

# Pesticides

## Le glyphosate et les abeilles, un dossier exemplaire

par **Janine Kievits**

C'est à la fin de cette année 2022 qu'arrive à échéance l'autorisation européenne du glyphosate, substance active, entre autres, du Roundup. Diverses associations montent au créneau pour réclamer son interdiction. Selon un message tombé récemment dans ma boîte mail, le glyphosate est suspecté de tuer les abeilles. Vrai ou faux ? Pour dépasser les lieux communs et les affirmations hasardeuses, rien ne vaut un petit tour dans la littérature scientifique et dans le dossier d'évaluation, qui vient d'être soumis à la consultation publique : un itinéraire riche en découvertes qui, mises ensemble, dressent un panorama remarquable des risques cachés des pesticides, et des limites d'une démarche d'évaluation qui prétendrait les cerner tous.

---

### Le mécanisme d'autorisation des pesticides, bref rappel

Rappelons d'abord qu'un produit phytopharmaceutique comporte une ou plusieurs substances actives, qui sont supposées être celles produisant l'effet recherché, et un ensemble d'autres substances dites de **formulation**, entre autres des charges, émulsifiants ou surfactants, qui rendent la substance active utilisable et forment avec elle le **produit phytosanitaire** (le pesticide).

Les substances actives ne peuvent être mises sur le marché que si elles bénéficient d'une autorisation de niveau européen<sup>1</sup> ; les produits sont autorisés au niveau national. L'autorisation européenne du glyphosate expire le 15 décembre 2022 et la procédure de réautorisation est en cours.

Pour obtenir une autorisation, les demandeurs, c'est-à-dire les compagnies productrices (elles sont 8 pour le glyphosate), doivent présenter un dossier censé permettre à l'EFSA, l'autorité publique de la sécurité alimentaire, de former un avis pertinent sur les risques de son usage pour la santé humaine et animale, et pour l'environnement.

---

1 – Règlement 1107/2009.

Ce dossier est composé pour l'essentiel de tests chimiques et toxicologiques (résidus, tests sur rats et souris, sur diverses espèces sauvages etc.) ; sa composition est fixée par les normes européennes. Il concerne la substance active mais aussi une formulation représentative au moins, car certains tests ne peuvent être faits avec la substance active non formulée. Une première évaluation est réalisée par un **État membre rapporteur**.

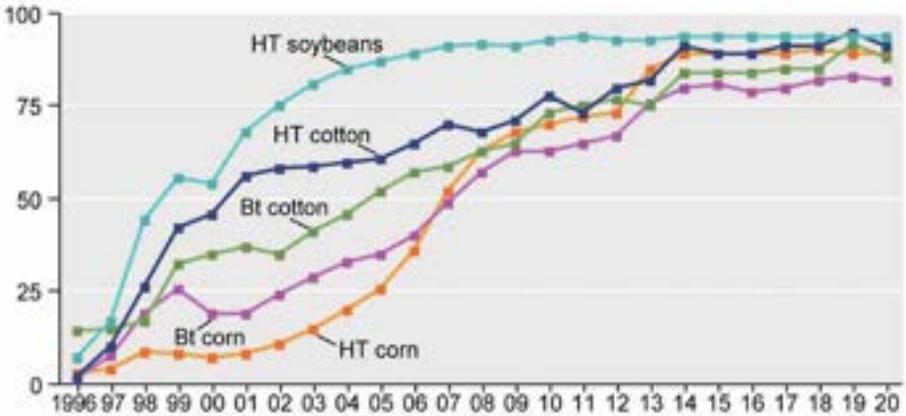
Dans le cas du glyphosate, vu l'ampleur du dossier (11 000 pages), quatre États ont été désignés comme rapporteurs : la France, la Hongrie, les Pays-Bas et la Suède. Le dossier technique assorti des commentaires des rapporteurs a été soumis à une consultation publique qui a pris fin le 22 novembre dernier. Le tout – y compris les commentaires récoltés dans le cadre de la consultation publique – doit maintenant être examiné et commenté par l'EFSA, puis par un comité composé d'experts des États membres (le SCoPAFF). Enfin, il reviendra à la Commission européenne de décider de la (non) réautorisation du glyphosate.

