travers les matrices apicoles, à la toxicité des traitements vétérinaires.
- la présence dans l'ensemble des matrices apicoles de résidus de pesticides à des doses très faibles. Les résidus les plus importants, en fréquence de présence, étaient l'imidaclopride (apport exogène) et le coumaphos (apport endogène dû au traitement de la varroase). La présence des résidus d'imidaclopride dans les matrices apicoles n'a pas entraîné de mortalité aiguë de colonies ou d'abeilles comme cela avait déjà été démontré en 2005 lors d'une expérimentation de nourrissage de colonies d'abeilles avec du sirop contaminé (Faucon et al. 2005).
- les synergies possibles entre les divers résidus de pesticides d'une part, entre les résidus de pesticides et les agents pathogènes d'autre part.
- l'absence de traitement de la varroase [maladie due au parasite *Varroa destructor*] ou l'utilisation de produits de traitement insuffisamment efficaces dans certains cas. Le protocole de l'enquête n'était pas destiné à mettre en évidence des affaiblissements de colonies de faibles intensités.

Extraits de la conclusion de l'étude.

Source : « Enquête prospective multifactorielle : influence des agents microbiens et parasitaires, et des résidus de pesticides sur le devenir de colonies d'abeilles domestiques en conditions naturelles », Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2008. L'AFSSA est devenue ANSES en 2010. www.anses.fr/fr/system/files/SANT-Ra-EnqueteAbeilles2005.pdf

Un dispositif de surveillance des troubles des abeilles (*Apis mellifera*) a été mis en place en France depuis 2002 pour traiter les cas de mortalités aiguës d'abeilles avec suspicion d'intoxication phytosanitaire. Mis en œuvre sous l'égide de la Direction générale de l'alimentation (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt), il a, parmi ses objectifs, celui d'« identifier précocement les cas de mortalités massives aiguës des colonies susceptibles d'être liées à l'utilisation de produits phytopharmaceutiques ou à d'autres substances toxiques, ainsi qu'à des pathologies émergentes ». Voici le bilan rapporté en 2013 (la France compte environ un million de colonies) :

« Cent quinze signalements issus de quarante-deux départements ont été enregistrés. Soixante-douze signalements ont été traités localement (cas simples, probabilité d'intoxication écartée) et quarante-trois ont nécessité des investigations par les services régionaux de l'alimentation, dont quarante ont donné lieu à des enquêtes phytosanitaires car laissant soupçonner des intoxications par des produits phytosanitaires. Des substances chimiques pesticides ont été trouvées dans trente-deux de ces cas, dont : dix où la réalité des intoxications est probable (onze substances concernées seules ou en mélange, dont six phytopharmaceutiques, trois interdites comme telles mais autorisées comme vétérinaires et biocides, et deux totalement interdites) ; neuf pour lesquels les signalements ont été trop tardifs pour conclure ; treize où la responsabilité des pesticides est peu probable (taux très bas, maladie notable...). À noter, dans les autres cas, la présence de maladies et, moins souvent, des pratiques apicoles inadaptées. »

Fayçal Meziani, « Mortalité aiguës d'abeilles, bilan officiel 2014 en France », *Phytoma* n°687, octobre 2015.

Résultats détaillés : www.anses.fr/fr/system/files/RSC-Co-141209Meziani.pdf

Les néonicotinoïdes et la mortalité aiguë

Les restrictions progressives visaient à améliorer la santé des colonies d'abeilles. Force est de constater que depuis quinze ans, ces suspensions successives n'ont en rien réduit les mortalités des colonies d'abeilles domestiques. Il est dès lors légitime de s'interroger sur le rôle exact que jouent les néonicotinoïdes. Différentes études en conditions contrôlées, à des doses souvent supérieures aux doses habituellement rencontrées dans la pratique agricole, montrent des effets des néonicotinoïdes sur les abeilles, au même titre que la plupart des insecticides. En revanche, dans les suivis réalisés en conditions pratiques agricoles, il n'y a pas de cas de mortalité aiguë avérée liée à des utilisations normales de néonicotinoïdes [3] (voir encadré).

Les bilans présentés par le Ministère de l'Agriculture depuis 2012 font état de 105 déclarations de mortalité en 2012, de 98 en 2013 et de 115 en 2014 [4]. Ces chiffres sont à mettre en relation avec le million de colonies d'abeilles présentes en France [5] (voir encadré).

Par ailleurs, parmi ces alertes, dans seulement 3,5 % d'entre elles, des substances chimiques *potentiellement* à l'origine des intoxications d'abeille ont été identifiées : six substances au total, mais aucun néonicotinoïde ne figure dans la liste.

Les intoxications aiguës en France ne sont donc pas dues à l'usage d'insecticides issus de cette famille chimique.

Le risque chronique et les faibles doses

Mais qu'en est-il des intoxications chroniques ? Le risque chronique dû à l'exposition à de faibles doses suscite des inquiétudes légitimes sur le long terme de la vie des colonies (faiblesse des défenses immunitaires, fécondité des reines, comportement des différentes castes d'abeilles, etc.). Lors du processus d'études préalables à la mise sur le marché des insecticides, des expérimentations systémiques sur l'activité, le développement, la santé de colonies d'abeilles exposées à la substance étudiée sont demandées par les autorités [6]. Par ailleurs, des suivis avaient été réalisés sur des nombres importants de colonies. En Allemagne, ce suivi a été conduit pendant quatre années alors que la protection de semences à base de néonicotinoïdes était utilisée sur la très grande majorité des colzas (plus de 90 %). Les résultats de ce suivi de cent vingt ruchers de dix ruches sur quatre ans montrent qu'il n'y avait aucune relation entre l'utilisation des pesticides et les mortalités d'abeilles [7]. En revanche, ils faisaient clairement apparaître le rôle prépondérant d'un acarien parasite de l'abeille, *Varroa destructor*, dans les mortalités de colonies.

Sur un plan plus large, utilisation de néonicotinoïdes et niveau de mortalité de colonies ne correspondent pas. À l'échelle mondiale, le réseau de surveillance Coloss fait état de mortalité surtout dans l'hémisphère nord. Et peu dans l'hémisphère sud. Or, les néonicotinoïdes sont utilisés en Amérique du Sud, en Australie et Afrique du Sud, mais dans ces régions, le parasite *Varroa* n'est pas présent (Australie) ou les races d'abeilles locales s'en accommodent [8].

Selon le suivi Epilobee [9], un programme de surveillance à l'échelon du continent européen, les mortalités hivernales sont surtout localisées dans le nord (Scandinavie, Royaume-Uni, Belgique) avec des niveaux situés



Nikolai Bogdanov (1854-1935)

Les discussions en cours autour de la réglementation des néonicotinoïdes

Depuis 2013, les néonicotinoïdes (imidaclopride, thiaméthoxame et clothianidine) sont suspendus sur toute l'Europe pour les semences de cultures qui attirent les abeilles et les semences de céréales, à l'exception des céréales d'hiver et des semences utilisées sous serre¹. En introduisant ces restrictions, la Commission avait annoncé qu'elle lancerait, dans les deux ans qui suivraient, un examen de toutes les nouvelles informations scientifiques disponibles concernant les risques posés pour les abeilles pour les usages autorisés. Ce travail, confié à l'EFSA, sera finalement terminé en janvier 2017.

Dans le même temps (2012), en France, une étude au champ, mais avec alimentation artificielle des abeilles affirme avoir mis en évidence une incidence des effets des produits à base de néonicotinoïdes à des doses sublétales sur le comportement des abeilles, en particulier des troubles sur l'orientation des abeilles butineuses, entraînant un défaut de retour à la ruche². L'ANSES, saisie par la Direction générale de l'alimentation a analysé l'étude et noté que « *les conséquences de ces effets sur le devenir de la colonie, étudiées au moyen d'une modélisation mathématique non validée pour cette utilisation, ne [pouvaient] pas être clairement établies* ». L'agence avait alors demandé aux auteurs de « *vérifier ou infirmer en conditions d'exposition réelles, au champ [cet], l'impact sur la mortalité des abeilles pollinisatrices* » mais également d'évaluer les « *effets sur les performances des colonies* ».

Cette nouvelle étude conduite en 2013 et 2014 par l'INRA, Terres Inovia, ITSAP et l'ACTA en conditions pratiques agricoles vient de livrer ses conclusions³. En ce qui concerne l'impact sur la mortalité des abeilles, les auteurs confirment leurs résultats de laboratoire : « *la proximité des parcelles traitées diminue l'espérance de vie des butineuses* ». Mais, en termes de performances, et en réponse à cette surmortalité, ils constatent que « *les colonies modifient leur stratégie de production de couvain de façon à privilégier le renouvellement des ouvrières* ». De façon plus précise, il est indiqué que « *les chercheurs n'ont pas observé d'altération des performances des ruches exposées. Les quantités de miel produites n'ont pas été impactées par le gradient d'exposition aux cultures issues des semences traitées à l'insecticide* ».

Par ailleurs, l'ANSES saisie par plusieurs Ministères sur « *les risques que présentent les produits phytopharmaceutiques contenant des néonicotinoïdes pour les abeilles et les pollinisateurs* » vient de rendre son avis⁴ (12 janvier 2016) : l'Agence préconise un « *renforcement des conditions d'utilisation des produits* » et indique qu'« *en l'absence de mesures de gestion adaptées, l'utilisation des néonicotinoïdes entraîne de sévères effets négatifs sur les espèces pollinisatrices* ». Elle rappelle les usages et conditions d'utilisation « *pour lesquels les risques pour les abeilles domestiques, les bourdons et les abeilles sauvages sont considérés comme faibles* ». L'Agence souligne cependant « *le manque de connaissances concernant l'impact de ces produits sur les abeilles et autres pollinisateurs* » et précise que de nombreuses données importantes sont en cours d'analyse au niveau européen et que son avis est donc « *susceptible d'évoluer au vu de ces éléments* ». Conclusions identiques pour les auteurs d'une analyse systématique des études sur le sujet (268 études considérées)⁵.

En parallèle, le débat à l'Assemblée sur le projet de loi relatif à la biodiversité s'est également emparé du sujet, avec des amendements proposés pour une interdiction totale des néonicotinoïdes... On ne peut que constater la confusion dans laquelle procédures, saisines et débats parlementaires s'entremêlent, propice à toute sorte d'instrumentalisation.

¹ Règlement d'exécution (UE) n°485/2013, 24 mai 2013

² Henry M. et al., 2012, "A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees". *Science* 336 p.348-350.

³ Henry M et al., 2015, "Reconciling laboratory and field assessments of neonicotinoid toxicity to honeybees". *Proc. R. Soc. B* 282: 20152110. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.2110>.

⁴ « Néonicotinoïdes et pollinisateurs : l'Anses préconise le renforcement des conditions d'utilisation des produits ». Communiqué de l'ANSES, 12 janvier 2016.

⁵ Lundin et al. "Neonicotinoid Insecticides and Their Impacts on Bees: A Systematic Review of Research Approaches and Identification of Knowledge Gaps", *Plos-One*, Août 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0136928

entre 23 et 33 %, alors qu'elles sont plus faibles dans le sud de l'Europe (Grèce, Italie, Espagne) avec des niveaux entre 5 et 10 % alors que, à l'inverse, les insecticides néonicotinoïdes sont plus employés dans le sud que dans le nord de l'Europe.

De la même façon, en France, les niveaux de mortalité sont élevés mais ne reflètent pas les utilisations de néonicotinoïdes. En effet, les niveaux de mortalité enregistrés dans les enquêtes de l'Institut technique et scientifique de l'apiculture et de la pollinisation (ITSAP) ne correspondent pas aux utilisations de ces insecticides [10]. On constate aussi des mortalités équivalentes en zone de plaine et en zone de montagnes, alors que ces dernières sont peu ou pas concernées par les traitements insecticides. Dans ce cas, d'autres causes ont été avancées, comme l'usage d'insecticides vétérinaires, soit en élevage, soit en apiculture contre *Varroa*, sans que cela puisse être confirmé à ce jour.

Cependant, l'EFSA (l'Agence européenne) avait édicté un certain nombre de restrictions d'usage, en particulier, nous l'avons vu, pour les cultures visitées par les abeilles en protection de semences et pour toute application avant floraison. Dans le même temps, l'agence a été mandatée pour remettre à jour son évaluation (voir encadré).

La lutte contre *Varroa*

Comme on peut le constater, bien que l'usage d'insecticides sur les cultures doive être considéré avec précaution pour éviter tout risque pour les abeilles, leur emploi et leurs suspensions successives expliquent mal à eux seuls le déclin des colonies d'abeilles. Le syndrome de déclin des colonies d'abeilles est un phénomène multifactoriel qui ne peut donc être imputé de manière réductrice aux seuls néonicotinoïdes. On le constate chaque jour un peu plus avec les restrictions et interdictions successives qui n'ont pas résolu le problème de la filière apicole. Avec cet effet loupe sur cette famille d'insecticides, et plus généralement sur les produits de protection des cultures, d'autres facteurs de morbidité ont été négligés dans les études. Et pourtant, plusieurs autres causes sont connues comme responsables possibles.

Varroa est la cause la plus fréquemment avancée et de nombreuses études montrent l'effet de ce parasite arrivé en 1981 en France [7,11]. *Varroa destructor* est un acarien originaire d'Asie. Sur ce continent, le parasite *Varroa* a co-évolué avec l'abeille locale *Apis cerana* qui s'accommode de son parasitisme. Son adaptation sur *Apis mellifera* et sa dispersion dans le monde obligent maintenant les apiculteurs français à lutter systématiquement aux moyens d'insecticides neurotoxiques ou d'acides organiques (acide oxalique ou acide formique) pour réduire les populations de *Varroa* dans les ruches². En l'absence de protection, *Varroa* a des effets directs sur les abeilles (affaiblissement des colonies, suppression

² Ces produits agissent soit comme agonistes des récepteurs de l'octopamine (amitraze), soit sur les canaux sodium des neurones (pyréthrinoïdes), ou sur l'acétylcholinestérase (organophosphorés). Cette lutte n'est pas simple à mettre en œuvre et l'efficacité des traitements n'est pas facile à évaluer par les apiculteurs.



« [...] Les experts soulignent le caractère souvent multifactoriel des causes de mortalités des colonies d'abeilles mais insistent tout particulièrement sur l'importance de leur co-exposition aux pesticides et aux agents biologiques dans le déterminisme de leur effondrement. La présence de nombreux agents infectieux (parasites dont *Varroa* en tout premier lieu, bactéries, champignons, virus) au sein des colonies, souvent asymptomatiques au départ, et leur exposition aux pesticides de diverses origines et méca-

nismes d'action (insecticides, fongicides et acaricides en particulier), entraînent selon toute vraisemblance le passage d'un état de santé normal à l'expression de pathologies conduisant à l'effondrement de la colonie. Les mécanismes conduisant à ce passage relèvent pour l'essentiel d'une baisse de l'immunité des individus ou de la colonie, ou d'une diminution des mécanismes de détoxification des abeilles. Ces phénomènes sont d'autant plus marqués que les abeilles sont exposées à de multiples molécules ayant des actions parfois synergistiques. Ces troubles induits par des co-expositions de facteurs sont démontrés dans des publications pour certains pesticides et certains agents infectieux. Des recherches restent néanmoins nécessaires pour en étudier d'autres.

