

# POLLINIS

ONG INDÉPENDANTE ET SANS BUT LUCRATIF QUI AGIT EXCLUSIVEMENT GRÂCE AUX DONS DES CITOYENS POUR LA PROTECTION DES ABEILLES DOMESTIQUES ET SAUVAGES, ET UNE AGRICULTURE RESPECTUEUSE DE TOUS LES POLLINISATEURS.

## APPEL INTERNATIONAL

# LES BIOTECHNOLOGIES DANGEREUSES METTENT LES POLLINISATEURS EN DANGER ET MENACENT LES SERVICES QUE NOUS REND LA NATURE

*CET APPEL VISE À PROTÉGER LES INSECTES POLLINISATEURS DES EFFETS NÉGATIFS POTENTIELS DES BIOTECHNOLOGIES. IL S'AGIT D'UNE INITIATIVE DE L'ONG FRANÇAISE POLLINIS, QUI AGIT POUR LA PROTECTION DES POLLINISATEURS. CE DOCUMENT A ÉTÉ SIGNÉ PAR DES SCIENTIFIQUES DE RENOM DANS LES DOMAINES DE LA BIOLOGIE MOLÉCULAIRE, DE LA GÉNÉTIQUE, DE L'ÉCOLOGIE DES POLLINISATEURS ET DE L'AGROÉCOLOGIE, PAR D'ÉMINENTS EXPERTS POLITIQUES EN MATIÈRE DE PROTECTION DES POLLINISATEURS, DE CONSERVATION, D'APICULTURE ET DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, AINSI QUE PAR DES ORGANISATIONS.*

### POINTS CLÉS

- Les insectes pollinisateurs sont essentiels à la biodiversité, aux fonctions écosystémiques, et permettent d'augmenter le rendement des cultures. Afin d'inverser leur déclin, nous devons leur fournir un habitat sûr au sein des zones exploitées où se pratiquent l'agriculture, l'élevage et la sylviculture.
- La dissémination d'organismes, de produits ou de composants obtenus par le biais des biotechnologies génétiques, tels que les molécules de silençage génétique (par exemple, les pesticides à base d'ARNi) et les organismes génétiquement modifiés issus du forçage génétique, pourrait amplifier les pressions que subissent déjà les pollinisateurs. À ce jour, peu de recherches ont été menées pour comprendre les risques et les impacts d'une telle dissémination sur les pollinisateurs.
- Il est impossible de fournir des évaluations des risques solides et fiables pour garantir que la dissémination de ces biotechnologies ne précipiterait pas davantage le déclin des pollinisateurs. Par conséquent, les signataires de cet appel demandent une stricte application du Principe de précaution des Nations Unies.
- D'autres moyens de production alimentaire basés sur la biodiversité existent. Il est scientifiquement prouvé qu'ils permettent d'obtenir des rendements élevés ainsi qu'une excellente qualité nutritionnelle, sans endommager l'environnement ou le mettre en péril comme le ferait le déploiement d'organismes issus des biotechnologies.

- **Cet appel, signé par d'éminents scientifiques, experts internationaux et organisations demande aux Parties et aux Signataires de la Convention des Nations unies sur la Diversité Biologique de s'opposer au déploiement dans la nature des biotechnologies génétiques aux niveaux international, régional et national.**

**APPEL**

Nous appelons les Parties et Signataires de la Convention des Nations unies sur la Diversité Biologique à s'opposer - aux niveaux international, régional et national - à la dissémination d'organismes, de produits et de composants issus des biotechnologies génétiques, y compris de la biologie de synthèse (1), de la modification et de l'ingénierie génétique, comme les molécules de silençage génétique (pesticides ARNi) ou les organismes issus du forçage génétique, dans les habitats naturels à l'intérieur des zones protégées et des zones exploitées pour l'agriculture, la sylviculture et l'élevage (2).

Ces biotechnologies pourraient nuire aux populations d'insectes pollinisateurs et précipiter leur déclin. En dépit des alertes urgentes et documentées de la communauté scientifique, les effets potentiels d'une telle dissémination sur les pollinisateurs, les chaînes alimentaires et les écosystèmes restent sous-étudiés (3 - 5). Nous appelons donc à une stricte application du Principe de Précaution tel qu'il a été défini par l'Organisation des Nations unies (6), et à ne procéder à aucune dissémination dans l'environnement tant que les preuves établissant l'innocuité des effets directs et indirects d'une application de ces nouvelles biotechnologies génétiques, de leurs produits, organismes et composants, n'auront pas été réunies.