 Le glyphosate est apparu sur le marché pour la première fois en 1974 sous sa formulation la plus connue, le Roundup. Cet herbicide foliaire et systémique est caractérisé par un mode d'action unique (aucun autre herbicide ne le partage), qui vise une voie métabolique propre aux plantes (elle n'existe pas chez l'animal). Le Roundup, c'est donc l'**herbicide idéal**<sup>2</sup>, efficace et sans danger puisque son action ne vise ni l'homme ni l'animal. En conséquence, il a reçu les autorisations les plus larges. Il assure le désherbage en pré-émergence et après la récolte. Il sert à détruire l'herbe des prairies avant retournement. Il est utilisé comme dessiccant, pour défaner les pommes de terre ou pour dessécher sur pied les céréales et les légumineuses, procédé qui permet une récolte plus homogène et donc plus aisée<sup>3</sup>. Enfin comme chacun sait, l'entreprise qui

a placé le Roundup sur le marché, à savoir Monsanto, a mis au point toute une série de cultures génétiquement modifiées pour y résister, ce qui permet d'en user pour désherber les cultures pendant la période de végétation. Soya, maïs, coton, luzerne, betterave et colza existent tous en variétés Roundup Ready<sup>®</sup> ; aux USA, l'écrasante majorité de cultures de soya, coton et maïs sont désormais résistantes au Roundup (voir schéma ci-contre). En conséquence, l'utilisation des herbicides à base de glyphosate a littéralement explosé au cours des deux dernières décennies, pour atteindre en 2020 une quantité estimée à un million de tonnes (Ledoux *et al.* 2020). Le brevet de Monsanto a expiré en 1991 (sauf aux USA) et ce sont aujourd'hui les pays d'Asie, Chine en tête, qui produisent la plus grande partie des herbicides à base de glyphosate, et cela sous les noms

2 – C'est le terme utilisé par exemple par Duke et Powles (2008) dans un article dont le titre qualifie aussi le glyphosate d'**herbicide du siècle** (*Glyphosate: a once-in-a-century herbicide*).

3 – L'usage en dessiccation des grains est interdit en France (Carpentier *et al.* 2020) et en Belgique (Antier *et al.* 2020), mais toujours autorisé dans de nombreux pays d'Europe (*ibid.*).



**Évolution des surfaces plantées en cultures génétiquement modifiées (GM) aux USA** (en ordonnées, en nombre d'acres) entre 1996 et 2020 (en abscisse). Les cultures concernées sont le soya, le coton et le maïs ; **HT** indique les cultures résistantes à divers herbicides, **Bt** les cultures résistantes aux insectes<sup>4</sup>.

Source : site de l'Economic Research Service de l'USDA, <https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption/>

commerciaux les plus divers (Accord, Rodeo, Touchdown)...

### Quand les effets apparaissent

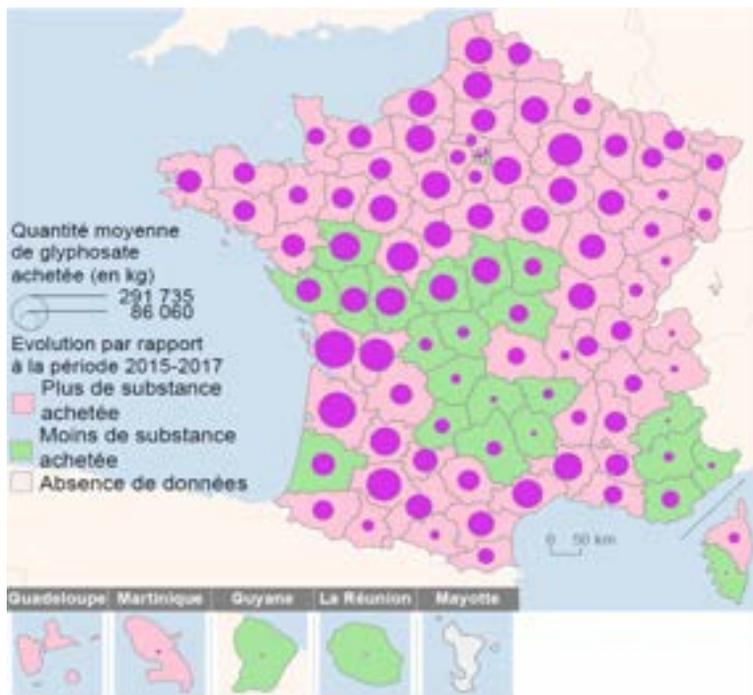
Mais l'importance de l'usage va fatalement de pair avec la contamination de l'environnement. Le glyphosate est stable dans l'eau et peut tarder à se dissiper dans le sol (sa DT90 varie de 15 à 1660 jours<sup>5</sup>). Les résidus du glyphosate sont bien présents dans nos aliments et dans ceux de nos abeilles ; en Belgique par exemple, El Agrebi