[...] Le déploiement d'études multiples portées par des opérateurs variés au cours des dernières années ne permet pas de disposer d'un diagnostic consolidé de l'état de santé des colonies au plan national ni de leur co-exposition aux dangers biologiques et chimiques. Dans ce contexte, et s'il n'est pas possible d'agir à court terme sur des facteurs de stress comme le climat, l'Anses souligne la nécessité d'intervenir sur l'ensemble des autres facteurs identifiés comme contribuant à l'affaiblissement des colonies et rappelle en particulier l'importance :

- du maintien de la biodiversité ;
- de l'appropriation et du respect de bonnes pratiques apicoles ;

Bien qu'insuffisantes prises isolément, ces deux mesures apparaissent néanmoins nécessaires au maintien des abeilles et de leurs colonies en bonne santé.

- de la diminution de l'exposition globale des abeilles aux produits phytosanitaires, par une maîtrise renforcée du recours aux intrants dans les pratiques agricoles ;
- de l'utilisation à bon escient de traitements chimiques avec des molécules testées au préalable au regard de leur action additive, synergique ou antagoniste ; [...]
- de la création de ruchers de référence [...]

Ces deux dernières mesures doivent permettre de disposer à terme de référentiels harmonisés et d'un réseau d'observation structuré [...].

- d'intégrer dans la procédure d'évaluation [de toxicité] pré-AMM des tests pour mesurer l'effet d'une co-exposition chimique chronique [à] une molécule acaricide anti-*Varroa*, une molécule fongicide et connue pour inhiber les mécanismes de détoxification des abeilles [et] un insecticide ayant un même mode d'action que le produit à tester et connu pour être présent dans les matrices apicoles, si le PPP [produit phytopharmaceutique] à tester est un insecticide. »

*Extrait des conclusions et recommandations de l'ANSES
« Co-exposition des abeilles aux facteurs de stress », Avis de l'Anses, rapport d'expertise collective, juillet 2015.*

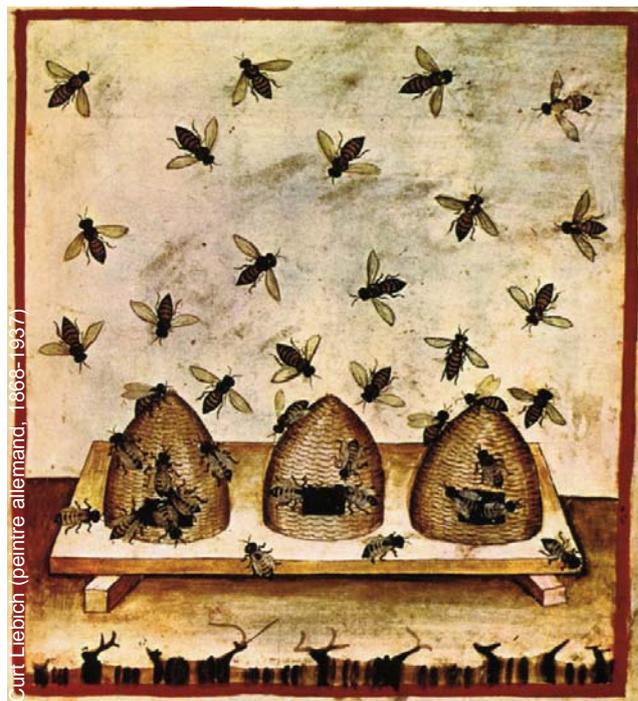
des défenses immunitaires). *Varroa* est aussi vecteur de virus pathogènes des abeilles³.

Chacune de ces solutions est soumise à une autorisation de mise sur le marché en tant que médicament vétérinaire. En France, seules deux substances actives insecticides conventionnelles sont autorisées : le tau-fluvalinate (pyréthri-noïde) et l'amitraze (formamidine). Leur emploi chaque année par les apiculteurs a conduit à l'apparition de souches de *Varroa* résistantes. Le développement de nouvelles solutions devient urgent pour la survie de l'apiculture. Plus récemment, le thymol a été introduit comme anti *Varroa* avec une image plus « verte ». Le thym est une plante mellifère très appréciée des apiculteurs. Le miel obtenu à partir de cette plante aurait des propriétés cicatrisantes reconnues [12]. Les travaux sur le thymol suggèrent une action insecticide neurotoxique au niveau des synapses bloquant la production de neurotransmetteurs comme l'acétylcholine [13]. La comparaison de mortalité de colonies suite à des programmes de lutte contre *Varroa* montre des écarts importants entre l'usage de thymol, d'amitraze, ou de tau-fluvalinate en faveur de l'amitraze et en défaveur du thymol selon une étude menée par la Chambre d'agriculture de région Alsace en 2015 [14].

D'autres pistes sont explorées : sélection d'abeilles tolérantes à *Varroa* [15], lutte biologique, soit avec un champignon entomopathogène comme *Beauveria bassiana* [16], soit avec un acarien prédateur comme *Stratiolaelaps scimitus*. Mais à ce jour, ces pistes n'ont pas débouché sur des applications pratiques.

Des causes multifactorielles

Il y a d'autres facteurs qui affectent les colonies d'abeilles comme le frelon asiatique (*Vespa velutina*), une espèce invasive contre lequel les apicul-



Curt Liebig (peintre allemand, 1866-1937)

teurs sont démunis (recours à des entreprises spécialisées pour détruire les nids par applications d'insecticides). Enfin, le petit coléoptère des ruches (*Aethina tumida*) a été identifié en Italie et si son extension se poursuit en Europe, il faudra aussi probablement recourir aux insecticides.

Par ailleurs, l'ANSES s'est saisie en 2012 [17] de la question des co-expositions des abeilles à différents facteurs de stress : insecticides agricoles, insecticides vétérinaires utilisés en apiculture, fongicides agricoles ainsi que des parasites et virus divers. Son

³ Comme le virus de la paralysie aiguë (*Acute Bee Paralysis Virus*) ou le Virus du Cachemire (*Kashmir Bee Virus*), et surtout le virus des ailes déformées (*Deformed Wing Virus*)

rapport a été publié en juillet 2015 [18] (voir l'encadré « Co-exposition des abeilles aux facteurs de stress »).

Les nouvelles études préconisées par l'ANSES risquent de se heurter à des combinaisons infinies et leur mise en œuvre devra passer par des méthodologies qui restent à inventer. Elles ne remplaceront pas les études menées actuellement sur les ruches prises dans leur intégralité. Enfin, les ruchers de référence proposés constituent des outils standardisés de mesure de l'état des ruches qui actuellement font défaut. Ce manque engendre des doutes qui ne peuvent que renforcer le climat de défiance entre agriculture et apiculture.

En conclusion, à ce jour, les agriculteurs ont besoin de substances insecticides pour protéger leurs récoltes, tant sur le plan qualitatif que quantitatif, tout comme les apiculteurs ont besoin d'insecticides pour protéger leurs colonies. L'avenir reste donc à une cohabitation nécessaire et exigeante. ■

Références

- [1] Barnett EA, Charlton AJ, Fletcher MR., "Incidents of bee poisoning with pesticides in the United Kingdom, 1994-2003.", *Pest ManagSci.* 2007 Nov ;63(11) :1051-7.
- [2] AFPP : « Les abeilles butinent, protégeons-les ».
- [3] « Enquête prospective multifactorielle : influence des agents microbiens et parasitaires, et des résidus de pesticides sur le devenir de colonies d'abeilles domestiques en conditions naturelles », Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2008. L'AFSSA est devenue ANSES en 2010.
- [4] « Mortalités aiguës d'abeilles : bilan officiel 2013 en France », Meziani F (2014), *Phytoma* n°676 août-septembre 2014, p. 15-16.
- [5] France AgriMer, Proteis, (2012) audit économique de la filière apicole française. 215 p.
- [6] Pilling E., Campbell P., Coulson M., Ruddle M., Tornier I. 2013 : A Four-Year Field Program Investigating Long-Term Effects of Repeated Exposure of Honey Bee Colonies to Flowering Crops Treated with Thiamethoxam ; *PLoS ONE*, 8 : e77193.
- [7] Genersch, E. et al. (2010) The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, 41 :332-352.
- [8] Neuman, P. and Carreck, N.L. (2010): "Honey bee colony losses". *Journal of Apicultural Research* 49(1) :1-6.
- [9] M. Laurent, P. Hendriks, M. Ribière-Chabert, M.-P. Chauzat (2015) "Epilobee : A pan-European epidemiological study on honeybee colony losses 2012-2014".
http://ec.europa.eu/food/animals/live_animals/bees/docs/bee-report_2012_2014_en.pdf
- [10] C. Holzman, « Hivernage et perte de colonies chez les apiculteurs professionnels français ». Cahier ITSAP 2012.
- [11] ANSES « Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles », publié en novembre 2008 et actualisé en avril 2009.
- [12] Assie B., Descottes B. (dir.). « Le miel comme agent cicatrisant ». 115 p. Thèse d'exercice, Médecine. Toulouse : Toulouse III : 2004.
- [13] Waliwitiya R., Belton P., Nicholson R.A., Lowenberger C.A. "Effects of the essential oil constituent thymol and other neuroactive chemicals on flight motor activity and wing beat frequency in the blowfly *Phaenicia sericata*", *Pest Manag. Sci.* 2010 ;66 :277-289.
- [14] Bulletin technique de la Chambre d'Agriculture de région Alsace N° 31 – Mars 2015.
- [15] Le Conte Y et al., "Social immunity in honeybees (*Apis mellifera*) : transcriptome analysis of varroa-hygienic behavior". *Insect. Mol. Biol.* 2011, 20, 399-408.
- [16] Meikle W.G., Mercadier G., Girod V., Derouané F., Jones W.A., "Evaluation of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycota : Hyphomycetes) strains isolated from varroa mites in southern France", *J. Apic.* 2006, Res. 45, 219-220.
- [17] « Santé des abeilles : impact de la co-exposition des colonies aux pesticides et aux agents infectieux », ANSES 2015. www.anses.fr/fr/content/santé-des-abeilles-impact-de-la-co-exposition-des-colonies-aux-pesticides-et-aux-agents
- [18] « Co-exposition des abeilles aux facteurs de stress », Avis de l'Anses, rapport d'expertise collective, juillet 2015.

Les effets de poussières d'enrobage de semences sur les abeilles

L'enrobage de semences est une technique de traitement consistant à déposer sur la semence une charge permettant d'en modifier la forme ou la taille en vue de faciliter le semis. Elle permet également d'inclure un ou plusieurs produits phytopharmaceutiques.

Dès le début des années 2000, la dispersion possible lors du semis de matière active d'insecticides utilisés dans l'enrobage des semences a été suspectée [1]. Un premier incident notable eut lieu en France en 2003 avec des dégâts brutaux et importants dans sept ruches dans le sud-ouest de la France. Une étude officielle, diligentée par le ministère de l'agriculture, conclut que la mort des abeilles était due à la dispersion au moment du semis de poussières d'enrobage de semences de tournesol traitées avec du fipronil. Le procédé industriel d'enrobage fut mis en cause.

Très rapidement, la profession semencière, en liaison avec le Ministère de l'agriculture, décide de mettre en place un « plan qualité poussières » (PQP). Après décision de la Commission des toxiques, dans un avis publié le 11 février 2004, le Ministère de l'agriculture donne le détail des nouvelles mesures de gestion des risques au sein des usines de traitement de semences, afin d'éviter la mise sur le marché de produits défectueux. Le taux maximum accepté de poussière est de 4 grammes par quintal de semences. De plus, les semoirs doivent être équipés d'un déflecteur pour rabattre les poussières restantes. À partir de cette date, aucun accident lié aux poussières n'a été constaté en France. Cet avis a ensuite été complété par plusieurs arrêtés.

Le deuxième évènement européen significatif eut lieu en 2008, dans certaines régions du sud de l'Allemagne [2]. Au moment des semis de semences de maïs traitées à la clothianidine, plus de 11 500 ruches de 700 apiculteurs en Bade-Wurtemberg et 460 ruches de 36 apiculteurs en Bavière présentèrent des symptômes d'empoisonnement. Les résultats d'analyses montrèrent rapidement un lien avec les poussières provenant des semences. La mortalité observée a plusieurs origines : contact direct des abeilles lors du semis, dépôt d'insecticides sur les plantes adjacentes en fleur ou dans les flaques d'eau ou la rosée où les abeilles vont boire.

À la suite de cet incident, l'Allemagne a mis en place une réglementation exigeant que, dans leur préparation, les insecticides soient appliqués sur les semences uniquement dans des installations professionnelles certifiées et que les semoirs soient adaptés.

L'industrie européenne des semences a pris le dossier en main pour instaurer une certification européenne des usines d'enrobage. Après trois ans de travaux, l'*European seed association* (ESA) a défini un système d'assurance qualité pour les semences traitées. Les normes maximales de poussières sont déterminées espèce par espèce.

La mortalité des abeilles, au moment des semis de semences traitées par des insecticides, a aussi été notée dans de nombreux autres pays comme les États-Unis et le Canada où a également été adopté un guide pour l'utilisation sécurisée des semences traitées.

Bernard Le Buanec

(membre de l'Académie d'agriculture de France

et ancien directeur des programmes de recherche d'une entreprise de semences).

[1] Greatti et al., 2003, Risk of environmental contamination by active ingredient imidacloprid used for seed corn dressing. Preliminary results. *Bulletin of Insectology*, 59(1):69-72.

[2] Geordgiadis et al., DOI :10.5073/jka. 2012.437.039

Plan Écophyto : l'idéologie au pouvoir ?

Philippe Stoop



Le plan Écophyto est le principal volet agricole du Grenelle de l'Environnement lancé en 2007. Son objectif initial était de réduire de 50 % l'utilisation de pesticides en France entre 2008 et 2018. Pour les agriculteurs, il comprend trois mesures phares :

- la mise en place d'une certification obligatoire pour l'usage et la vente de produits phytosanitaires ;
- un objectif de 20 % de surface agricole en bio à l'horizon 2018, assorti d'aides financières à la conversion ;
- un objectif de réduction de 50 % de la consommation de produits phytosanitaires d'ici 2018.

Cette dernière mesure a été la plus contestée par les professionnels de l'agriculture. L'objectif d'une réduction de 50 % avait été annoncé avant même le Grenelle, sans aucune justification scientifique ni étude d'impact économique, sanitaire ou environnemental. Les discussions ont porté seulement sur le choix de l'indicateur retenu et le délai pour atteindre cet objectif. Pendant le Grenelle, les débats ont été vifs entre les milieux agricoles, partisans d'objectifs de réduction des impacts des pesticides, et les environnementalistes, partisans d'objectifs de réduction des utilisations. C'est ce dernier point de vue qui l'a emporté : les indicateurs retenus (IFT à l'échelle de l'exploitation, NODU à l'échelle régionale¹) ne prennent en compte que le nombre de traitements appliqués, pondérés en fonction de la dose d'homologation du produit et de la surface traitée, sans tenir compte de la toxicité des produits pour l'homme ou l'environnement. Du coup, ces indicateurs n'ont

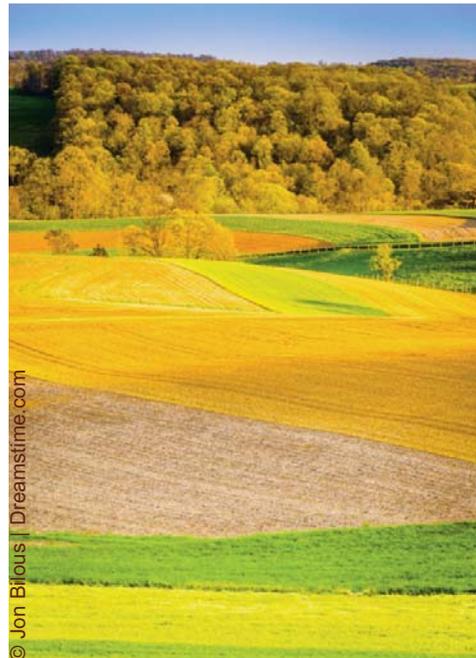
¹NODU : nombre de doses unités. Indicateur de pression. Pour une substance active donnée sur une culture donnée, une dose maximale autorisée est calculée (elle varie selon les spécialités), puis pondérée en fonction des surfaces occupées par cette culture. Le NODU correspond à un nombre de traitements « moyens » appliqués annuellement sur l'ensemble des cultures, à l'échelle nationale. Le recours à certains produits de biocontrôle (substances naturelles, micro-organismes, médiateurs chimiques) est par ailleurs évalué selon un indicateur spécifique, le « NODU Vert biocontrôle ».