« Les pollinisateurs ont servi les plantes qu'ils visitent depuis le milieu du Mésozoïque, il y a plus de 170 millions d'années, et probablement déjà avant. Au cours de cette période, l'importance relative des différents groupes de pollinisateurs a connu des hauts et des bas, tandis que la diversité globale s'est accrue parallèlement à celle des plantes à fleurs, jusqu'à l'heure actuelle, où il pourrait y avoir jusqu'à 350 000 espèces de pollinisateurs décrites (et bien d'autres en attente de découverte scientifique). L'importance relative des différents groupes taxonomiques (du niveau du genre à l'ordre) varie bio-géographiquement, mais dans l'ensemble, il est évident que la diversité est importante et que la perte d'espèces (quelle que soit l'échelle géographique) doit être évitée » (p.370) (7).

## **LES POLLINISATEURS ONT BESOIN DE SÉCURITÉ DANS LES ZONES EXPLOITÉES**

Malgré les difficultés à estimer la diversité des pollinisateurs, le rapport récent le plus exhaustif fait état d'environ 350 000 espèces d'insectes visitant les fleurs et participant à leur pollinisation (7). Les principaux groupes sont les Lépidoptères (papillons, mites), les Hyménoptères (abeilles, bourdons, guêpes) et les Diptères (mouches, syrphes). Tous ces groupes subissent actuellement un déclin mondial, tant au niveau de leur diversité que de leur abondance (8 - 13), et un nombre croissant d'espèces se retrouve sur la liste rouge de l'UICN dans les rubriques « Données insuffisantes » (18,1 %), « Éteinte » (1 %), « En danger critique » (3,1 %), « En danger » (9,1 %), « Vulnérable » (11,4 %) ou « Quasi-menacée » (5,8 %) (14).

Ce déclin alarmant est dû à de multiples raisons, dont l'intensification de l'agriculture conventionnelle, le changement climatique, les pesticides de synthèse, la pollution, les pathogènes, séparément ou en combinaison (15 - 18). Les changements radicaux dans l'abondance et la richesse des pollinisateurs sont liés à ces multiples pressions anthropogéniques (19 - 20). Nous perdons un patrimoine incalculable, hérité de millénaires d'évolution et d'interaction entre les insectes et les plantes (8, 21, 22). La diversité génétique globale est appauvrie, des chaînes alimentaires entières sont mises en danger alors que des maillons-clés disparaissent (23, 24), et les écosystèmes pourraient perdre le fragile équilibre dont nous savons pourtant si peu.

Alors que la majorité des plantes à fleurs sur Terre dépendent des insectes pour se reproduire (25), la diversité des plantes est désormais en danger dans le monde entier (26, 27), avec une plante sur cinq menacée d'extinction (28). Il existe également une inquiétude croissante concernant la production alimentaire : 76 % des cultures les plus importantes au monde (87 sur 115) - dont le café, l'avocat et le chocolat - ont besoin d'être pollinisées par les insectes (29). De nombreuses recherches montrent aussi qu'une augmentation de l'abondance et de la diversité des pollinisateurs augmente les rendements agricoles (30 - 35). Pour une production agricole durable, nous avons besoin de pollinisateurs qui vivent et se nourrissent dans les zones exploitées (30, 36 - 41). C'est pourquoi ces zones exploitées doivent être des habitats sûrs pour les pollinisateurs.