et collègues (2019) l'ont quantifié ou détecté dans plus de 90 % des échantillons de pain d'abeilles qu'ils ont analysés<sup>6</sup>, et il est aussi présent dans le miel<sup>12</sup>. Parallèlement, l'intérêt des chercheurs pour la substance et ses formulations s'est accru lui aussi ; le nombre de publications scientifiques les concernant est passé de 152 pour la période 1996-2005 à 875 pour la période 2006-2015<sup>22</sup>, et les études s'accumulent, qui montrent avec un degré plus ou moins grand de certitude divers impacts sur la santé animale et humaine : cytotoxicité, effets

4 – Les cultures dites **Bt** sont modifiées génétiquement pour synthétiser une toxine issue du bacille *Bacillus thuringiensis*, ce qui les rend résistantes à certains insectes parasites.

5 – La DT90 est le temps nécessaire à la dissipation de 90 % de la substance. Les chiffres cités ici sont extraits du dossier d'autorisation.

6 – Concrètement, le glyphosate a été quantifié dans 81,5 %, et détecté dans 9,9 % des échantillons (N=81) prélevés dans des ruchers tant au nord qu'au sud du pays.



**Évolution des achats de glyphosate en France entre deux périodes triennales récentes.** On apprend, de même source\*, qu'alors que les ventes d'herbicides, en moyenne triennale, augmentent de 14% entre 2009-2011 et 2016-2018 (période la plus longue disponible), celles de glyphosate progressent de 25%.

\* Source: site du Rapport sur l'état de l'environnement de la République française.

neurologiques, effets sur le système hormonal et la reproduction (*ibid.*), sans compter la carcinogénicité. Ce dernier point est particulièrement débattu. Il a fait l'objet d'avis divergents entre le Centre international de la recherche sur le cancer (IARC) et les évaluateurs chargés des dossiers d'autorisation, qu'ils soient européens

(l'EFSA) ou américains (l'US-EPA)<sup>7</sup>. La controverse a été copieusement arrosée de révélations et d'accusations croisées de collusions d'intérêts : *Monsanto papers*, mise en cause d'un scientifique conseiller de l'IARC, actions de masse aux USA, et plus près de nous l'affaire Séralini<sup>8</sup> : le dossier du glyphosate est chaud, très chaud, et

7 – En 2015, l'IARC a classé le glyphosate « carcinogène probable », l'EPA l'a classé en 2016 « probablement non cancérigène » et l'EFSA a émis un avis mitigé, écartant le risque, sinon pour toutes les formulations, du moins pour la substance active.

8 – On trouve sur Internet de nombreux articles sur cette affaire, qui concerne une publication relative aux effets du Roundup et d'un maïs Roundup résistant ; la controverse portait tant sur la publication elle-même que sur les conditions de la mise à disposition de la presse.

cela explique sans doute l'importance du dossier de réautorisation et le soin inaccoutumé mis par les évaluateurs à le commenter, du moins dans certaines de ses parties, comme on verra plus loin.

Mais revenons à nos abeilles. Comment le glyphosate pourrait-il impacter leur santé ou la nôtre puisque son mode d'action ne nous concerne tout simplement pas ? Il y a au moins trois réponses à cela, et c'est ici que l'affaire devient intéressante.

### Où l'on reparle du microbiote...

La première a trait, précisément, à ce mode d'action. Le glyphosate bloque une enzyme essentielle au déroulement d'une suite de réactions métaboliques qui permettent aux plantes la synthèse de trois acides aminés : le tryptophane, la phénylalanine et la tyrosine, les deux premiers étant des acides aminés essentiels<sup>9</sup>. Cette voie métabolique, dite la voie du *shikimate*<sup>10</sup>, n'existe pas, on l'a vu, dans le règne animal ; mais elle existe bel et bien chez bon nombre de bactéries, y compris certaines de celles qui composent la flore intestinale des humains et des animaux – des abeilles notamment. Un nombre croissant d'études démontrent, avec un degré de certitude lui aussi croissant, que le glyphosate altère cette flore, y causant un déséquilibre entre espèces microbiennes – ce que l'on appelle une **dysbiose**.