IFT : indicateur de fréquence de traitement. Indicateur de pression qui estime le nombre de doses homologuées de spécialités commerciales appliquées.

Source : <http://agriculture.gouv.fr/les-produits-phytosanitaires>

aucune capacité prédictive des impacts sur la santé ou l'environnement. Ils peuvent même devenir contreproductifs en incitant les agriculteurs à privilégier les produits à longue durée d'action (qui permettent de traiter moins souvent), alors que ce sont souvent les plus persistants dans l'environnement.

Par ailleurs, les représentants des agriculteurs alertaient sur les pertes de rendement qui seraient provoquées par cet objectif, et donc sur les conséquences économiques (pertes de revenus pour les agriculteurs, augmentation du prix des produits alimentaires). Ces inquiétudes ont été confirmées en 2010, en vain, par le rapport Écophyto R&D de l'INRA.



À mi-parcours, l'échec du plan Écophyto initial était patent, les NODU ayant à peine évolué entre 2008 et 2013. Le rapport Potier, publié en décembre 2014 [1], a fait un point d'étape du plan Écophyto, et formulé des recommandations pour le plan Écophyto 2, dont une version préliminaire a été présentée en janvier 2015 [2].

Par rapport au plan initial, Écophyto 2 a l'avantage de prévoir des dispositifs de soutien pour toutes les formes d'agro-écologie (et non seulement l'agriculture bio), en s'appuyant sur l'outil juridique et économique du GIEE (Groupement d'Intérêt Écologique et Environnemental). Par contre, il n'a pas remis en cause les objectifs quantitatifs globaux pour la consommation de pesticides, se contentant de fixer de nouvelles échéances : 2025 pour la réduction de 50 %, avec un objectif intermédiaire à 25 % en 2020.

La seule évolution positive est l'annonce du remplacement du NODU par un indicateur prenant en compte la toxicité des produits pour l'homme et l'environnement. À l'heure où nous rédigeons ce dossier, le mode de calcul de ce nouvel indicateur n'est pas encore connu. Vu les réactions encore une fois unanimes des ONG environnementalistes [3], on peut craindre que l'impact de la toxicité dans cet indicateur soit marginal. Par ailleurs, une fois de plus,

l'objectif quantitatif de réduction est fixé avant que l'indicateur pertinent soit défini. La version 2 du plan Écophyto souffre du même péché originel que la version initiale, à savoir un objectif fixé sur des motifs idéologiques dont les bénéfices sanitaires ou environnementaux sont très incertains et dont l'impact économique serait très lourd, sans mesure de soutien compensatoire à la hauteur des enjeux. ■

Références

- [1] Rapport de Dominique Potier : « Pesticides et agro-écologie, les champs du possible », 23 décembre 2014. <http://agriculture.gouv.fr/ministere/pesticides-et-agro-ecologie-les-champs-du-possible>
- [2] Plan Écophyto 2, 8 juin 2015. <http://agriculture.gouv.fr/file/20150606-projet-de-plan-ecophyto-iicle0987b1pdf>
- [3] www.generations-futures.fr/pesticides/plan-ecophyto-2/
- [4] www.fondation-nicolas-hulot.org/sites/default/files/presse/cp_plan-ecophyto-2_152610.pdf

Pesticides et biodiversité : premiers enseignements

Christian Mougin et Thierry Caquet

Christian Mougin et Thierry Caquet sont directeurs de recherche à l'INRA. Texte écrit avec le concours des équipes de recherche du réseau des Écotoxicologues de l'INRA.



Le plan Écophyto I a notamment fixé comme objectif une réduction de 50 % de l'IFT (voir l'encadré « Quelques définitions »), entre 2008 et 2018. Son entrée en vigueur a aussi été marquée par le retrait des autorisations de mise sur le marché (AMM) des préparations contenant les 30 substances considérées comme les plus préoccupantes. Quel bénéfice peut-on attendre de ces mesures pour la biodiversité en France ? S'il n'y a pas eu de véritable prise en compte dans le plan Écophyto de la biodiversité

et des impacts écotoxicologiques, de nombreux programmes de recherche permettent de comparer les bénéfices environnementaux résultant de réductions d'usage de pesticides à ceux qui seraient attendus du plan. Quelques études de cas réalisées par des équipes françaises sont présentées ici à titre d'exemples.

Pesticides et communautés aquatiques

Des études réalisées en milieu naturel ont mis en évidence les conséquences de la diminution des concentrations environnementales de pesticides sur les caractéristiques de certaines communautés aquatiques.

Des travaux réalisés avec le soutien de l'Onema (Office national des eaux et des milieux aquatiques), dans un bassin-versant¹ viticole où l'herbicide diuron a été utilisé pendant de nombreuses années, ont montré que l'interdiction de cette molécule a conduit à une diminution continue de ses concentrations résiduelles tout au long de la période de suivi de 4 ans. Il a été observé une diminution de la capacité des micro-organismes à minéraliser (dégrader) l'herbicide parallèlement à la diminution de la pression de sélection exercée par cette substance, mettant ainsi en évidence les réponses rapides de ces organismes aux évolutions des pressions toxiques [7]. Il convient de signaler que la relation entre interdiction d'usage et réduction des concentrations dans l'environnement n'est pas toujours aussi directe ou rapide en raison des temps de réponse parfois très longs de certains systèmes.

¹ Bassin-versant : territoire où les eaux convergent vers un même point de sortie.

Les évolutions des communautés phytoplanctoniques d'un grand lac alpin ont été étudiées sur une période de douze ans dans le cadre du projet IMPALAC soutenu par le programme Pesticides du MEDDE (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie). Durant cette période, le suivi chimique de la qualité des eaux a montré une diminution régulière des teneurs en pesticides suite à des interdictions successives. Les résultats ont montré que la diminution des concentrations en pesticides modifiait la composition taxonomique des communautés phytoplanctoniques et réduisait la proportion de micro-organismes tolérants aux pesticides, montrant cette fois encore que la baisse de pression s'accompagne d'une restauration des communautés exposées [4].

Ces modifications des communautés microbiennes, tant en termes de composition que de propriétés fonctionnelles, peuvent être perçues comme des indicateurs de la résilience des milieux avec un intérêt pour le développement de nouveaux indicateurs biologiques.

Le projet EMERITAT, financé par le programme Pesticides du MEDDE, a permis d'étudier les effets non intentionnels d'itinéraires techniques (voir l'encadré « Quelques définitions ») de protection phytosanitaire « classiques » et « bas intrants pesticides »² sur des écosystèmes aquatiques expérimentaux pendant deux années consécutives. Des effets néfastes significatifs de même amplitude, mais décalés dans le temps, sur la structure des communautés d'invertébrés et sur la fragmentation de la litière (préalable nécessaire à la décomposition des végétaux) ont été constatés dans les deux cas [1]. Ils sont liés aux différents insecticides pyréthrinoïdes dans le cas des itinéraires « classiques » et au cyprodinil et à un pyréthrinoïde, la deltaméthrine, dans le cas des itinéraires « bas intrants pesticides ». Ces derniers ne donnent pas entière satisfaction en termes de réduction des impacts en raison du maintien ou de l'utilisation, en substitution des produits classiques, de molécules plus sélectives mais très toxiques pour les invertébrés. Cet exemple montre que la réduction des IFT n'a pas forcément des effets positifs, si on ne tient pas compte de l'impact environnemental des produits employés : une dimension qui était absente du plan Écophyto I.

Pesticides et organismes du sol

D'autres programmes ont visé à évaluer les bénéfices attendus de la mise en place de pratiques peu ou pas utilisatrices de pesticides, telles que l'agriculture de conservation (voir encadré « Quelques définitions ») ou l'agriculture biologique, sur différentes communautés d'organismes du sol.

Ainsi, une analyse des groupes fonctionnels d'invertébrés et de microorganismes a été réalisée dans des parcelles quatorze ans après la mise en place de ces pratiques, dans le cadre du projet PEPITES soutenu par l'ANR Systerra [3]. Elle a montré que l'agriculture de conservation (avec un IFT intermédiaire entre le biologique et le conventionnel) augmente les densités de bactéries et de champignons du sol, ainsi que celles de diffé-

² « Classiques » : IFT – Indicateur de Fréquence de Traitements blé = 7,16 ; IFT colza = 6,14. ; « Bas intrants pesticides » : IFT blé = 3 ; IFT colza = 3,64.

Quelques définitions

Itinéraire technique. Combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle agricole en vue d'en obtenir une production.

IFT ou indicateur de fréquence de traitement. Comptabilise le nombre de doses homologuées (DH) appliquées sur un hectare pendant une campagne culturale. La dose homologuée est définie comme la dose efficace d'application d'un produit sur une culture et pour un organisme cible (un bioagresseur) donnés.

Agriculture de conservation (AC). Système agricole qui s'est développé aux États-Unis à la fin des années 1930 pour lutter contre l'érosion des sols. L'agriculture de conservation a ensuite été largement adoptée en Amérique latine et, dans une moindre mesure, en Europe. Ce système consiste essentiellement en la mise en œuvre simultanée de trois principes à l'échelle de la parcelle : le travail minimal du sol, les rotations culturales et la couverture permanente du sol.

Agriculture biologique (AB). Système agricole régi par un cahier des charges défini par la loi. Pour la production végétale, il exclut l'utilisation d'engrais de synthèse, de pesticides de synthèse et d'organismes génétiquement modifiés. Il préconise des assolements diversifiés et des rotations culturales longues. Pour bénéficier du label « Agriculture Biologique », un produit doit provenir d'une exploitation certifiée biologique. Cette certification ne garantit que les moyens mis en œuvre et n'est pas une garantie de résultats.

Lutte intégrée. La protection intégrée consiste en la prise en considération attentive de toutes les méthodes de protection des plantes disponibles et, par conséquent, l'intégration des mesures appropriées qui découragent le développement des populations d'organismes nuisibles et maintiennent le recours aux produits phytopharmaceutiques et à d'autres types d'interventions à des niveaux justifiés des points de vue économique et environnemental, et réduisent ou limitent au maximum les risques pour la santé humaine et l'environnement. Le rapport Écophyto R&D a montré que l'objectif du plan Écophyto revient à convertir l'ensemble de l'agriculture conventionnelle et raisonnée en l'agriculture intégrée. On peut donc considérer que les comparaisons actuelles entre biodiversité des parcelles conventionnelles et intégrées permettent d'estimer les impacts futurs du plan Écophyto sur la biodiversité.

rents groupes d'invertébrés comme les vers de terre anéciques et les arthropodes phytophages et rhizophages, potentiellement ravageurs des cultures. Toutefois, ces pratiques alternatives entraînent également une augmentation de la densité de leurs prédateurs. L'agriculture biologique, quant à elle, améliore les processus microbiens au sein des réseaux trophiques du sol, ainsi que les quantités de vers de terre endogés et anéciques. Globalement, le travail du sol est donc dans cette expérimentation un facteur plus influent sur la biodiversité que la quantité de pesticides employés.

Une étude [6] soutenue par la Fédération Île-de-France de Recherche en Environnement et NatureParif a utilisé une base de données expérimentales collectées pendant 5 ans dans des parcelles conduites en agriculture conventionnelle et en agriculture biologique pour construire une relation entre IFT et l'abondance de trois espèces majeures de vers de terre. Cette étude a montré que les insecticides ont des effets négatifs plus forts sur les vers de terre que les herbicides et les fongicides, et que les espèces vivant près de la surface du sol étaient plus affectées par les pesticides que celles vivant plus en profondeur. La densité des espèces de vers de terre peut être multipliée par un facteur 1,5 à 4 si l'IFT est réduit de moitié. Ces résultats démontrent que la réduction des intrants pesticides augmente la densité des populations de vers de terre à la parcelle.

D'autres recherches ont également été menées dans des vergers maintenus sous diverses stratégies de gestion, diversement consommatrices de pesticides. Dans le projet BETSI, soutenu par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, les carabidés (coléoptères terrestres prédateurs d'invertébrés généralement jugés bénéfiques) ont été retenus comme modèle d'étude, à travers leurs relations activité-densité, et leur diversité structurale et fonctionnelle. Seule la richesse spécifique (indicateur de biodiversité comptabilisant le nombre d'espèces présentes dans l'espace considéré) semble influencée en été par les modes de gestion, les valeurs les plus faibles étant observées dans les vergers conduits en lutte intégrée et en gestion conventionnelle, où les usages de pesticides sont les plus abondants [2]. Dans cet exemple, les différents systèmes de culture avaient des IFT voisins, c'est la réduction des produits phytosanitaires de synthèse qui est favorable aux carabes.

De la même façon, des communautés d'araignées épigées ont été échantillonnées pendant trois années dans des vergers sous différentes stratégies de gestion (abandon, biologique, lutte intégrée ou conventionnelle) traduisant différents niveaux d'utilisation de pesticides [5]. L'abondance et la richesse spécifique des communautés étaient les plus élevées dans les vergers abandonnés qui n'ont pas reçu de pesticides. L'approche par traits a montré que dans ces parcelles sans traitements, les araignées avaient des corps de taille plus élevée et une capacité de dispersion plus faible que dans les parcelles recevant des pesticides. Toutefois, dans ces situations, les différences d'IFT semblent sans effet visible sur les caractéristiques des communautés d'araignées.