Depuis 1999, date à laquelle le rôle essentiel des pollinisateurs dans l'agriculture et les écosystèmes durables a été reconnu au niveau international dans la « Déclaration de São Paulo sur les pollinisateurs » (42), et l'adoption de la décision V/5, section II de la COP-5 de la Convention des Nations unies sur la diversité biologique en 2000 (43), les insectes pollinisateurs sont protégés par de nombreux accords internationaux (26, 44). Le rôle des pollinisateurs dans les écosystèmes est un sujet particulièrement important pour la COP15 à Montréal en décembre 2022, où les Parties, les représentants des gouvernements, les organisations partie-prenantes et les peuples autochtones et communautés locales se réuniront pour négocier le Cadre mondial pour la biodiversité post-2020. Les décisions qui y seront négociées auront un impact direct sur les pollinisateurs et leurs conditions de survie, notamment celles portant sur les objectifs ciblant l'habitat naturel, la pollution, l'utilisation des pesticides et la biologie de synthèse.<sup>1</sup>

En effet, il est envisagé d'ouvrir la voie à la dissémination potentielle d'organismes ou de produits obtenus grâce aux biotechnologies génétiques. Les applications agricoles comprennent la modification directe du génome des insectes ou l'interférence avec l'expression de leurs gènes, afin de modifier leur comportement ou de les faire disparaître. Toutes ces applications, directement dans les habitats indigènes au sein des zones de production, comportent des risques non étudiés qui pourraient accélérer le déclin des populations de pollinisateurs et mettre en danger des chaînes alimentaires entières.<sup>2</sup>

1. Cibles 2, 3, 4, 7, 9, 10 et 17.

2. D'après des études scientifiques récentes, la compréhension de la complexité des interactions entre et parmi les organismes et les plantes suggère que l'écosystème est composé de nombreuses parties et pièces vivant ensemble ; elles sont connues comme des unités plus grandes appelées holobiontes ou hologénomes, compte tenu du fait que toutes les espèces du même habitat interagissent et s'influencent mutuellement. Rosenberg et al. (2016) définit les « holobiontes » pour inclure tous les animaux et les plantes et a introduit le terme « hologénomes » pour décrire la somme des informations génétiques de l'hôte et de ses « micro-organismes symbiotiques » (pg. 1). Ils écrivent : « The hologenome concept of evolution postulates that the holobiont (host plus symbionts) with its hologenome (host genome plus microbiome) is a level of selection in evolution. Multicellular organisms can no longer be considered individuals by the classical definitions of the term » (pg.1) (45).

## **ORGANISMES ISSUS DU FORÇAGE GÉNÉTIQUE : MODIFIER LES INSECTES POUR CHANGER LEUR COMPORTEMENT OU PROVOQUER LEUR EXTINCTION**

Les organismes issus du forçage génétique sont conçus pour propager rapidement des caractéristiques modifiées au sein des populations. Ils sont créés à l'aide d'outils de modification du génome tels que CRISPR/Cas9, qui permet d'insérer, de remplacer, d'altérer ou de supprimer des gènes dans des séquences d'ADN. Le forçage génétique est conçu pour passer outre les règles de l'hérédité et forcer la transmission d'une modification génétique à la génération suivante. Le forçage génétique vise non seulement à transmettre un caractère inséré ou modifié, mais aussi à transférer conjointement le mécanisme même du forçage génétique : la boîte à outil contenant les « ciseaux génétiques » (CRISPR/Ca9). Les nouveaux caractères génétiques modifiés et ajoutés, ainsi que les gènes codant pour le mécanisme de forçage génétique, sont alors transmis à TOUTE la descendance, ce qui leur permet de se propager entièrement à chaque génération, potentiellement à perpétuité (3).

Une publication récente rapporte que 32 insectes, dont 21 ravageurs agricoles issus de six ordres différents, sont envisagés ou font déjà l'objet de développements de technologies de forçage génétique (45). Des recherches ont ainsi été menées pour insérer des gènes d'auto-extinction chez la drosophile à ailes tachetées (*Drosophila suzukii*) (46), pour cibler la spermatogenèse de la guêpe commune (*Vespa vulgaris*) (47), ou pour supprimer les fonctions olfactives de la noctuelle (*Spodoptera littoralis*) (48) et de la spongieuse (*Lymantria dispar*) (49). Au-delà de ces expérimentations, un certain nombre d'entreprises ont déposé des demandes de brevet décrivant l'utilisation du forçage génétique en agriculture, qui cible notamment des centaines de ravageurs agricoles. Le brevet WO 2017/049266 A2 (50) en particulier, consiste à appliquer la méthode de forçage génétique utilisant CRISPR-Cas9 sur plus de trois cents ravageurs agricoles (46, 50).