C'est grave docteur ? Oui, c'est grave, ou du moins, cela peut l'être. La flore microbienne est désormais considérée comme un organe à part entière, multifonctionnel et essentiel à la santé de l'individu, qui a reçu un nouveau nom : le **microbiote**. Et ce n'est pas sans raison : les micro-organismes qui le composent synthétisent des vitamines, des acides aminés essentiels, de l'acide folique ; ils dégradent certaines parties des aliments ce qui en permet la digestion ; ils métabolisent des xénobiotiques et contribuent au système immunitaire ; ils produisent des substances qui ont un effet neurologique, notamment la sérotonine et la mélatonine, deux composés qui influent sur l'humeur et sont déterminants pour la qualité du sommeil. On pense aujourd'hui que les dysbioses sont impliquées dans des troubles aussi divers que l'obésité, le diabète, les maladies chroniques inflammatoires (celle de Crohn par exemple), l'autisme, l'anxiété, la dépression.

Chez l'abeille aussi des études récentes démontrent un impact dose-dépendant du glyphosate, formulé ou non, sur les communautés bactériennes de l'intestin<sup>[31][6][17]</sup>, accompagné d'une surmortalité<sup>[18]</sup>. Or le microbiote intestinal joue chez l'abeille un rôle assez semblable à celui qu'il remplit chez l'homme ; il intervient notamment dans l'immunité et la détoxification, la régulation hormonale,

---

9 – On appelle **essentiels** les acides aminés que nous devons nous procurer par l'alimentation car nous ne sommes pas capables de les synthétiser nous-mêmes.

10 – Ce nom a été donné à cette voie parce qu'elle implique une substance, l'acide shikimique (ou ses sels, des shikimates), qui a été découverte pour la première fois dans une fleur, la badiane japonaise ou *shikimi*.

la croissance et le développement<sup>[7]</sup>. Il a été montré que l'exposition au glyphosate au stade larvaire impacte le développement (réduction des glandes hypopharyngiennes, malformation des antennes chez certains individus<sup>[23]</sup>), ce qui pourrait être une conséquence d'un déséquilibre du microbiote<sup>[7]</sup>. Enfin on notera que, chez l'homme comme chez l'abeille, ces effets sont cumulatifs dans le temps, car le microbiote est hérité de congénères plus âgés. Si ceux-ci transmettent une flore déjà altérée aux individus plus jeunes, et que ces derniers se trouvent à leur tour exposés aux substances causant l'altération, on comprendra qu'au fil des générations la probabilité d'apparition des troubles liés aux dysbioses va croissant.

À ce jour, chez l'homme comme chez l'abeille, l'existence de problèmes sanitaires liés aux impacts potentiels du glyphosate sur le microbiote n'est ni démontrée ni écartée par l'épidémiologie.

Second point, il est assez naïf de penser que les substances phytopharmaceutiques n'agissent sur le vivant qu'au travers de leur mode d'action principal. Ces molécules sont susceptibles de se lier avec des enzymes ou des récepteurs autres que ceux impliqués dans le mécanisme qui en explique l'effet recherché, et d'en entraver l'action. Ce pourrait bien être le cas du glyphosate chez les abeilles.



© DR

**Quelques formulations du glyphosate présentes sur le marché mondial.**

Des simulations moléculaires suggèrent qu'il se lierait à certains récepteurs du glutamate, perturbant ainsi un mécanisme neurologique important, et générant des troubles de la motricité et de la cognition<sup>[26]</sup>. Selon une étude canadienne, une formulation du Roundup réduit l'activité d'un autre neurotransmetteur, l'acétylcholine<sup>[4]</sup>. On ne s'étonnera donc pas que diverses autres études démontrent que la substance ou ses produits ont chez l'abeille des effets sur la locomotion, l'apprentissage, la mémoire, ou le rythme du sommeil<sup>[11][13][15][24]</sup>.