© Backraith | Dreamstime.com

Conclusion

Il reste difficile de donner une dimension générique aux résultats présentés. Si la réduction des pesticides semble jouer en faveur d'une diminution des impacts écotoxicologiques, de nombreuses recherches restent à mener. Celles-ci devraient passer par l'évaluation multicritère des mesures prises dans le cadre du plan Écophyto, en associant un volet écotoxicologique à des objectifs agronomiques. Certaines recommandations du rapport Potier (biodiversité : protéger les pollinisateurs, surveiller les effets non intentionnels, surveiller la qualité des sols pour préserver leurs services écologiques) et l'axe 3 « évaluer et maîtriser les risques et les impacts » des nouvelles orientations du plan restent particulièrement d'actualité. Ces problématiques devraient être au cœur de la mise en place du dispositif de phytopharmacovigilance prévu dans le cadre de la version 2 du plan Écophyto. ■

Références

- [1] Auber, A., Roucaute, M., Togola, A., Caquet, Th. 2011. Structural and functional effects of conventional and low pesticide input crop-protection programs on benthic macroinvertebrate communities in outdoor pond mesocosms. *Ecotoxicology*, 20 : 2042-2055
- [2] Hedde, M., Mazza, C., Thénard, J., Capowiez Y. 2015. Orchard protection strategies influence both functional and taxonomic ground beetle diversity. *Applied Soil Ecology*, 8 : 26-31
- [3] Henneron, L., Bernard, L., Hedde, M., Pelosi, C., Villenave, C., Chenu, C., Bertrand, M., Blanchart, E. 2015. Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agriculture for Sustainable Development*, 35 : 169-181
- [4] Larras, F., Rimet, F., Gregorio, V., Bérard, A., Leboulanger, C., Montuelle, B., Bouchez, A. Pollution-induced community tolerance (PICT) as a tool for monitoring Lake Geneva long-term in situ ecotoxic restoration from herbicide contamination. *Environmental Science and Pollution Research* (sous presse)
- [5] Mazza, C., Pasquet, A., Caro, G., Thénard, J., Cornic, J.-F., Hedde, M., Capowiez Y. 2015. Impacts of management strategies on the structural and functional diversity of epigeal spider communities in apple orchards. *Ecotoxicology*, 24 : 616-625
- [6] Pelosi, C., Toutous, L., Chiron, F., Dubs, F., Hedde, M., Muratet, A., Ponge, J.-F., Salmon, S., Makowski, D. 2013. Reduction of pesticide use can increase earthworm populations in wheat crops in a European temperate region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 223-230
- [7] Pesce, S., Margoum, C., Rouard, N., Foulquier, A., Martin-Laurent, F. 2013. Freshwater sediment pesticide biodegradation potential as an ecological indicator of microbial recovery following a decrease in chronic pesticide exposure : A case study with the herbicide diuron. *Ecological Indicators*, 29, 18-25



Le tout bio est-il possible ?

90 clés pour comprendre l'agriculture biologique

Bernard Le Buanec (Coordination éditoriale), Quae Édition, 2012

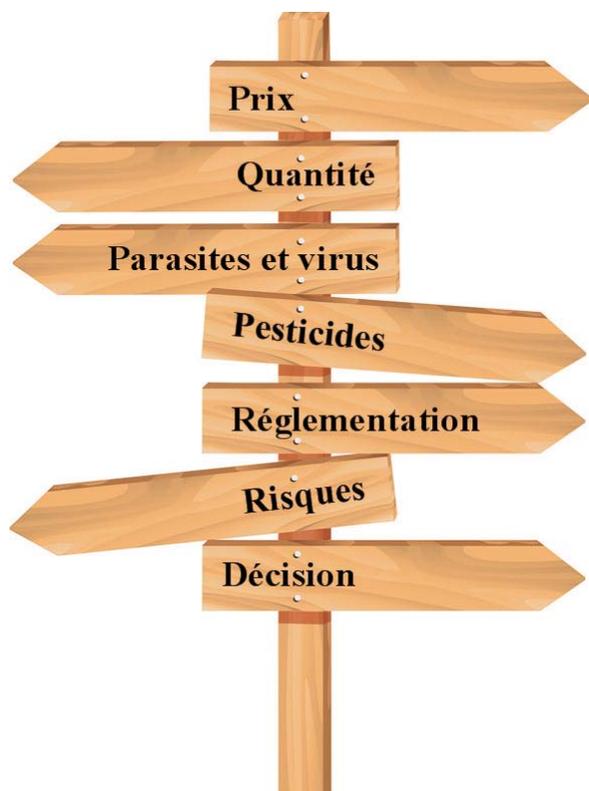
Savez-vous vraiment ce qu'est l'agriculture biologique ? Connaissez-vous ses méthodes de production ? Comment un agriculteur peut-il être certifié en AB ? Les consommateurs sont-ils toujours gagnants en achetant bio ? L'agriculture biologique protège-t-elle l'environnement ? [...]

En s'appuyant sur des données scientifiques, techniques et économiques précises, ce livre, rédigé par un groupe de travail de l'Académie d'agriculture de France, répond à 90 questions pour éclairer le citoyen, le consommateur mais aussi l'agriculteur sur les différentes dimensions de l'agriculture biologique d'aujourd'hui et de demain.

Extraits de la présentation de l'éditeur

Pesticides : analyser les risques, mais aussi les bénéfiques

Philippe Stoop



Tout au long de ce dossier, nous avons surtout évoqué les effets indésirables des pesticides. S'ils sont répandus à ce point, c'est bien sûr grâce à leurs effets positifs indiscutables sur le rendement des cultures. Mais pour les agrochimistes et les représentants de l'agriculture conventionnelle, le bienfait n'est pas seulement économique, mais également sanitaires et environnementaux de l'emploi de ces produits :

- La limitation de la surface agricole nécessaire à la satisfaction des besoins alimentaires mondiaux, ce qui a permis d'atténuer la destruction d'espaces naturels (voir dans ce dossier « Les pesticides nuisent-ils à la biodiversité ? ») ;
- Une baisse des prix alimentaires, en particulier pour les fruits et légumes, dont l'impact positif sur la santé est reconnu (voir encadré) ;
- Une réduction des contaminations alimentaires par les mycotoxines, sécrétées par les parasites des plantes.

Ces arguments ne peuvent être balayés sans examen, sous prétexte qu'ils proviennent d'entreprises ayant des intérêts dans les pesticides.

Les choix politiques sur ce sujet devraient donc être décidés en fonction de la balance entre ces effets positifs et les risques identifiés.

Il s'agit typiquement d'un sujet propice à une analyse coût/bénéfice (ACB), ou à sa variante l'analyse risque/bénéfice. L'ACB vise à chiffrer dans des unités comparables les avantages et les conséquences négatives d'une décision politique ou technique (pour une introduction aux méthodes de l'ACB, voir [1]). Cet outil décisionnel est parfois critiqué, en particulier à cause des questions éthiques qu'il soulève : par exemple, pour des sujets touchant à la santé ou la sécurité, l'ACB implique d'attribuer une valeur monétaire à la vie humaine ou à un handicap ; pour les questions de développement durable, elle met en balance des bénéfices pour les générations actuelles et des nuisances pour les générations futures [2]. Par contre, elle a le mérite d'éclairer les citoyens, de façon transparente, sur les risques technologiques.

Après avoir connu un certain succès dans les années 60-70, elle est moins utilisée depuis, en particulier en France, bien qu'elle puisse équilibrer le principe de précaution, susceptible de bloquer toute innovation technologique présentant un risque potentiel, quel que soit son bénéfice. Sur les pesticides, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) s'est positionné dans ce mouvement de défiance vis-à-vis de l'ACB, en avançant la difficulté à chiffrer les effets négatifs des pesticides, extérieurs au monde agricole [3]. Les réticences de l'INRA sont compréhensibles d'un point de vue strictement scientifique, mais, faute de méthode alternative à l'ACB, elles privent de critères de décisions les politiques publiques.

Les politiques en sont donc réduits à peser par eux-mêmes les avantages et inconvénients dans l'avalanche des travaux réalisés par la recherche publique, seule jugée objective sur ce sujet. Encore faudrait-il que celle-ci traite tous les aspects, positifs et négatifs, des pesticides. Or, c'est loin d'être le cas.

Contrairement à d'autres domaines d'innovation proches (comme la création variétale, OGM compris) la recherche publique a très peu travaillé sur

L'impact sanitaire d'une hausse des prix des fruits et légumes



Une hausse des prix alimentaires a un impact direct sur la santé des populations. Et les prix sont directement liés à la performance et la productivité des exploitations agricoles. L'usage des pesticides est un des facteurs (pas le seul, le climat par exemple joue un rôle) qui va déterminer cette performance. Les fruits et légumes sont l'un des principaux éléments d'une alimentation favorable à la santé, contre le diabète, les maladies cardiovasculaires... C'est pourquoi le Programme national nutrition santé recommande le désormais fameux « 5 fruits et légumes par jour ».

Ainsi, des chercheurs de l'université Tufts (USA), de Liverpool (UK) et Harvard (États-Unis) ont estimé¹ qu'une baisse des prix de 10% sur les fruits et légumes conduirait aux USA, en 2030, à une réduction de 1% de la mortalité par maladie cardiaque, soit entre 64 000 et 69 000 vies sauvées sur 15 ans (et 191 000 à 205 000 vies épargnées sur 15 ans pour une baisse de prix de 30%).

De façon symétrique, on imagine l'impact d'une hausse des prix. Et c'est justement ce que vient d'établir, dans un contexte différent, une étude publiée par le *Lancet*². S'intéressant aux impacts du réchauffement climatique à l'horizon 2050, elle conclut qu'une baisse de 4% de la production de fruits et légumes entraînerait une surmortalité dans le monde de 533 000 personnes (70 000 personnes dans les pays développés). Le mécanisme en cause est la baisse des productions et l'impact sur la disponibilité et le prix des aliments.

On note que, dans ces deux publications, les différences de rendement ou de prix considérés sont inférieurs aux différentiels entre agriculture bio et conventionnelle³. Pourquoi ne pas employer les mêmes méthodes pour quantifier l'effet sanitaire d'une transition vers l'agriculture bio ?

¹ Ashkan Afshin et al., "CVD Prevention Through Policy: a Review of Mass Media, Food/Menu Labeling, Taxation/Subsidies, Built Environment, School Procurement, Worksite Wellness, and Marketing Standards to Improve Diet", *Curr Cardiol Rep.* 2015; 17(11): 98. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4569662/

² Marco Springmann et al., "Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study", *The Lancet*, 2016. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01156-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01156-3)

³ Voir par exemple l'« Observatoire des prix fruits et légumes » (Été 2015) de l'association de consommateurs Familles rurales. <http://www.famillesrurales.org/>

le développement des pesticides « conventionnels ». L'innovation en la matière a toujours été tirée par les entreprises privées. La recherche publique s'est spécialisée dans les sujets délaissés par la R&D privée : les méthodes alternatives (agriculture intégrée et biocontrôle), et l'analyse des effets indésirables des pesticides. Cette spécialisation est logique : il serait naïf de ne compter que sur les firmes agrochimiques pour évaluer les risques des pesticides. Mais elle est poussée tellement loin qu'elle influence le débat public. Le *Book of Abstracts* du Congrès Annuel du Groupe Français des Pesticides (GFP, [5]), qui fait le point sur les travaux de la recherche agronomique francophone, est particulièrement éclairant. Sur les 81 présentations de la session 2015, 36 % portaient sur des mesures de présences de pesticides dans l'environnement, 10 % sur les mesures de contamination humaine et 33 % sur les impacts non intentionnels des pesticides sur la faune ou la flore. Une seule publication portait sur un effet bénéfique d'un pesticide ! Encore s'agissait-il d'une publication algérienne (et non française), et sur un pesticide bio.

Plus inattendu, cinq présentations seulement portaient sur la mise au point d'indicateurs pour aider les agriculteurs à améliorer leurs pratiques. Enfin, on ne note aucun travail sur l'impact économique des pesticides (ou même sur le sujet plus restreint, et d'une actualité brûlante, de l'impact économique du plan Écophyto).

Encore une fois, il est indispensable que la recherche publique se concentre sur le « côté obscur de la force » des pesticides, si on veut que ce sujet soit traité avec rigueur. Mais il serait tout aussi nécessaire qu'elle se saisisse de l'analyse comparée des bénéfices et inconvénients pour traiter avec objectivité ce sujet aujourd'hui porté par les seuls milieux agricoles, toujours soupçonnés de conflit d'intérêt.

Ainsi, la recherche publique produit une abondante quantité de publications toutes défavorables aux pesticides, au point que seuls les spécialistes peuvent avoir un regard global sur ces travaux. Les scientifiques publient périodiquement des méta-analyses faisant la synthèse des connaissances disponibles dans leur domaine. Mais comme ces revues bibliographiques restent destinées aux spécialistes, leur interprétation en termes opérationnels restent difficile. Pour orienter les politiques publiques sur des sujets aussi vastes et complexes que l'impact des pesticides sur l'environnement, il est périodiquement fait appel à des expertises collectives. L'INRA en a réalisé deux, en 2005 et 2008, analysant les effets sur la biodiversité. Ces synthèses relativement anciennes n'ont pas été mises à jour avec la même exhaustivité depuis. Les conclusions restent difficiles à interpréter en termes opérationnels, faute de hiérarchisation claire entre les risques possibles (identifiés à partir d'expériences au laboratoire, et non sur le terrain), les impacts avérés sur le terrain mais mineurs (effets identifiés sur le métabolisme de populations animales ou végétales, mais sans impact observé sur la survie ou la reproduction), et les vrais impacts observés sur les populations animales, végétales ou microbiennes. Difficile ainsi de faire la part des risques hypothétiques et des problèmes avérés.

Références

[1] Meunier, V., Mardsen, E., 2009 : « L'analyse coût-bénéfice, Guide méthodologique ». *Les Cahiers de la Sécurité Industrielle*, 2009-6.

[2] Treich N., 2008 : « L'analyse coût-bénéfice en 10 questions », *Les Cahiers de la Sécurité Industrielle*, ICSI.

[3] « Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux », expertise scientifique collective. Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA et le Cemagref à la demande du Ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP) et du Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD). Décembre 2005.

[4] Chapitre 5 du rapport de l'INRA intitulé : « Aspects économiques de la régulation des pollutions par les pesticides ».

[5] www.gfpesticides.org

[6] Questions au gouvernement, 4 juin 2015, « Chiffrage des aménités positives et des externalités négatives de l'agriculture conventionnelle/bio » et <http://videos.senat.fr/video/videos/2015/video28815.html>

[7] www.forumphyto.fr/2015/09/25/pesticides-qi-euros-les-calculs-acrobatiques-du-cnrs/

Face à ce flot d'informations négatives, la recherche publique ne répond directement à aucun des arguments des milieux agricoles et de la R&D des entreprises privées du secteur mettant en avant les effets bénéfiques. Son point de vue serait pourtant essentiel pour le débat public. Quant aux impacts économiques d'une réduction non ciblée de 50 % des pesticides, tel que proposé dans le plan Écophyto, le sujet n'a été qu'esquissé... et interrompu malgré des résultats préliminaires alarmants (voir dans ce dossier l'article « Plan Ecophyto : quel impact sur la production agricole »).

Même si une ACB en bonne et due forme pour l'usage des pesticides en général paraît effectivement hors de portée dans l'état actuel des connaissances, une analyse des impacts potentiels du plan Écophyto (sanitaires, environnementaux et économiques) devrait être possible... et elle est indispensable ! Une implication de l'INRA sur ces questions serait d'autant plus souhaitable, que d'autres instituts de recherche s'attachent à l'évaluation des coûts des pesticides avec des méthodes parfois contestables [7].

D'ailleurs, en juin dernier, le sénateur (Europe Écologie Les Verts) Joël Labbé a demandé, lors d'une séance de questions au gouvernement, une évaluation sur « *les externalités négatives de l'agriculture conventionnelle et les aménités positives au niveau économique, social et environnemental de l'agriculture bio* » [6]. Laissons de côté l'asymétrie partisane de la question pour noter que le ministre de l'Agriculture Stéphane Le Foll a promis une telle expertise pour les deux formes d'agriculture... et attendons la concrétisation de ces bonnes intentions. ■

Point de vue

Plan Écophyto : quel impact sur la production agricole ?