Les organismes issus du forçage génétique sont expressément conçus pour se propager et créer des changements à grande échelle au sein des populations vivant en milieux naturels et ainsi transformer des écosystèmes entiers (51). Esvelt & Gemmell (2017) notent que la création d'un tel système auto-propageable de forçage génétique basé sur l'outil CRISPR, revient à créer une nouvelle espèce hautement invasive susceptible de s'étendre à tous les écosystèmes dans lequel elle est viable, risquant de « provoquer un changement écologique » (p.2) (51).

Le forçage génétique synthétique utilise l'outil de modification génétique CRISPR alors que ce système engendre des effets « hors cible » imprévus (52-54). Il y a donc lieu de se préoccuper des changements et mutations inattendus (55-58) qui peuvent se reproduire à chaque génération, car le système CRISPR est en développement continu, que ce soit en laboratoire ou dans la nature (3, 59).

Il est possible que les organismes issus du forçage génétique transmettent des gènes modifiés à des espèces étroitement apparentées (3, 60) comme les insectes pollinisateurs, par la propagation verticale de gènes via les flux génétiques.<sup>3</sup>

3. «Altered DNA could be transferred from organisms resulting from synthetic biology techniques to other organisms, either by sexual or horizontal gene flow/transfer» (p. 33) (61).

Ils pourraient également affecter d'autres espèces non ciblées par un transfert horizontal de gènes (4). Actuellement, peu d'études se sont penchées sur ces questions essentielles (62), et le suivi de ces phénomènes dans l'environnement serait impossible (63).

Des chercheurs ont également soulevé des inquiétudes concernant la contamination transfrontalière des systèmes agricoles liée à la dissémination d'insectes génétiquement modifiés dans le cadre de stratégies de lutte contre les ravageurs (64, 65). Le lâcher de ces insectes génétiquement modifiés dans les champs de culture pourrait modifier de manière irréversible la composition génétique des populations d'insectes sauvages et domestiques (comme les abeilles et bourdons d'élevage), et d'autres insectes sauvages non ciblés qui sont utiles à l'agriculture industrielle. Compte tenu des caractéristiques des organismes génétiquement forcés, à savoir leur capacité de propagation accélérée et leur processus intrinsèquement actif de modification génétique (en raison de la boîte à outil CRISPR qui y est intégrée), une évaluation fiable des risques est impossible (66). Comme la plupart des applications en sont encore au stade de la modélisation mathématique, toute dissémination serait prématurée et mettrait en danger des écosystèmes entiers.

## **TECHNOLOGIES BASÉES SUR L'ARN : INTERFÉRER AVEC L'EXPRESSION GÉNÉTIQUE DES INSECTES**

Parmi les autres technologies destinées à être utilisées dans l'environnement figurent les molécules de silençage génétique, telles que les ARN double brin (ARNdb), qui sont conçues pour lutter contre les parasites et les agents pathogènes des cultures. Elles s'appuient sur l'homologie des séquences pour cibler des séquences génétiques spécifiques et utilisent des mécanismes d'interférence ARN pour réduire au silence les gènes responsables de fonctions vitales chez les insectes ciblés, ce qui entraîne leur mort. Ces molécules d'ARN peuvent être transmises aux ravageurs des cultures par l'intermédiaire de plantes génétiquement modifiées, de bactéries, de virus, ou directement appliquées en pulvérisation (67).

Certaines technologies à base d'ARNdb sont en cours d'homologation, et d'autres ont déjà été approuvées par divers organismes nationaux à des fins d'alimentation humaine, d'alimentation animale ou de culture dans de nombreuses régions du monde (68-70). Ces questions doivent donc être traitées de toute urgence au niveau international.

De nombreuses espèces d'arthropodes partagent des similitudes génétiques, en particulier celles qui appartiennent aux mêmes groupes taxonomiques. Des recherches ont rapporté qu'un gène réduit au silence induisant la létalité chez une espèce peut également être létal pour une autre espèce (71). Si deux gènes de deux espèces différentes présentent une forte similitude, ces deux gènes (de même fonction) seront certainement réduits au silence par le même ARNdb (72).