### Des inertes pas si inertes que cela...

En troisième lieu vient l'importante question des co-formulants. Ceux-ci sont parfois appelés inertes, par opposition à la substance active. Mais cette appellation est subjective : une substance est qualifiée d'active lorsque son action sur une cible est intentionnellement utilisée dans un produit pour agir sur cette cible ; quant aux co-formulants, ils ne sont inertes que par rapport à ce mode d'action reconnu<sup>[16]</sup>, ce qui ne garantit en rien qu'ils n'aient pas d'activité biochimique par ailleurs. Malgré cela, la plupart des études toxicologiques ne sont pas refaites avec le produit, dont l'évaluation réfère largement à celles réalisées pour la ou les substances actives ; et il n'y a pas de surveillance après autorisation de leurs résidus dans les aliments et dans l'environnement, comme c'est le cas pour les substances actives. Le public ne les connaît d'ailleurs pas, et les dossiers d'évaluation ne les dévoilent pas : les formulations font partie du

secret commercial. Il n'y a même pas de règle fixe dans leur emploi, un nom commercial pouvant recouvrir diverses formulations, et vice-versa.

Or, ces substances ne sont pas sans effets. En ce qui concerne le Roundup, ce sont les surfactants surtout qui sont mis sur la sellette pour leurs impacts potentiels. Les surfactants sont des substances (ou des mélanges de substances) capables de dissoudre les graisses, comme nos savons ou détergents à vaisselle ; ils sont ajoutés au produit pour permettre la bonne adhésion de celui-ci à la surface des végétaux, et pour aider la substance active à traverser la cuticule de la plante et les membranes de ses cellules. Sans cette capacité, les herbicides à base de glyphosate ne seraient pas systémiques. Or, il y a des similitudes importantes entre la cuticule des plantes et celle des insectes, notamment le rôle qu'y jouent les substances grasses, qui protègent les unes et les autres des pertes d'eau<sup>[20]</sup> et constituent l'essentiel des membranes cellulaires. Les surfactants ne sont donc pas sans danger pour les insectes, et cela de manière générale. Le savon noir et le détergent à vaisselle constituent déjà des insecticides assez efficaces contre les pucerons par exemple, et les surfactants utilisés dans les pesticides sont autrement performants qu'eux à l'heure de pénétrer dans les tissus vivants. Ceci explique le fait que les formulations sont généralement plus toxiques pour l'abeille que les substances actives non formulées<sup>[19]</sup>, et surtout, qu'un surfactant peut constituer par lui-même un très bon insecticide. Ce fait est connu depuis longtemps<sup>[21][25]</sup> ;

une étude néozélandaise a montré la toxicité des surfactants pour l'abeille, certains d'entre eux causant 100 % de mortalité en laboratoire<sup>[12]</sup>. On peut donc légitimement se demander ce qui arrive aux pollinisateurs qui traversent une pulvérisation d'herbicide, cas possible car en raison de la faible toxicité des substances actives, leur usage pendant les floraisons et les heures de vol n'est pas interdit<sup>11</sup>. Pour l'être humain aussi les surfactants peuvent présenter une toxicité propre. Cela a été démontré pour l'amine animale polyéthoxylée (POE-tallowamine), un surfactant utilisé dans les premières formulations du Roundup, connu pour être plus toxique que le glyphosate, et retiré du marché européen en 2016 suite à un avis de l'EFSA<sup>12</sup>. Toutefois de nombreux autres co-formulants, dont certains chimiquement proches de celui retiré, sont toujours autorisés et utilisés sur le sol européen<sup>[16]</sup>. On comprend donc aisément que certains herbicides puissent être capables de tuer des insectes même si ce n'est pas là leur but premier.

### Et maintenant, l'évaluation...

Que dit de tout cela le dossier d'évaluation des effets sur l'abeille du glyphosate et du Roundup<sup>13</sup> ?

S'agissant des effets sur le microbiote, l'État membre rapporteur estime qu'il est difficile de les relier conceptuellement aux objectifs de protection (la survie et le bon développement de la colonie) et d'en quantifier l'impact sur ceux-ci ; en conséquence, ils ne sont tout simplement pas considérés.

Il en va de même des autres effets sublétaux. Les évaluateurs ont bien connaissance de la littérature existant à ce propos mais sont incapables d'intégrer les résultats de ces études dans le processus d'évaluation, toujours faute de pouvoir quantifier leur impact sur le développement de la colonie ; et les études en champ ou tunnel n'ont pas une puissance statistique suffisante pour mettre des effets partiels en évidence, vu le faible nombre de colonies utilisées, et la grande variabilité naturelle de celles-ci. Les effets démontrés par les tests officiels sont donc nuls ou à peu près.