C'est la grande question occultée du plan Écophyto : son impact potentiel sur la production agricole française. Il s'agit pourtant d'une question essentielle si on veut se fixer des objectifs réalistes, sans mettre un policier derrière chaque tracteur et sans dégrader la compétitivité du secteur agricole, qui reste une des forces majeures de l'économie française.

Retrouvez le texte complet de cette tribune de Philippe Stoop sur notre site Internet.

Aux origines des produits phytopharmaceutiques...

Jean-Louis Bernard



Jean-Louis Bernard est membre de l'Académie d'agriculture de France. Il a été Vice-président de l'AFPP (Association Française de Protection des Plantes) et Responsable Environnement de Syngenta France.

L'origine de ce que l'on appelle « produits phytopharmaceutiques », « phytosanitaires » ou « pesticides » doit être recherchée bien au-delà de 2 500 ans avant le temps présent. Il s'agissait alors de démultiplier l'action directe de

l'homme qui ne disposait que des moyens manuels (ramassage, arrachage...) appuyés du feu ou de rares outils (araire, houe, van...) pour remédier à des phénomènes dommageables (pullulation d'insectes, de rongeurs, envahissement de plantes adventices...) et à leurs conséquences (pénuries alimentaires, nourriture difficile, voire dangereuse à consommer). Outre de très nombreux témoignages de recours aux puissances divines, les anciens écrits des peuples du Moyen et de l'Extrême-Orient ainsi que la tradition gréco-latine ont livré de nombreuses recettes faisant appel à des cendres, du sel marin, des décoctions (jusquiame, hellébore...), des huiles, des poudres végétales et des substances minérales répulsives ou toxiques (arsenic, goudrons) pour les nuisibles.

Les débuts de la protection des cultures

L'impact négatif du parasitisme sur le rendement des cultures a commencé à être bien évalué en 1658, lorsque la rouille noire des céréales sévissait dans la campagne normande [1]. Quelques années plus tard, c'est un lien direct entre « mal des ardents » et farine de seigle ergoté¹ qu'établit le médecin Dodart. Vers 1690, on tente d'utiliser la toxicité connue des décoctions de feuilles de tabac pour venir à bout des pucerons et des tigres du poirier qui ravagent les espaliers de Versailles. Les premières solutions rationnelles de défense des cultures sont dues aux travaux de Tillet (1755), qui prouve que les semences de blé immergées dans des solutions aqueuses de chaux, de salpêtre ou de sel marin sont moins réceptives aux attaques de la carie du blé. En 1803, le jardinier anglais Forsyth confectionne des bouillies associant soufre, chaux et tabac pour améliorer la santé de ses pommiers. Peu après, c'est le Genevois B. Prévost qui met en évidence le pouvoir remarquable du sulfate de cuivre en solution pour combattre la carie du blé. Alors que le chaulage des semences ou leur trempage dans des solutions de sels d'arsenic,

¹ Le « mal des ardents » ou « feu de Saint Antoine » est encore appelé ergotisme. Cette maladie spectaculaire, longtemps mystérieuse, est consécutive à la consommation de farines de seigle, plus rarement de blé, contaminées par le champignon de l'ergot (*Claviceps purpurea*).



Pietro Crescenzi, Calendrier extrait du Rusticain (vers 1306)

de cobalt ou de cuivre se développent dans les campagnes européennes, les horticulteurs de Grande-Bretagne, d'Irlande ou des États-Unis utilisent de plus en plus des préparations associant le soufre et la chaux (*lime-sulphur*) en raison de leur efficacité vérifiée sur différentes maladies des arbres fruitiers.

Tout se précipite aux alentours de 1820 avec la rapidité accrue des transports

qui bénéficient des machines à vapeur. La diversité et le volume des échanges de biens (végétaux vivants et denrées végétales compris) entre des zones géographiquement éloignées se trouvent dynamisés dans d'immenses proportions, de même que la circulation d'organismes vivants potentiellement dommageables pour l'agriculture.

Famines et émigration suite à la perte de récoltes

En 1845, le mildiou de la pomme de terre se développe de manière foudroyante en Europe. Les dommages sont considérables. L'effondrement de la récolte des tubercules entraîne des pénuries alimentaires, d'autant plus sévères dans les régions où cette culture avait pris une place importante dans l'approvisionnement. C'est en particulier le cas de l'Irlande [2] : près d'un million de personnes succombent à la famine et aux épidémies qui l'accompagnent et plus de deux millions d'habitants émigrent vers les États-Unis. En 1847, l'oïdium de la vigne introduit d'Amérique du Nord se répand en peu d'années sur l'ensemble des vignes de l'Ancien Monde. Le soufre en poudre sera le premier remède. Avec lui se développe une industrie nouvelle et des dizaines d'usines de raffinage s'installent à proximité des vignobles. On a cru pouvoir remédier à cette maladie en allant chercher en Amérique du nord des vignes naturellement résistantes. Les savants en trouveront effectivement, mais, introduites en Europe, elles amèneront en même temps le mildiou (1878), puis le black-rot et surtout le phylloxéra de la vigne (1873). Contre le mildiou, la bouillie bordelaise à base de sulfate de cuivre sera reconnue après 1885 comme un remède de valeur. Mais le phylloxéra s'étend irrémédiablement, détruisant toutes les vignes européennes, poursuivant une progression vers l'est qui n'est pas encore achevée à ce jour. En l'absence d'autres solutions de défense vraiment satisfaisantes, c'est ici le greffage des vignes européennes sur des porte-greffes américains qui s'est imposé.

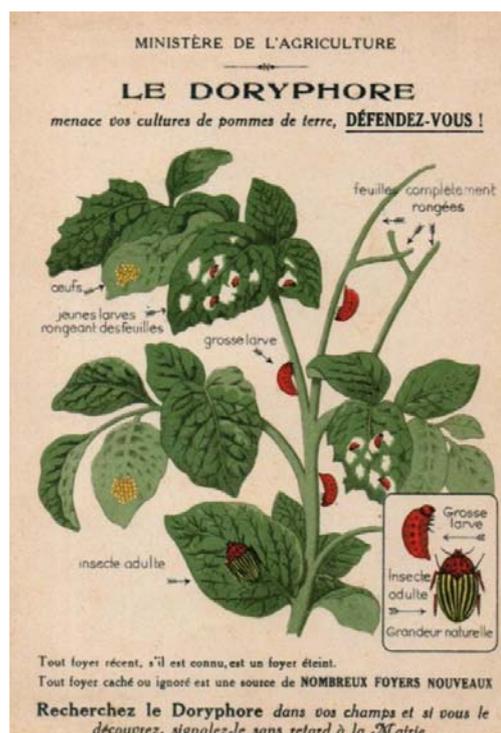
À la même époque, des insecticides à base de pyrèthre et de nicotine sont mis à la disposition de l'agriculture. Leurs propriétés discutées ainsi que

l'absence de matériel de pulvérisation dans les exploitations de grande culture vont les cantonner pour longtemps au domaine de l'horticulture et du jardinage. À partir de 1870, d'autres changements voient le jour aux États-Unis, eux aussi confrontés à des nuisibles nouveaux provenant d'Europe (carpocapse, pyrale du maïs...), d'Asie (pou de San José...) ou du continent américain (doryphore...). Les nouveaux nuisibles sont pour l'essentiel des insectes ravageurs, ce qui a conduit à mettre au point des moyens de lutte variés : substances chimiques (acide cyanhydrique, huiles de pétrole, composés arsenicaux divers...) mais aussi des moyens biologiques comme l'acclimatation d'auxiliaires pour combattre les cochenilles. Les échanges devenus réguliers entre savants et administrations de l'Europe et des États-Unis conduisirent à une mise en pratique rapide des connaissances acquises de part et d'autre de l'Atlantique.

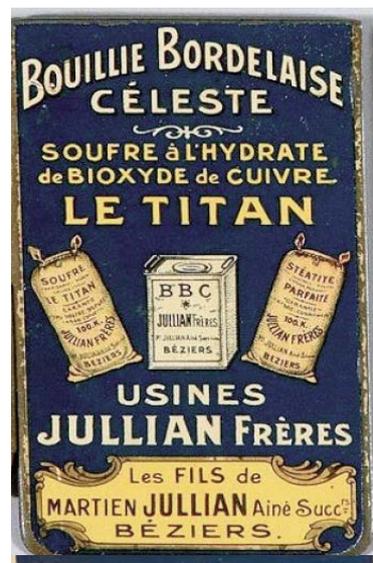
Autre contrainte pour les agriculteurs européens après 1880 : la nécessité de redresser leur productivité (déjà !) pour se maintenir face à des importations de céréales très bon marché du Canada et des États-Unis. L'une des principales pistes de progrès sera la mise au point du désherbage sélectif en 1895 par le traitement des champs de céréales envahis de mauvaises herbes (sanves, chardons...) avec des solutions agressives pour les adventices mais respectueuses des céréales [3]. Mise au point avec du sulfate de cuivre à forte dose, cette méthode sera bientôt complétée par le sulfate de fer et différents composés caustiques dont l'acide sulfurique. Ce dernier va devenir un herbicide utilisé par dizaines de milliers de tonnes par les agriculteurs européens entre les deux guerres.

Un nouveau tournant pour l'agriculture

La période 1920-1940 voit s'amorcer un nouveau tournant pour la protection des cultures. Tout d'abord, les introductions calamiteuses d'ennemis des cultures se poursuivent. Pour les Européens, la plus célèbre est certainement celle du doryphore de la pomme de terre (1919). Son arrivée amène l'adoption très large des insecticides arsenicaux qui sont adaptés à la défense des arbres fruitiers, de la vigne, de la betterave... contre leurs ravageurs spécifiques. Ensuite, la connaissance scientifique s'amplifie dans le domaine de la physiologie végétale, en particulier celle des mécanismes de régulation de la croissance. Les travaux de Went [4], de Koogle et Haagen-Smit conduisent à préciser le mode d'action et la structure des auxines, ces hormones végétales dont la plus connue est l'acide-3-indole-acétique ou AIA. On leur recherchera très vite des



applications pour faciliter la croissance des plantes cultivées et elles donneront naissance aux phytohormones, une catégorie d'herbicides de synthèse qui supplantera, après 1945, toutes les solutions antérieures. Autres observations novatrices : celles des propriétés antiparasitaires de certains colorants utilisés dans l'industrie. En revanche, les essais conduits sur les divers micro-organismes pathogènes de ravageurs connus depuis plus de vingt ans (la bactérie *Bacillus thuringiensis*, le champignon *Beauveria sp.*) ne débouchent sur aucune mise en pratique durable en raison de l'irrégularité de leur action.



On oublie bien souvent que cette période de l'entre-deux-guerres est aussi celle où de très grandes quantités de produits chimiques ont été employées pour garantir les productions agricoles contre l'assaut de leurs ennemis naturels. Certaines années, l'agriculture française consommait allègrement 350 000 tonnes de substances actives, soit plus de cinq fois les quantités utilisées de nos jours. À l'heure du plan Écophyto 2, qui s'en souvient encore ? Dans ce tonnage, intervenaient pour plus de 95 % des composés d'origine minérale dont les principaux figurent selon leurs usages dans l'encadré (page suivante).

Avec la procédure d'homologation des substances antiparasitaires mise en œuvre depuis 1943, une large part de cette pharmacopée minérale sera balayée avant 1960², alors que de nombreux composés organiques de synthèse arrivaient sur le marché. Mais cela relève d'une autre histoire... ■

Références

- [1] Löhr Vom Wachenforff F., *L'homme et les fléaux*, Éditions de la Table Ronde (1954), p. 95 et suivantes.
- [2] Gray P., *L'Irlande au temps de la Grande Famine*, Découverte Gallimard Histoire n° 265 (1995).
- [3] Bernard J.-L., « L'Académie d'Agriculture de France et la découverte du désherbage sélectif des céréales 1890-1902 ». CR AAF, vol. 97, n° 4, (2011), pp 53-61.
- [4] Went F.W., *Wuchsstoff und Wachstum*. Thèse de doctorat (1928).

² Les raisons sont multiples : impuretés accompagnant le principe actif, toxicité jugée inacceptable, efficacité insuffisante, risques avérés, formulation inadéquate, persistance dans les aliments...

Les produits utilisés pour la défense des cultures dans les années 1930-1939

Insecticides

- *Les principaux* : sels arsenicaux (de chaux, de plomb, de sodium...), pétrole et ses émulsions, huiles de pétrole, huiles de houille (anthracène) et leurs associations, le benzène, les huiles végétales, les huiles de poisson ou de baleine les savons noir ou blanc, ce dernier étant souvent associé à la nicotine (recommandation ordinaire pour les pulvérisations contre les pucerons) ou le pyrèthre (décoctions ou extraits de qualité variable souvent utilisés contre les chenilles).
- *Autres insecticides* :
 - Pour pulvérisation ou en arrosage* : lysols (goudron + huile de lin, de navette...), roténone, décoction de *quassia amara*, résine, chaux, extrait d'hellébore, fluosilicate de baryum, cryolithe, chlorure de baryum, quinoléine, sulfure de carbone, cyanure de calcium, soude caustique, crud ammoniac, décoction de feuilles de noyer ou de sureau, eau chaude...
 - Répulsifs insectes* : naphthaline, créosote, naphthol, paradichlorobenzène, gypse, soufre, alun, goudron de houille.
 - En appâts* : borax, bichlorure de mercure, fluosilicate de sodium, phosphore de zinc, sels d'arsenic.
 - En fumigation dans des lieux clos* : acide cyanhydrique, chloropicrine, bromure de méthyle, sulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, oxyde d'éthylène...



Fongicides

- *Les principaux* : soufre et polysulfures, sels de cuivre, chaux.
- *Autres fongicides* : formol, sulfate d'oxyquinoléine, permanganate de potassium, sulfate de fer...

Herbicides :

- *Le principal* : acide sulfurique (le plus employé en Europe pour le désherbage des céréales).
- *Autres herbicides* : sulfate de fer, sulfate de cuivre, chlorate de soude, crud ammoniac, sylvinite, phénols, etc.

Rodenticides (contre les rongeurs) : appâts empoisonnés avec de l'acide arsénieux ou des sels d'arsenic, chloropicrine, scille, fluosilicate de baryum, phosphore, strychnine (noix vomique), virus Danysz...

Molluscicides (limaces, escargots, etc.) : appâts avec métaldéhyde ou sels d'arsenic. Épandage massif de chaux, emploi de trioxyméthylène...

Traitement des semences : sels de cuivre principalement, mais aussi chaux, goudron, formol, sulfate d'oxyquinoléine, sels de mercure, acide phénique, eau chaude...

Source : *Guide Pratique pour la Défense sanitaire des végétaux* et revues de vulgarisation diverses.

Comment les téléspectateurs ont été abusés par *Cash Investigation*

AFIS



Le sujet de l'émission *Cash Investigation* diffusée sur la chaîne publique *France2* le 2 février 2016 portait sur l'épineuse question des pesticides, avec un reportage dénonçant les risques encourus, notamment pour la santé des enfants comme en atteste l'affirmation contenue dans son titre choc « Produits chimiques : nos enfants en danger ».

L'AFIS a produit une longue analyse du documentaire que l'on peut retrouver sur notre site Internet (www.pseudo-sciences.org). Nous en publions ici quelques extraits.