Les similitudes génétiques entre les différentes espèces et leur étendue sont encore mal comprises. Il est nécessaire de remédier au manque actuel de recherches indépendantes sur les effets non ciblés et l'extinction des gènes homologues afin d'évaluer le danger réel pour les pollinisateurs (73) et les espèces non ciblées qui vivent et se nourrissent dans les zones de production agricole.

Des démarches sont également en cours pour que des bactéries génétiquement modifiées du microbiote intestinal transmettent en continu des ARNdb aux abeilles mellifères afin de leur permettre de résister aux pesticides (74), aux parasites (75) ou aux virus (76). Les conséquences directes de ces modifications microbiennes sont encore méconnues, tout comme l'éventualité d'une contamination d'autres espèces par des micro-organismes intestinaux génétiquement modifiés lors de la pollinisation de fleurs communes, ou encore la contamination du miel. Par conséquent, des recherches additionnelles sont indispensables pour pouvoir évaluer les effets directs et indirects de ces biotechnologies sur les espèces d'insectes, y compris les pollinisateurs.

## **RECADRER LE DÉBAT : UN APPEL À LA MISE EN PLACE DE SOLUTIONS QUI RESPECTENT L'INTÉGRITÉ DES ÉCOSYSTÈMES**

Il est actuellement impossible de comprendre l'ensemble des connexions complexes qui existent entre et parmi les espèces. Les écosystèmes sont constitués de multiples systèmes qui interagissent les uns avec les autres et au sujet desquels les scientifiques continuent de faire de nouvelles découvertes et d'approfondir les connaissances existantes.<sup>4</sup> Les effets potentiels liés à l'application des biotechnologies génétiques sur les écosystèmes pourraient donc engendrer des changements spectaculaires dans les structures et fonctions des réseaux écologiques, qui pourraient s'avérer désastreux pour la biodiversité.

En l'état actuel de la recherche et des connaissances scientifiques, il est impossible de fournir une évaluation des risques fiable et robuste pour comprendre les effets des multiples nouvelles biotechnologies génétiques et de leurs applications sur les écosystèmes et sur les pollinisateurs. Les insectes pollinisateurs sont déjà confrontés à un déclin alarmant dû à des pressions externes. L'ajout de biotechnologies génétiques dangereuses et non-évaluées aggravera les pressions exercées sur les pollinisateurs et pourrait précipiter leur extinction.

Nous mettons donc en garde contre la dissémination de ces biotechnologies génétiques, car leurs conséquences sur les pollinisateurs pourraient s'avérer catastrophiques. Notre génération a la responsabilité de transmettre des écosystèmes résilients et capables de maintenir des conditions vivables, ce qui inclut les zones protégées et les habitats naturels au sein des zones de production agricole (2). Afin de mettre en œuvre des solutions durables en faveur de la sécurité

4. D'après des études scientifiques récentes, la compréhension de la complexité des interactions entre et parmi les organismes et les plantes suggère que l'écosystème est composé de nombreuses parties et pièces vivant ensemble ; elles sont connues comme des unités plus grandes appelées holobiontes ou hologénomes, compte tenu du fait que toutes les espèces du même habitat interagissent et s'influencent mutuellement. Rosenberg *et al.* (2016) définit les « holobiontes » pour inclure tous les animaux et les plantes et a introduit le terme « hologénomes » pour décrire la somme des informations génétiques de l'hôte et de ses « micro-organismes symbiotiques ». (pg. 1). Ils écrivent : "The hologenome concept of evolution postulates that the holobiont (host plus symbionts) with its hologenome (host genome plus microbiome) is a level of selection in evolution. Multicellular organisms can no longer be considered individuals by the classical definitions of the term" (pg.1) (45).

alimentaire, nous devons nous appuyer sur les services que la nature nous rend.<sup>5</sup> Il est essentiel d'encourager l'intensification écologique pour améliorer le rendement des cultures (30, 77), plutôt que d'utiliser des biotechnologies génétiques qui peuvent mettre en danger des écosystèmes entiers.