Il en va de même encore en ce qui concerne les effets des surfactants. La toxicité de contact est testée en posant une gouttelette de produit sur le thorax de l'abeille. Un tel procédé n'est évidemment en rien représentatif de ce qui se passe lorsque l'insecte vole à travers une pulvérisation et s'en trouve entièrement recouvert.

---

11 – Cette situation pourrait changer en France suite à la mise en application du nouvel « arrêté abeilles » (Arrêté du 20 novembre 2021 relatif à la protection des abeilles et des autres insectes pollinisateurs et à la préservation des services de pollinisation lors de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques) car celui-ci considère les herbicides et fongicides au même titre que les insecticides.

12 – L'EFSA concluait à l'impossibilité de réaliser une évaluation complète, faute de données suffisantes ; mais pour tous les points qu'elle a pu examiner, la toxicité est supérieure à celle du glyphosate (EFSA 2015: « *Request for the evaluation of the toxicological assessment of the co-formulant POE-tallowamine* », doi:10.2903/j.efsa.2015.4303).

13 – Le dossier du glyphosate ne considère, outre la substance active, qu'une seule formulation, un Roundup (MON 52276) dont le surfactant est réputé peu toxique (Mesnage *et al.* 2019), ce qui pourrait constituer un biais du dossier.



### **Le problème du glyphosate tient surtout à son suremploi par l'agriculture conventionnelle.**

Les seuls arthropodes à faire l'objet d'une pulvérisation intégrale lors de l'évaluation sont deux prédateurs des pucerons, l'acarien *Typhlodromus pyri* et un petit hyménoptère, *Aphidius rhopalosiphi*. Dans les deux cas la mortalité est rapide et complète. Cela laisse à penser... Au reste, pour ce qui concerne le produit formulé, aucun test par exposition chronique, aucun test larvaire, aucun test en tunnel ou en champ n'est présenté : les évaluateurs considèrent que les tests réalisés avec la substance active seule sont suffisants, alors que nous savons qu'il n'en est rien.

Malgré ce manque évident de connaissances, l'avis final des rapporteurs est que le glyphosate et les herbicides à base de glyphosate n'ont pas d'effets

inacceptables sur l'abeille – ni d'ailleurs sur les arthropodes auxiliaires des cultures.

#### **Les failles de l'évaluation**

Comment de telles conclusions sont-elles possibles ? Il y a trois réponses à cela.

La première est que les tests ne sont absolument pas calibrés pour prendre en compte des effets indirects et à long terme comme le sont les effets sur le microbiote. Ils ne le seront d'ailleurs vraisemblablement jamais, car on ne voit pas comment un schéma d'évaluation préconçu pourrait les prévoir tous, chacun nécessitant un type de test particulier.

La seconde est liée à la problématique des co-formulants. Les appels de la communauté scientifique se multiplient, pour que la composition des formulations soit dévoilée, que les substances concernées soient évaluées et qu'elles fassent l'objet d'une pharmacovigilance après mise sur le marché. Mais ce n'est toujours pas le cas en Europe ni aux USA, à la notable exception de la Californie, qui à elle seule démontre qu'une démarche en ce sens est pourtant possible...

La troisième tient à la qualité du travail accompli par les États membres rapporteurs. La partie relative aux risques pour les abeilles a été traitée avec un soin incontestable. Les études scientifiques ont fait l'objet d'un examen attentif, le rapporteur s'est montré critique vis-à-vis des conclusions parfois hâtives ou partielles du demandeur. Le sentiment qui domine à la lire est que l'insuffisance de l'évaluation vient surtout du schéma réglementaire que celle-ci est tenue de suivre. Il n'en va pas de même en ce qui concerne les arthropodes non-cibles. Onze études sont présentées, portant en tout sur 5 espèces<sup>14</sup>, et toutes sont anciennes, présentées dans le cadre d'évaluations précédentes. De ces 11 études, de l'avis du rapporteur, 3 sont considérées comme purement informatives car elles ne débouchent pas sur des valeurs permettant de réaliser l'évaluation proprement dite ; 2 sont considérées peu fiables, une non valide, une encore n'est valide que pour

une période de l'année... Il en reste 4 qui sont pleinement valides, et de ces 4 études une seule montre réellement l'absence d'effets. La plupart de ces tests sont faits par contact de l'insecte avec du sable contaminé, les 2 réalisés par pulvérisation directe se soldent par 100 % de mortalité. Conclure à l'absence d'effets, comme le fait le rapporteur, paraît donc un peu léger, pour parler prudemment ; une légèreté particulièrement interpellante, quand la préservation des auxiliaires des cultures est la base indispensable à la réduction d'usage des insecticides...