Tout le monde est concerné par ce sujet, qu'il s'agisse des agriculteurs exposés professionnellement, des riverains de champs cultivés, des consommateurs... [...]. Les produits phytosanitaires ou « pesticides », qu'ils soient employés pour l'agriculture, dans les jardins potagers et d'ornement ou pour l'entretien des villes et des voiries, visent à protéger les plantes contre les maladies et les insectes ravageurs et à éliminer les mauvaises herbes. Ce sont donc, par nature, des produits actifs, toxiques pour les organismes qu'ils ciblent et donc potentiellement toxiques pour d'autres organismes, dont l'homme [...].

L'Association Française pour l'Information Scientifique (AFIS) n'est ni pro ni anti-pesticides, ni pro ni anti-« bio ». Elle œuvre à la promotion de la méthode scientifique et refuse l'instrumentalisation de la science et la déformation des données scientifiques, quelle que soit la cause que l'on souhaite faire avancer ou le commerce que l'on souhaite promouvoir¹ [...]. Le journalisme d'investigation peut apporter un éclairage utile permettant à chacun de se forger une opinion. Mais, dans le cas présent, *Cash Investigation* instrumentalise la science, les parents et les enfants qui, pour certains, souffrent de maladies graves, au profit d'une thèse anxio-gène et mal étayée [...].

Une citation tronquée qui aboutit à un contresens

« 97 % des denrées alimentaires contiennent des résidus de pesticides » : c'est l'affirmation-choc du reportage (8min). « Impossible d'y échapper » précise le commentaire. À l'appui du propos, une étude de l'Autorité Européenne de

¹ www.pseudo-sciences.org/spip.php?article65

Sécurité Alimentaire (EFSA). Les 3 % restants ? Interrogé par un internaute dans un chat organisé par *Francetv info*², Martin Boudot, le journaliste qui a réalisé l'enquête, répond : « *les 3 % restants correspondent au bio ou aux aliments à très faible teneur en pesticides* » (échange enlevé du site depuis, mais reproduit dans la presse³). La réalité est presque à l'opposé. Le titre complet du rapport de l'EFSA indique que les 97 % en question sont « *dans les limites légales* », c'est-à-dire que l'on ne détecte aucun résidu ou des résidus à un taux inférieur aux normes. Si on lit les phrases suivantes, on voit même qu'aucun résidu n'a pu être quantifié pour 55 % des échantillons. Et les 3 % restants, à l'opposé des propos de Martin Boudot, sont ceux, justement, qui dépassent les seuils réglementaires [...].

Une analyse de cheveux... sans signification

Vingt enfants de quatre écoles primaires de la Gironde proches de vignobles ont fait l'objet d'une analyse de cheveux dont les résultats ont « *stupéfié* » le commentateur (4 min 20) en révélant la présence de pesticides, pour certains, interdits aujourd'hui. Élise Lucet présente aux parents, légitime-

L'ignorance des bases de la toxicologie

Pendant les 2h15 d'émission, jamais les journalistes n'expliqueront les principes de base de toute approche toxicologique, en particulier la distinction entre un danger et un risque. Le danger, c'est le potentiel d'un agent chimique, physique ou biologique à provoquer un effet néfaste sur la santé. Le risque, c'est la probabilité que cet effet néfaste se produise en raison de l'exposition des personnes au danger. L'important en santé publique, c'est de qualifier et quantifier cette exposition afin de déterminer les mesures à prendre en termes de prévention et de protection. Toute substance peut devenir toxique à partir d'une certaine dose. En n'évoquant que le danger potentiel des substances et jamais le risque encouru, *Cash Investigation* laisse entendre que tout produit pose un problème dès la première molécule rencontrée. La voix-off affirme ainsi que « *ces molécules cachées* » (les pesticides) dans notre alimentation sont « *dangereuses* » sans autre précision. Elle poursuit (2 min 45) : « *chaque jour, les enfants peuvent être exposés à plus de cent trente polluants chimiques* » [...].

En réalité, les enfants, et pas seulement eux, sont exposés à bien plus de composés si on considère tous ceux présents dans notre environnement, dont certains « naturels » qui sont également potentiellement dangereux. L'excès de sel est, selon l'ANSES, un des facteurs de risque d'hypertension artérielle et de maladies cardio-vasculaires, ainsi que d'autres maladies, dont le cancer de l'estomac. Le sucre peut favoriser l'obésité, le café est « peut-être cancérigène pour l'homme » (classification dans le groupe 2B du Centre international de recherche sur le cancer – CIRC – dépendant de l'OMS), la viande rouge l'est « probablement » (groupe 2A) et les produits carnés transformés le sont (groupe 1). Dans un autre ordre d'idée, il n'existe aucun élément, aliment, animal, végétal ou minéral qui ne soit pas radioactif. Autant de dangers potentiels ne devenant des risques à considérer qu'en fonction d'une exposition, d'une dose, d'une vulnérabilité, etc. Passer de la caractérisation toxicologique d'une substance à l'évaluation d'un risque environnemental n'est pas chose aisée [...].

¹ www.pseudo-sciences.org/spip.php?article65

² www.francetvinfo.fr

³ Voir par exemple : <http://tvmag.lefigaro.fr>

ment inquiets, un tableau montrant le nombre de pesticides différents (interdits ou autorisés) retrouvés dans les cheveux de leurs enfants : de « dix-neuf pour Alexandre » à « trente-cinq pour Clara » (22 min 05). À aucun moment *Cash Investigation* n'évoque une quantification, qui seule pourrait montrer l'existence d'un risque. De nos jours, avec les moyens dont disposent les laboratoires, on peut facilement mettre en évidence de très nombreuses substances à l'état de traces infinitésimales dans un échantillon analysé dans les cheveux, dans l'air ou dans l'eau, y compris des substances interdites depuis longtemps, mais également des substances naturelles et potentiellement dangereuses. Ainsi, par exemple, il a été mis en évidence des traces de quelques dizaines ou centaines de picogrammes de cocaïne, de cannabinoïde et d'héroïne dans l'air de plusieurs agglomérations en Europe^{4,5}.

Que signifient quelques picogrammes (un picogramme = 0,000 000 000 001 gramme) de substances dans une analyse de cheveux ? [...]. Jean-François Narbonne, toxicologue et expert pour l'ANSES (l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) précise à propos de ce type d'analyse⁶ qu'« on ne peut pas en tirer de conséquences ». Évoquant une étude similaire menée par l'association Générations Futures, le toxicologue précise que « les vraies études sont celles menées par les agences sanitaires sur 3 000 personnes et non celle-ci sur 28 échantillons », ajoutant qu'on ne dispose d'« aucun repère sanitaire » et qu'il est impossible de faire la moindre comparaison [...].

Les cancers des enfants : ce que disent les chiffres

C'est l'un des passages-clé du reportage (23 min 30) : « En France, depuis 1980, les cancers infantiles augmentent chaque année de 1 %, 2 500 nouveaux cas par an, c'est la deuxième cause de mortalité chez l'enfant ».

Trois affirmations sont juxtaposées. Chacune est exacte, mais l'enchaînement réalisé par *Cash Investigation* peut conduire à une interprétation erronée. Les 2 500 cas mentionnés correspondent au nombre *total* de nouveaux cas de cancers diagnostiqués par an chez les enfants de 0 à 18 ans (tous cancers confondus)⁷ et non pas à l'augmentation de 1 %. L'augmentation de 1 % d'une année sur l'autre porte sur ces 2 500, soit environ 25 cas en plus d'une année comparée à la précédente en France). Enfin, si les cancers sont bien la seconde cause de mortalité pour les enfants (derrière les accidents), il importe de bien distinguer l'*incidence* (les 2 500 cas diagnostiqués chaque année) de la *mortalité* (20 % des cas à 5 ans selon l'INCa⁸ – l'Institut national du cancer – pour les 0-15 ans).

⁴ Voir par exemple : *Toxique ? Santé et environnement : de l'alerte à la décision*, F. Marano, R. Barouki et D. Zmirou ; Buchet-Chastel 2015, page 63.

⁵ www.anses.fr/fr/content/le-sel

⁶ www.laradioactivite.com/site/pages/Alimentation.htm

⁷ www.pseudo-sciences.org/spip.php?article1210

⁸ "Illicit psychotropic substances in the air : The state-of-art", Angelo Cecinato et al. *Science of The Total Environment*, Volume 539, 1 January 2016 ; <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.051>

Quelle est la responsabilité des pesticides dans cette augmentation ? Pour l'Institut de veille sanitaire (InVS) : « *Bien qu'on ne puisse pas éliminer formellement une réelle augmentation de l'incidence de certains types de cancers, l'explication la plus probable est une amélioration de la méthodologie d'enregistrement, voire une amélioration des techniques diagnostiques pour les tumeurs cérébrales notamment* »⁹.

Le reportage se poursuit : « *En Gironde, d'après le registre national des leucémies infantiles, le risque pour un enfant de développer une leucémie*

est 20 % supérieur à la moyenne nationale ». Que représente cette variation et est-elle statistiquement significative ? Le nombre annuel de leucémies est estimé par l'Institut national du cancer (INCa) à 497 pour les 0-15 ans¹⁰. Soit une moyenne de cinq cas par département. 20 % représente donc environ un cas supplémentaire. Il est statistiquement difficile de tirer une conclusion à partir de si peu de cas, et encore plus de leur attribuer une cause. L'INCa analysait pour sa part, en 2007, pour tous les cancers des enfants confondus, qu'« *aucune hétérogénéité spatiale n'a été observée* » et que les différences observées entre les départements sont statistiquement non significatives¹¹ [...].

Les agences sanitaires

Les grandes absentes de l'émission, ce sont les agences sanitaires. Celles qui définissent les normes, qui homologuent les produits, qui évaluent et réévaluent les conditions d'autorisation et définissent les modalités d'usage des pesticides. Il semblerait donc logique de se tourner vers les autorités sanitaires afin de recueillir leur avis scientifique, et aussi expliquer comment fonctionne le système d'évaluation et de mise sur le marché des pesticides. Et éventuellement, dans un second temps, dénoncer l'inaction ou les failles dans les expertises. *Cash Investigation* ne l'a pas fait.

Co-réalisation avec Générations Futures

Prompt à évoquer le secret et l'opacité de ses cibles, *Cash Investigation* est lui-même très discret sur la réalisation de son émission, et en particulier sur les liens avec l'association Générations Futures qui milite pour l'agriculture biologique¹². Pourtant, celle-ci, comme elle le revendique sur son site Internet, a « *grandement travaillé [au documentaire] en relation étroite avec le journaliste Martin Boudot pendant près d'un an* » et conclut que « *le résultat en valait vraiment la peine* »¹³. L'association se targue du fait que ce documentaire a été « *réalisé, grâce en partie à nos informations, notre expertise et sur la base de certaines de nos actions (vous y verrez un clin d'œil à l'une de nos enquêtes "cheveux")* » et ajoute qu'il « *nous sera très utile pour faire avancer nos dossiers* ».

⁹ « Cocaine and other illicit drugs in airborne particulates in urban environments : A reflection of social conduct and population size », M. Viana et al., Volume 159, Issue 5, May 2011. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749111000546

¹⁰ « Des pesticides dans les cheveux : l'étude qui fait peur sans raison scientifique valable », entretien avec Jean-François Narbonne, 13 mars 2015. www.atlantico.fr

¹¹ www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/L-organisation-de-l-offre-de-soins/Cancerologie-pediatrique

¹² <http://lesdonnees.e-cancer.fr/les-fiches-de-synthese/21-epidemiologie/32-disparites-classe-dage/61-epidemiologie-cancers-enfants-moins-15-ans.html#ind4>

¹³ www.invs.sante.fr/beh/2010/49_50/BEH_49-50.pdf

Dans son rapport d'activité de 2014, Générations Futures¹⁴ expliquait déjà comment le documentaire, alors en préparation, était co-réalisé avec l'association et quels étaient les bénéficiaires militants à en attendre (p. 30) : « Nous allons bénéficier cette année d'une très grande aide. En effet, un documentaire sur les perturbateurs endocriniens¹⁵ est en cours. Il sera diffusé sur France 2 (Cash Investigation). Nous travaillons très étroitement avec le journaliste responsable de ce documentaire. Et si tout va bien nous parviendrons à analyser les cheveux de la journaliste Élise Lucet, de personnes du monde du spectacle et de la politique etc. Pour information, nous avons déjà récupéré les cheveux d'Isabelle Autissier, qui est également présidente du WWF France, de l'humoriste Christophe Alévêque, de l'eurodéputée Karima Delli... ».

Cette connivence avec l'association de François Veillerette, le téléspectateur n'en sera jamais informé, y compris dans le générique à la fin du reportage. Le même François Veillerette sera invité en tant qu'« expert » au cours de l'émission, sans que soit précisé à quel titre il est expert ou auprès de qui il l'est, ni que soit mentionné son statut d'élu Europe-Écologie-Les Verts (EELV) jusqu'en 2015, alors que *Cash Investigation* soulignera l'appartenance politique des élus participant à un dîner avec le PDG de Syngenta France (56 min 40).

Bien sûr, *Cash Investigation* peut s'entourer de qui elle souhaite pour réaliser son émission, mais pourquoi cacher cette collaboration particulière aux téléspectateurs ? [... Lire l'analyse complète sur notre site Internet]. ■

¹⁴ www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Les-cancers-en-France-en-2015-L-essentiel-des-faits-et-chiffres

¹⁵ <http://lesdonnees.e-cancer.fr/les-fiches-de-synthese/21-epidemiologie/32-disparites-classe-dage/61-epidemiologie-cancers-enfants-moins-15-ans.html#ind5>

¹⁶ www.ecolopedia.fr/?p=798

¹⁷ www.generations-futures.fr/chimique/cash-investigation-et-france-info/

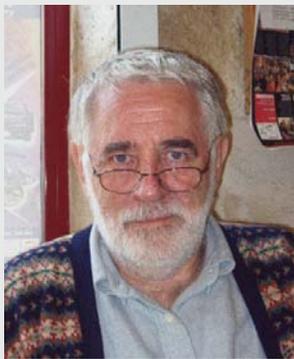
¹⁸ www.generations-futures.fr/2011generations/wp-content/uploads/2011/09/rapport_activites_2014.pdf

¹⁹ Finalement, le documentaire se focalisera sur les pesticides et les enfants.



La loi biodiversité : la science instrumentalisée

Christian Lévêque



Christian Lévêque est Directeur de recherches émérite de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et Président honoraire de l'Académie d'Agriculture.

Tout le monde s'accorde à dire qu'il faut protéger notre environnement et que la biodiversité est un élément important de notre bien-être... Mais au-delà d'un apparent consensus, il existe un réel clivage dans la société autour de visions bien différentes de la nature. Si cette dernière fait débat, c'est que

des discours militants ou politiques affirment vouloir protéger la nature, mais en réalité cherchent à imposer leur propre vision de la nature et, au-delà, un ordre social qu'ils souhaitent instaurer.

Un projet de loi¹ « pour la reconquête de la biodiversité » est en cours de discussion au parlement. Ce projet et les discussions auxquelles il donne lieu reflètent bien les fractures sociales sur la manière de se représenter la nature et d'envisager son avenir dans un monde dynamique.

Pour faire bref, dans le monde occidental, les rapports de l'homme à la nature se situent entre deux paradigmes extrêmes. L'un, dit anthropocentrique, considère que la nature est avant tout un réservoir de biens et de services que l'homme exploite à son profit. On le caricature souvent par la citation biblique : « *Soyez féconds et multipliez-vous, remplissez la terre et soumettez-la* ».