### Faut-il tuer les glyphosates ?

Le dossier démontre de façon éclatante qu'aucune forme d'évaluation ne permettra jamais de prouver scientifiquement l'innocuité d'un produit phytosanitaire. Les herbicides à base de glyphosate traînent avec eux de lourdes suspicions d'effets délétères potentiels et ceux-ci sont peu, ou pas, ou mal évalués. Il faut toutefois se rappeler qu'en l'absence de mesures réorientant l'agriculture de manière telle que les exploitants puissent se passer d'herbicides, d'autres substances prendront le relais. Le glyphosate est loin d'être le seul herbicide total, et il existe désormais des cultures génétiquement modifiées résistantes à d'autres herbicides, entre autres le glufosinate, l'oxynil, l'isoxaflutole, le 2,4D, le dicamba<sup>[22]</sup>. Ces substances ne présentent pas un meilleur profil

---

14 – Noter qu'une étude ne porte que sur une seule espèce à la fois ; pour certaines espèces il n'y a qu'une étude qui, de plus, est non valide (c'est le cas par exemple du chrysope).

écotoxicologique que le glyphosate, bien au contraire (*ibid.*). Le problème du glyphosate n'est donc pas tant sa nocivité intrinsèque, qui est loin d'être nulle mais tout aussi loin d'être de ce que l'on trouve de pire en matière d'herbicides ; le problème est le suremploi démentiel que l'agriculture actuelle dite conventionnelle en fait, un suremploi que l'autorité publique n'a pas su, ou voulu réguler jusqu'à présent.

Ce que nous apprend le dossier du glyphosate, c'est que la solution n'est pas dans l'élaboration d'évaluations toujours plus sophistiquées, mais dans une politique agricole capable de mener concrètement les agriculteurs vers d'autres pratiques en sachant, car le passé nous l'enseigne, que les mesures incitatives ne suffisent pas. Mais y a-t-il un pilote dans cet avion-là ?

## Bibliographie

- [1] Antier C, Andersson R, Auskalnien O *et al.*, 2020: A survey on the uses of glyphosate in European countries. INRAE. <https://doi.org/10.15454/A30K-D531>
- [2] Battisti L, Potrich M, Sampaio AR *et al.*, 2021: Is glyphosate toxic to bees? A meta-analytical review, *Sci Total Environ.* 767 : 143397.
- [3] Blot N, Veillat L, Rouzé R et Delatte H, 2019: Glyphosate, but not its metabolite AMPA, alters the honeybee gut microbiota, *PLoS One* 14, 1–16, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215466>.
- [4] Boily M, Sarrasin B, DeBlois C, Aras P et Chagnon M, 2013: Acetylcholinesterase in honey bees (*Apis mellifera*) exposed to neonicotinoids, atrazine and glyphosate: laboratory and field experiments, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 5603–5614, <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1568-2>.
- [5] Carpentier A, Fadhuile A, Roignant M *et al.*, 2020 : Alternatives au glyphosate en grandes cultures, évaluation économique, rapport d'expertise INRAE ([https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/rapport\\_gly\\_2020\\_Final.pdf](https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/rapport_gly_2020_Final.pdf)).
- [6] Dai P, Yan Z, Ma S *et al.*, 2018: The herbicide glyphosate negatively affects midgut bacterial communities and survival of honey bee during larvae reared in vitro. *J. Agric. Food Chem.* 66,7786–7793 (<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02212>).
- [7] Daisley BA, Chmiel JA, Pitek AP, Thompson GJ et Reid G, 2020: Missing Microbes in bees: How systematic depletion of key symbionts erodes immunity, *Trends in Microbiology* 1857, <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.06.006>.
- [8] Duke SO et Powles SB, 2008: Glyphosate: a once-in-a-century herbicide, Mini-review, *Pest Management Sci* 64:319–325.
- [9] El Agrebi N, Tosi S, Wilmart O *et al.*, 2020: Honey-bee and consumer's exposure and risk characterisation to glyphosate-based herbicide (GBH) and its degradation product (AMPA): residues in beebread, wax, and honey, *Sci. Total Environ.* 704 : 135312, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135312>.
- [10] European Commission, 2021: Glyphosate, Combined Draft Renewal Assessment Report prepared according to Regulation (EC) N°1107/2009, EFSA public consultation, 23 septembre - 22 novembre 2021.
- [11] Farina WM, Balbuena MS, Herbert LT, Goñalons CM et Vásquez DE, 2019: Effects of the herbicide glyphosate on honey bee sensory and cognitive abilities: individual impairments with implications for the hive, *Insects* 10, 354 ; doi:10.3390/insects10100354.
- [12] Goodwin et Mc Brydie 2000: Effect of surfactants on honey bee survival, *New Zealand Plant Protection*, January 2000, pp. 230-234.
- [13] Herbert LT, Vázquez DE, Arenas A et Farina WM, 2014: Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour, *J. Exp. Biol.* 217: 3457–3464, <https://doi.org/10.1242/jeb.109520>.
- [14] Ledoux ML, Hettiarachchy N, Yu X, Howard L et Lee SO, 2020: Penetration of glyphosate into the food supply and the incidental impact on the honey supply and bees, *Food Control* 109, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106859>.
- [15] Luo QH, Guo J, Gao Y, Liu C *et al.*, 2021: Effects of a commercially formulated glyphosate solutions at recommended concentrations on honeybee (*Apis mellifera* L.) behaviours, *Scientific Reports* 11:2115, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80445-4>.
- [16] Mesnage R, Benbrook C et Antoniou MN, 2019: Insight into the confusion over surfactant co-formulants in glyphosate-based herbicides, *Food and Chemical Toxicology* 128: 137-145.

- [17] Motta EVS et Moran NA, 2020: Impact of Glyphosate on the Honey Bee Gut Microbiota: Effects of Intensity, Duration, and Timing of Exposure, *mSystems* 5 : e00268-20, <https://doi.org/10.1128/mSystems.00268-20>.
- [18] Motta EVS, Mak M, De Jong TK *et al.*, 2020: Oral or topical exposure to glyphosate in herbicide formulation impacts the gut microbiota and survival rates of honey bees, *Applied and Environmental Microbiology* 86 (18), <https://doi.org/10.1128/AEM.01150-20>.
- [19] Mullin CA, Chen J, Fine, JD, Frazier MT et Frazier JL, 2015: The formulation makes the honey bee poison, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.pestbp.2014.12.026>.
- [20] Nguyen SA, Webb HK, Mahon PJ *et al.*, 2014: Natural Insect and Plant Micro-/ Nanostructured Surfaces: An Excellent Selection of Valuable Templates with Superhydrophobic and Self-Cleaning Properties, review article, *Molecules* 19: 13614-13630; doi:10.3390/molecules190913614.
- [21] Sims SR et Appel AG, 2007: Linear alcohol ethoxylates: Insecticidal and synergistic effects on German cockroaches (Blattodea : Blattellidae) and other insects, *J. Econ. Entomol.* 100 : 871-879.
- [22] Székács A et Darvas B, 2018 : Re-registration Challenges of Glyphosate in the European Union, *Front. Environ. Sci.* 6:78, doi: 10.3389/fenvs.2018.00078.
- [23] Tomé HVV, Schmehl, DR, Wedde, AE, Godoy RSM *et al.*, 2019: Frequently encountered pesticides can cause multiple disorders in developing worker honey bee. *Environmental Pollution* 256, 113420-. doi:10.1016/j.envpol.2019.113420
- [24] Vázquez DE, Balbuena MS, Chaves F *et al.* 2020: Sleep in honey bees is affected by the herbicide glyphosate, *Scientific Reports* 10: 10516, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67477-6>.
- [25] Wolfenbarger DA, Lukefahr MJ et Lowry WL, 1967: Toxicity of surfactants and surfactant-insecticide combinations to the bollworm, tobacco budworm and pink bollworm, *J. Econ. Entomol.* 60 (1967) 902-904.
- [26] Zgurzynski MI et Lushington GH, 2019: Glyphosate Impact on *Apis mellifera* Navigation: A Combined Behavioral and Cheminformatics Study, *EC Pharmacology and Toxicology* 7.8: 806-824. ■