Pour l'autre, dit écocentrique, la nature sauvage symbolise le beau, le sain, et possède une valeur intrinsèque. Elle est en équilibre dès lors que l'homme ne la perturbe pas, et toutes les espèces sont ainsi nécessaires au bon fonctionnement des systèmes écologiques. Sa protection passe par l'exclusion de l'homme de la nature... C'est plus ou moins le discours tenu par plusieurs ONG internationales de conservation de la nature et certains mouvements militants.

De manière plus équilibrée, le paradigme multicentrique de la nature [1] considère qu'il y a eu coévolution de l'homme et de la nature, ce qui est particulièrement vrai en France [2]. Il accorde une place non seulement à la connaissance de la nature et à sa protection mais aussi aux relations économiques, affectives et émotionnelles, voire conflictuelles, qui se sont établies entre les hommes et « leur » nature parfois considérée comme un patrimoine.

¹ Au moment où ce texte est écrit (février 2015), il ne s'agit encore que d'un projet de loi.

Une vision idyllique de la nature et de la biodiversité

Telle que le Ministère de l'écologie la présente, la loi biodiversité est « *une nouvelle harmonie entre la nature et les humains* » (communiqué du MEDDE du 25/3/2015). De fait, la vision champêtre, onirique de la nature (le mythe du paradis perdu) est omniprésente. Il s'agit essentiellement de protéger la biodiversité contre les exactions des hommes, mais pas les hommes des exactions de la biodiversité ! Ainsi, on évite de parler des nuisances dues à la biodiversité. On retrouve ici l'influence des grandes ONG de conservation de la nature, qui pratiquent, en toute connaissance de cause, l'omerta sur les vecteurs de maladies, les ravageurs de culture, les espèces nuisibles ou dangereuses... Ce déni de réalité s'inscrit dans une vision connotée de la nature que l'on veut « bonne et accueillante », par opposition aux « méfaits des hommes » et à leurs conséquences.

Le terme « nuisible », hérité de l'ancien code rural, est donc banni, car c'est « *une version très anthropocentrée autour de certaines formes de la biodiversité... qui nie la place dans les dynamiques écologiques de toutes les espèces* », peut-on lire dans l'exposé des motifs du projet de loi. On répond ainsi au « *principe général de conservation d'une réelle biodiversité* », dit encore le texte. On touche clairement du doigt la vision fixiste de la biodiversité qui structure le projet de loi, et l'omniprésence du dogme de l'équilibre de la nature. Ceci va à l'encontre des connaissances en écologie scientifique : de multiples exemples montrent en effet que la disparition (ou l'addition) d'espèces n'empêche pas un système écologique (écosystème ou écomplexe) de fonctionner, même s'il fonctionne un peu différemment. Les systèmes écologiques européens ne sont pas issus de la génération spontanée mais se sont progressivement enrichis en espèces lorsque le climat s'est réchauffé après



Le jardin d'Eden et la chute de l'homme, Jan Brueghel l'Ancien et Pierre Paul Rubens, vers 1615.

la dernière glaciation. Quant au loup, il est naturellement absent en Grande-Bretagne, où les systèmes écologiques terrestres fonctionnent bien malgré tout... En outre, il n'est pas certain que les citoyens exposés aux moustiques et les agriculteurs qui doivent faire face aux ravageurs des cultures, apprécient de telles positions, alors qu'en même temps on prône la suppression des insecticides ! Pour l'instant, en application du code de l'environnement, les espèces indésirables pourront continuer à être détruites en tant que « déprédatrices » (vive la sémantique...), mais jusqu'à quand ?

Toujours selon la logique de la Mère Nature, les services écosystémiques, ne peuvent être que positifs... De fait, on ne parle jamais, ou si peu, des « disservices », c'est-à-dire du coût des dommages que cause la biodiversité aux humains, ou aux autres espèces [3]. Ceci représente un autre défi au bon sens qui ne semble pas gêner les économistes de l'environnement instrumentalisés par les ONG environnementales, alors qu'une démarche coûts/avantages serait probablement plus objective et moins idéologique. Lueur d'espoir, quelques travaux, pour la plupart étrangers, commencent à aborder la question des disservices [4,5].

Cette approche orientée illustre bien la méthode du « tri sélectif » de la connaissance qui consiste à ne retenir que les informations jugées utiles aux objectifs poursuivis, en occultant celles qui pourraient aller à l'encontre.

L'exclusion de l'homme

Un examen de la loi fait apparaître une autre contre-évidence : le refus de reconnaître que la biodiversité métropolitaine est une co-production entre processus spontanés et activités humaines. Nos systèmes écologiques, en Europe, sont le produit d'interactions sociétés/environnement. Notre diversité biologique est une biodiversité « hybride » résultant des activités agricoles qui ont créé une diversité de paysages au travers des usages notamment agricoles (bocages, prairies, zones humides, forêts, etc.) et de l'aménagement des systèmes écologiques pour le stockage de l'eau, la production d'énergie, la protection contre les crues, l'assainissement, etc. Elle est composée d'espèces qui ont naturellement (et parfois péniblement) recolonisé les territoires libérés par les glaces lors du réchauffement climatique qui a suivi le dernier maximum glaciaire, d'espèces importées pour l'économie et les loisirs par les voyageurs venant d'Asie, du Moyen-Orient, du Nouveau Monde, etc. ; d'espèces introduites volontairement ou accidentellement avec les échanges commerciaux. En d'autres termes, notre biodiversité est un melting-pot d'espèces d'origines variées et le produit d'usages des systèmes écologiques, dont on sait qu'ils ont évolué au cours du temps [2,6]. Elle n'a rien de « vierge » et constitue plutôt un patrimoine écologique (au sens d'aménagé par l'homme). Ce qui pose la question de son devenir quand les usages disparaissent...

Il est intéressant de voir à ce propos les amendements que les parlementaires ont rejetés. Ainsi l'amendement 342 stipulait « *les activités humaines et les écosystèmes sont interdépendants : la biodiversité délivre des services à l'homme, et inversement, les activités humaines peuvent rendre des ser-*

vices aux écosystèmes. ». Ce rejet confirme que les porteurs de la proposition de loi nient le fait qu'il existe des liens positifs entre la biodiversité et les activités humaines. Pourtant, nos bocages, la Camargue, le lac du Der en Champagne, les Dombes et la Sologne, ainsi que la forêt des Landes, milieux artificiels par excellence, sont aussi des hauts lieux de naturalité ! Nos systèmes écologiques métropolitains ne sont pas des écosystèmes au sens écologique du terme mais des anthroposystèmes dans lesquels processus naturels et activités humaines interfèrent en permanence [7,8].

Une vision fixiste, un manque d'anticipation

L'idée selon laquelle les systèmes écologiques tendent à se perpétuer identiques à eux-mêmes a été l'un des principes fondateurs de l'écologie scientifique, avec comme corollaire le fait que les écosystèmes ne sont pas constitués au hasard, mais qu'il existe une organisation qui maintient leur cohésion. Depuis, on a remis en cause ce paradigme car on a montré que les systèmes écologiques sont dynamiques dans le temps et dans l'espace [9].

Si le projet de loi reconnaît cette dynamique, la rédaction reste fortement imprégnée de fixisme et s'inscrit donc à contre-courant des concepts de l'écologie scientifique. L'optique générale est de protéger l'existant des activités humaines, sans anticiper les changements à venir [10]. Or, l'une des principales difficultés rencontrées par le droit de l'environnement réside justement dans la prise en compte du changement. Le droit s'appuie sur des normes et ne peut s'appliquer au sens strict qu'à des systèmes en équilibre. En réglementant à propos de la nature, le droit présente inéluctablement une tendance au « fixisme ». La nature se voit ainsi protégée dans son état, mais, dès lors, condamnée à ne pas évoluer. Une loi par nécessité normative risque d'aller à l'encontre d'une gestion adaptative de la biodiversité et de conduire, paradoxalement, à une instabilité juridique chronique, en raison



de la difficulté d'anticiper les dynamiques écologiques. En ajoutant encore de la complexité au mille-feuille juridique déjà existant (et souvent mal appliqué) la loi biodiversité peut aussi conduire à un immobilisme économique, ainsi qu'à une incompréhension des citoyens pour qui la nature deviendrait de plus en plus synonyme d'interdictions et de contraintes.

Une autre difficulté est liée au fait que les scientifiques n'ont, à ce jour, ni les outils ni les connaissances suffisantes pour anticiper l'évolution des anthroposystèmes. Pourtant, avec le changement climatique, nous sommes amenés à nous confronter à des situations évolutives. À des changements, certes,

mais pas nécessairement ou systématiquement à des catastrophes comme on le lit souvent. Et en tout cas, des situations où il faudra considérer les écosystèmes dans leurs dynamiques temporelles.

Une incohérence des objectifs

Le projet de loi entend promouvoir de nouveaux outils pour protéger la biodiversité, dont les « trames bleues et vertes ». L'idée de base est que la continuité écologique favorisera les déplacements d'espèces et donc leur survie. Mais, pour les milieux aquatiques par exemple, on a largement montré que les continuités écologiques, à l'exemple des réseaux de canaux reliant les bassins hydrographiques européens, favorisaient également les invasions biologiques contre lesquelles on veut lutter [11]. Peut-on à la fois favoriser les migrations d'espèces et par ailleurs mettre en place des stratégies de lutte contre certaines espèces qui utiliseront ces réseaux ?

L'usine à gaz des mesures compensatoires

Si l'on peut adhérer sur le plan théorique au principe de la doctrine ERC (éviter-réduire-compenser), le diable réside dans son application, et notamment les mesures de compensation qui touchent au foncier (titre V, chapitre II). En bref, il s'agit de tout mettre en œuvre pour éviter ou réduire au minimum les impacts des projets d'aménagement sur la biodiversité. En tout dernier recours, on impose de « compenser », par une réparation en nature, les impacts négatifs résiduels du projet, lorsque les mesures d'évitement et de réduction ne peuvent plus être mises en œuvre. Les réflexions menées à ce sujet par un groupe d'experts autour de Notre-Dame-des-Landes ont mis en évidence que la finalisation des mesures de compensation soulève de sérieux problèmes concrets tels que la disponibilité et l'usage des terres à proximité de l'aménagement envisagé, le risque d'échec des travaux de génie écologique, la difficulté d'estimer les trajectoires temporelles des systèmes écologiques concernés, etc. [12].

Que peut penser un scientifique du fait que la séquence ERC « *doit viser un objectif d'absence de perte nette, voire tendre vers un gain de biodiversité* ». Ce type de discours incantatoire fait fi des difficultés méthodologiques pour évaluer la biodiversité. De quoi parle-t-on en matière de gains ou de pertes ? Des gènes ou des habitats ? Des crapauds, ou des bactéries ? Ou de l'ensemble ? En réalité, on se focalise sur quelques groupes mais on ne prend pas en compte l'ensemble de la biodiversité et, même dans ces conditions, les difficultés demeurent. En outre, quand on modifie un milieu, on perd et on gagne à la fois en espèces et en habitats, mais tous les groupes ne sont pas concernés au même titre, et en faire le solde relève d'une démarche plus que subjective. Cette rédaction révèle une fois de plus que le dogme de la nature immuable et en équilibre reste bien ancré dans l'esprit des promoteurs de la loi.

Le lobbying mené par la CDC Biodiversité, filiale de la Caisse des dépôts et consignations, introduit la notion de « *réserves d'actifs naturels* » dans le droit français (article 33 C du projet de loi). L'obligation de compensation

pourrait ainsi s'effectuer par l'achat de ces réserves d'actifs naturels auprès d'opérateur agréés par l'État. Cette compensation « par l'offre » à l'exemple des biobanques américaines, laisse entrevoir une dérive vers la gouvernance par le marché, alors que les responsabilités des acteurs et la pérennité des actifs ne sont pas bien définis [13]. On fait fi notamment des nombreuses réserves émises quant à l'atteinte des objectifs de compensation, suite à des retours d'expérience très mitigés : respect du principe d'équivalence entre les pertes et les gains écologiques, absence de maîtrise de la trajectoire des écosystèmes, manque de fiabilité du génie écologique, etc. [12]. En bref, la trajectoire future des sites de restauration reste incertaine, d'autant que l'on a beaucoup de difficultés à anticiper les conséquences du réchauffement climatique. Cette intrusion des marchés financiers dans la protection de la nature est, notons-le, une démarche très anthropocentrique dans une loi à tonalité éco-centrique.

Agence Française pour la biodiversité : une coquille vide ?

Le projet de loi ne manque pas de s'inscrire dans la tradition française de la comitologie et du jacobinisme. Il entend créer le Comité national de la biodiversité (CNB), et l'Agence française de la biodiversité (AFB). On prête apparemment plus d'attention à la structure qu'aux objectifs puisque la loi « renvoie à des décrets le soin de fixer le champ de compétence, la composition et le fonctionnement de ces deux instances »... Mais on s'étonne quand même que des acteurs essentiels en matière de gestion de l'espace naturel (Office national des forêts, Office national de la chasse et de la faune sauvage, mais aussi

L'écologie est-elle encore scientifique ?

Christian Lévêque
Quae éditions (2013)



L'écologie avait une ambition : découvrir des lois universelles expliquant le fonctionnement des écosystèmes. Mais elle n'a pas trouvé la formule magique. Cet ouvrage montre comment la vision déterministe et mécaniste, qui a longtemps prévalu, cède la place au hasard et à la contingence dans la dynamique des systèmes écologiques. Dans un monde qui change en permanence, où l'on reconnaît que la variabilité et l'hétérogénéité sont des facteurs structurants du fonctionnement des systèmes, les concepts « périmés » de stabilité et de résilience sont toujours utilisés de manière implicite. Sans compter que l'écologie emploie de nombreux termes mal définis dont certains relèvent du jugement de valeur plutôt que d'une démarche scientifique. En partie instrumentalisée par les politiques, par les mouvements de conservation de la nature ou par les économistes, l'écologie véhicule de nombreuses idées reçues. Les écologues eux-mêmes perdent de vue que c'est avant tout une science de terrain et d'observation et alimentent le discours dramatisant sur l'avenir de la planète, croyant ainsi donner une légitimité à leur discipline. Dans ce contexte, l'écologie est-elle toujours une science ? Parent pauvre de la recherche en France, l'écologie des écosystèmes est balkanisée, mal organisée, mal équipée, et il n'y a pas de réelle politique scientifique à long terme. Ce constat n'est pas récent, mais la situation ne s'est guère améliorée. L'écologie a-t-elle réellement les capacités à jouer les « conseillers du prince » et à apporter des réponses concrètes aux inquiétudes et aux sollicitations de la société et des gestionnaires ?

Présentation de l'éditeur.

Références

- [1] Huybens N., 2011. *La forêt boréale, l'éco-conseil et la pensée complexe. Comprendre les humains et leurs natures pour agir dans la complexité*, Éditions universitaires européennes.
- [2] Lévêque C., 2014. « La biodiversité en Europe : cherchez le naturel ? » *Paysans et Sociétés*, 345 : 27-36.
- [3] Lyytimäki J., Petersen L.K. Normander B. Bezák P. (2008). « Nature as a nuisance ? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle ». *Environmental Sciences* 5(3) : 161-172.
- [4] Dunn R. R., 2010. « Global Mapping of Ecosystem Disservices : The Unspoken Reality that Nature Sometimes Kills us ». *Biotropica* 42(5) : 555-557.
- [5] Lele S, Springate-Baginskib O., Lakerveldc R., Debd D., & Dashe P., 2013. « Review Ecosystem Services : Origins, Contributions, Pitfalls, and Alternatives ». *Conservation and Society* 11 (4) : 343-358.
- [6] Demesure B. & Musch, 2001. « L'évolution de la forêt française après la dernière glaciation : l'apport de la palynologie, l'archéologie et de la biologie moléculaire ». In *Agriculture et biodiversité des plantes*. Dossiers de l'Environnement de l'INRA n°21, Paris, 170 p.
- [7] Lévêque C. & Van der Leeuw S. (éditeurs scientifiques), 2003. *Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*. Elsevier, Paris.
- [8] Beck C., Luginbühl Y., Muxart T. 2006. *Temps et espaces des crises de l'environnement : Sociétés et ressources*. Éditions QUAE, 410p.
- [9] Blandin P., 2009. *De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité*. Sciences en questions, Éditions QUAE.
- [10] Lévêque C., 2013. *L'écologie est-elle encore scientifique ?* Éditions QUAE.
- [11] Beisel J.N. & Lévêque C., 2009. « Les eaux douces, propices aux invasions ? » Dossier n° 65 *Pour la Science*, « la conquête des espèces ».
- [12] De Billy V. et al., 2015. « Compenser la destruction de zones humides. Retours d'expérience sur les méthodes et réflexions inspirées par le projet d'aéroport de Notre-Dame-des-Landes (France) ». *Natures Sciences Sociétés*, 23 : 27-41.
- [13] Aubertin C., 2015. Loi biodiversité et choix de société. *Nature Sciences Sociétés*, 23 : 215-216.
- [14] Hernandez-Zakine C., 2015. Projet de loi biodiversité : des libertés individuelles devenues collectives, expression d'une mécanique juridique vieille de 40 ans (au moins). www.academie-agriculture.fr/
- [15] Lévêque C., 2015. « La loi est partisane et potentiellement liberticide ». Présentation à l'Académie d'agriculture, séance du 27 05 2015.

agriculteurs, éleveurs, aquaculteurs, pêcheurs...) ne soient pas partie prenante de cette Agence, et une clarification serait nécessaire sur l'articulation indispensable entre ces instances.

On peut également s'interroger sur le fait que ces comités, qui se caractérisent par une forte représentation d'experts institutionnels sans mandat démocratique, imposent leur point de vue par la loi aux citoyens et aux acteurs de terrain. D'une part, le rôle attendu de l'expertise scientifique n'est pas clair, alors que le projet de loi a une forte tonalité idéologique. D'autre part, on ne peut qu'émettre des réserves sur le fait que des personnalités qualifiées et les associations militantes soient considérées comme des représentants de l'opinion publique.

L'idéologie remplace la connaissance scientifique

Il faut laisser aux acteurs sociaux la possibilité d'innover dans la gestion de la biodiversité, avec un encadrement scientifique nécessaire. Or, la loi conduit à instrumentaliser les activités agricoles. Ainsi, certaines pratiques agricoles « favorables à l'espèce » ou à ses habitats seront rendues « obligatoires », si les objectifs de préservation de la biodiversité ne peuvent pas être atteints malgré la mise en place d'outils contractuels. Si la situation l'exige pour la protection d'une espèce, le préfet pourra déclarer la zone comme « zone prioritaire pour la biodiversité », et les agriculteurs seront obligés d'accepter les contrats proposés à cet effet... Dans ce contexte, l'agriculteur perd sa liberté d'entreprendre et doit rendre des comptes auprès d'une autorité sur laquelle on s'interroge quant à sa légitimité scientifique et technique ainsi que sur ses aprioris idéologiques... [14,15] ■

De la « mauvaise science » peut-elle poser de bonnes questions ?

Cette idée surprenante fait son chemin. Elle a fait une irruption remarquée dans le débat public après que la revue *Food and Chemical Toxicology* a décidé de retirer un texte portant sur la santé de rats nourris avec des OGM. Que l'étude ait été jugée non probante, ses résultats déclarés « non concluants » et que la communauté scientifique ait largement invalidé la méthode et les conclusions devient secondaire : le travail aurait eu le mérite de poser de « bonnes questions ». Et peu importe, au passage, que ces « bonnes questions » (ici, la durée de suivi des rats pour évaluer la toxicité de produits) aient déjà largement été traitées par les scientifiques.

Que, pour des raisons partisans, certains essaient de sauver une étude qui conforte leurs thèses, on ne peut que le constater¹. Que, pour des raisons politiques, le gouvernement adopte cette rhétorique de « la mauvaise science² pour de bonnes questions » interroge par contre sur la rationalité de la gestion des risques. Ainsi, le ministre de l'agriculture a-t-il immédiatement déclaré à l'AFP³ vouloir, « *quoi qu'il arrive* », au regard de cette étude, « *poser la question globale des protocoles d'autorisations sur les OGM* ».

Depuis, la recette fait florès. L'association Générations Futures publie régulièrement des enquêtes mettant en avant des traces de produits toxiques retrouvés dans les cheveux ou dans l'air des maisons. Elle reconnaît⁴ que ses études « *n'ont pas la valeur d'une étude scientifique* » du fait du « *nombre d'échantillons [...] faible et [de l'absence] de comparatif avec des zones a priori moins exposées* » mais affirme cependant que « *c'est un moyen de sensibiliser le grand public* ».

Daniel Schneidermann, animateur du site *Arrêt sur Images* qui se propose d'apporter « *un regard critique sur la presse et les médias* », va plus loin. Il s'interroge⁵, à propos de la récente émission *Cash Investigation* consacrée aux pesticides et à ses « *chiffres bidons* » (selon la formule de Libération) : peut-on « *mentir utile* » ? La réponse est pour le moins alambiquée : la vérité est souhaitable, conclut-il, mais pour « *un journalisme idéal* », dans « *un monde idéal* ». Pas dans un monde où le « *combat est inégal* ».

La fin justifierait-elle donc les moyens ? Le « mensonge » ou la « mauvaise science » pourraient-ils se justifier à l'aune de la valeur de la cause défendue ? Au contraire. C'est la reconnaissance de la vérité des faits qui rend crédible un propos ou un combat. Certes, cette vérité est parfois compliquée à établir et elle est rarement binaire, toute blanche ou toute noire. Mais on ne peut faire l'économie de ce travail exigeant si l'on prétend promouvoir une approche raisonnée des questions de notre société.

Science et pseudo-sciences

¹ Jusqu'au journal *Le Monde* qui, sous la plume de Stéphane Foucart (17/10/03) et à propos de l'étude sur les OGM, argumente du fait qu'« *un travail scientifique de piètre qualité peut [...] en lui-même ne pas faire avancer la connaissance, mais créer les conditions d'une augmentation du savoir* » tente de sauver une étude qui n'a rien fait d'autre que de confirmer que des rats développant naturellement un cancer en deux ans développent un cancer en deux ans.

² Mauvaise science : construite sur des failles expérimentales ou des incohérences théoriques.

³ www.lefigaro.fr/flash-actu/2012/10/05/97001-20121005FILWWW00646-ogm-le-foll-attend-l-avis-de-l-anses.php

⁴ Dépêche de l'AFP du 1^{er} mars 2016.

⁵ www.liberation.fr/chroniques/2016/02/21/investigation-mentir-utile_1434903

Sommaires des derniers numéros



311. Médecine alternative contre médecine scientifique : 44 arguments passés au crible - Tabac : le marketing de la mort ; fraude scientifique organisée ; cigarette électronique : chance ou menace ? - Acupuncture : effet placebo... un point c'est tout ?



312. La mémoire manipulée : faux souvenirs d'inceste ; témoignages erronés et faux aveux ; expériences de mort imminente - Ondes : la peur peut rendre malade - Chromothérapie : toutes les couleurs de la fausse science.



313. Hypnose : charlatanisme ou avancée médicale ? - Les frères Bogdanov : science ou fable ? - Bio-électronique : la science noyée dans un verre d'eau - Fausses sciences et radicalité : le danger d'Internet.



314. Idées reçues sur le bio - Procès Outreau : l'expertise biaisée par l'idéologie - Les phobies : d'où viennent-elles, comment les guérir ? - Science et religions : les liaisons dangereuses.



315. Pesticides et santé : ce qu'en dit la science - Science et technologies : faire entendre une voix raisonnée - *Voice of young science*, la voix des jeunes pour la science.



Abonnement et adhésion

Nom : Prénom :
 Adresse complète :

 Mail : Profession :

	<u>France</u>	<u>Étranger</u>
Abonnement normal		
● 5 numéros	<input type="checkbox"/> 25 €	<input type="checkbox"/> 30 €
● 10 numéros	<input type="checkbox"/> 50 €	<input type="checkbox"/> 60 €

Abonnement formule « SPS Diffusion »
 Recevez au total 3 exemplaires de chaque numéro de SPS et faites connaître la revue autour de vous, auprès d'amis, de parents, dans une salle d'attente.

● 5 numéros	<input type="checkbox"/> 45 €	<input type="checkbox"/> 50 €
● 10 numéros	<input type="checkbox"/> 90 €	<input type="checkbox"/> 100 €

Abonner un ami
 Abonnement découverte, 5 numéros à moitié prix.

● 5 numéros	<input type="checkbox"/> 12,5 €	<input type="checkbox"/> 15 €
-------------	---------------------------------	-------------------------------

Nom, prénom et adresse du bénéficiaire.

Adhésion ou réadhésion à l'AFIS.

● Cotisation annuelle	<input type="checkbox"/> 21 €
-----------------------	-------------------------------

Chèque à l'ordre de l'AFIS
 (uniquement en France)
 ou virement IBAN :
 FR 65 2004 100001 2100000P020 50.
 BIC : PSSTFRPPPAR.
 N° de compte : 20041 / 00001 / 2100000P020

**AFIS, 4 rue des Arènes,
 75005 PARIS**

secretariat@pseudo-sciences.org

Abonnement et adhésion en ligne :
www.pseudo-sciences.org/boutique.html

Le renouvellement de votre abonnement prendra tout naturellement la suite de l'actuel et repoussera d'autant la date d'échéance.

Total :€

SCIENCE...

& pseudo-sciences

L'Association Française pour l'Information Scientifique (créée en 1968) se donne pour but de promouvoir la science contre ceux qui nient ses valeurs culturelles, la détournent vers des œuvres maléfiques ou encore usent de son nom pour couvrir des entreprises charlatanesques. La science ne peut résoudre à elle seule les problèmes qui se posent à l'Humanité, mais on ne peut les résoudre sans faire appel à la méthode scientifique. Les citoyens doivent être informés des progrès scientifiques et techniques et des questions qu'ils soulèvent, dans une forme accessible à tous et sans tenir compte de la pression des intérêts privés. Ils doivent être mis en garde contre les fausses sciences et ceux qui dans les médias leur prêtent la main par ignorance ou par intérêt personnel ou mercantile.

Au travers de sa revue, **Science et pseudo-sciences**, elle veut :

- retenir, dans l'actualité scientifique et technique, un certain nombre de faits pour en considérer d'abord la signification humaine ;
- diffuser une information scientifique constituée de nouvelles d'actualité dans toutes les branches de la recherche, dans un langage accessible à tous ;
- dénoncer sans réserve les marchands de fausses ou de pseudo-sciences (astrologie, soucoupes volantes, sectes, « paranormal », médecines fantaisistes) et les charlatans maléfiques pourvoyeurs de l'irrationnel ;
- défendre l'esprit scientifique contre la menace d'un nouvel obscurantisme.

Elle se veut indépendante des groupes de pression afin d'éviter toute concession au sensationnalisme, à la désinformation et à la complaisance pour l'irrationnel.

Les articles signés ne reflètent pas nécessairement le point de vue de la rédaction.

www.pseudo-sciences.org

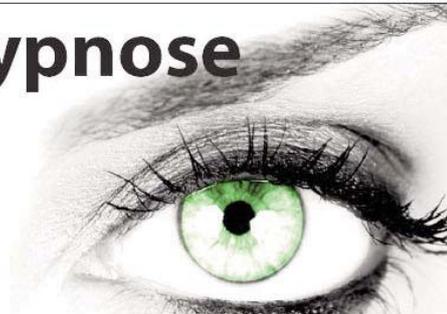
SCIENCE... & pseudo-sciences

N°313 - 5 €
Juillet 2015

**SCIENCE...
& pseudo-sciences**

Revue de l'Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

Hypnose



Charlatanisme ou avancée médicale ?



Les frères Bogdanov : science ou fable ?

Bio-électronique : la science
noyée dans un verre d'eau

Fausse science et radicalité : le danger d'Internet

SCIENCE... & pseudo-sciences

N°314 - 5 €
Octobre 2015

**SCIENCE...
& pseudo-sciences**

Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

Idées reçues sur le bio

Meilleur pour la santé ?
Meilleur au goût ?



Retour sur le procès Outreau L'expertise biaisée par l'idéologie



Les phobies

D'où viennent-elles ?
Comment les guérir ?



Science et religions : les liaisons dangereuses

Sommaire

Hors série : Pesticides

Éditorial – Marchands de doute et marchands de peur	1
Risques, bénéfices et idées reçues (<i>Jean-François Proust</i>)	2
Et les pesticides naturels ! (<i>Hervé This</i>).....	9
Les agriculteurs français sont-ils surconsommateurs de pesticides ? (<i>Philippe Stoop</i>)	12
Témoignage d'un agriculteur. L'attachement à l'usage des produits phytosanitaires (<i>Jean-Jacques Hautefeuille</i>)	16
L'agriculture biologique, son lobby, ses pesticides (<i>Stéphane Adrover</i>)	19
Pesticides et santé des agriculteurs (<i>Philippe Stoop</i>).....	24
Les limites maximales de résidus, un indicateur de sécurité alimentaire (<i>Catherine Regnault-Roger</i>)	28
Les pesticides représentent-ils un risque de santé publique ? (<i>Jean-Paul Krivine et Catherine Regnault-Roger</i>)	36
Les perturbateurs endocriniens, sources de tous les conflits (<i>Gérard Pascal</i>)....	44
Les angles morts des expertises sanitaires (<i>Philippe Stoop</i>).....	54
Sans pesticides ? (<i>Jean de Kervasdoué</i>).....	57
Les pesticides réduisent-ils la biodiversité ? (<i>Philippe Stoop</i>)	59
Le contrôle biologique à la place des pesticides : vraiment sans risque ? (<i>Catherine Regnault-Roger</i>)	64
Insecticides et abeilles : une cohabitation exigeante et nécessaire (<i>André Fougeroux</i>)	68
Les effets de poussières d'enrobage de semences sur les abeilles (<i>Bernard Le Buanec</i>)	78
Plan Écophyto : l'idéologie au pouvoir ? (<i>Philippe Stoop</i>)	79
Plan Écophyto - Pesticides et biodiversité : premiers enseignements (<i>Christian Mougin et Thierry Caquet</i>).....	81
Pesticides : analyser les risques, mais aussi les bénéfices (<i>Philippe Stoop</i>)...86	
Aux origines des produits phytopharmaceutiques (<i>Jean-Louis Bernard</i>)	90
Cash Investigation : comment les téléspectateurs ont été abusés (<i>AFIS</i>)	95
La loi biodiversité : la science instrumentalisée (<i>Christian Lévêque</i>).....	100
De la « mauvaise science » peut-elle poser de bonnes questions ?	107