---

5. En effet, il est prouvé que l'augmentation de l'abondance et de la diversité des pollinisateurs pourrait réduire les écarts de rendement de 24 % en moyenne. Voir Garibaldi, L., L. Carvalheiro, B. Vaissière, B. Gemmill-Herren, J. Hipólito, B. Freitas, H. Ngo, N. Azzu, A. Sáez, J. Åström, J. An, B. Blochtein, D. Buchori, F. Chamorro García, F. da Silva, K. Devkota, M. de Fátima Ribeiro, L. Freitas, M. Gaglianone, M. Goos, M. Irshad, M. Kasina, A. Pacheco Filho, L. Piedade Kill, P. Kwapong, G. Nates Parra, C. Pires, V. Pires, R. Rawal, A. Rizali, A. Saraiva, R. Veldtman, B. Viana, W. S and H. Zhang (2016). «Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. » Science 351(6217): 388-391.

Note : Les signataires de cette déclaration le sont à titre individuel et non en tant que représentants de leurs organisations respectives.

## **SCIENTIFIQUES**

### **Dr. Lucas A. Garibaldi**

Director - Instituto de Inv. en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD)  
Professor - Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)/Investigador Principal - Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas Y Tecnicas (CONICET) (Argentina)

### **Dr Ricarda Steinbrecher**

Biologist and Molecular Geneticist - Federation of German Scientists (UK)

### **Dr Mudssar Ali**

Assistant Professor at MNS University of Agriculture of Multan and Pollinator Ecologist (Pakistan)

### **Dr Michael Antoniou**

Research group leader & lecturer in molecular genetics - King's College (UK)

### **Dr Gérard Arnold**

Researcher in bee behaviour, neurobiology and health - (Centre National de la Recherche Scientifique) CNRS (France)

### **Dr Christos Astaras**

Wildlife Researcher - Forest Research Institute - ELGO-DIMITRA (Greece)

### **Professor Marco Alberto Bologna**

Professor of Zoology and Biogeography- Department of Sciences, Università Roma Tre (Italy)

### **Dr Elisabeth Bücking**

Retired Microbiologist (Germany)

### **Dr Bela Irina Castro**

Project Manager and Junior Researcher - Centre for Social Studies, University of Coimbra (Portugal)

### **Dr Pablo Cavigliasso**

Researcher in Biology (Pollination and Landscape Ecology) - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)

### **Dr Leonidas Charistos**

Researcher in the Apiculture Department - Institute Animal Science (Greece)

### **Dr Giacomo Ciriello**

Beekeeper and Economist - Bees for Development (UK)

### **Professor Mario Colombo**

Entomologist - Università Statale Milano (Italy)

### **Dr Anna Chiara Contri**

Veterinary and independent Beekeeper (Italy)

### **Dr Andrea Corso**

Independent Zoologist (Italy)

### **Dalila Di Criscio**

PhD student in Agriculture Technology and Biotechnology- Università degli studi del Molise (Italy)

### **Professor Antonio De Cristofaro**

Entomologist - Università degli studi del Molise (Italy)

### **Dr Nathalie Escaravage**

Researcher on Plant - Pollinator Interactions and Genetic Conservation of Endangered Plant Species - Université de Toulouse (France)



**Stefano Fantini**

Entomology Tutor - UNIBO (Università di Bologna) (Italy)

**Professor Antonio Felicioli**

Professor of Biochemistry and Professor of Apidology - Università di Pisa (Italy)

**Dr Anahí R. Fernandez**

Biologist - Instituto de Investigacione en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD)/ Professor at Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)/ Investigador Principal at Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas Y Tecnicas (CONICET) (Argentina)

**Professor Paola Ferrazzi**

Entomologist, Apidologist, Zoologist - Università degli Studi di Torino (Italy)

**Dr Paolo Fontana**

Researcher/ Entomologist - Fondazione Edmund Mach (Italy)

**Dr Giovanni Formato**

Researcher in Pathologies of the Honey Bee - Head of Apiculture Laboratory Honey Bee Pathologist (Italy)

**Dr Dimitris Fotakis**

Researcher at the Forest Research Institute (Greece)

**Dr Mariangela Fotelli**

Researcher - Forest Ecophysiological - Forest Research Institute (Greece)

**Dr Caro Gael**

Researcher on Agroecology and Land Use - Université de Lorraine (France)

**Micaela Gambino**

Environmental technician - Instituto de Investigacione en Recursos Naturales (IRNAD), Agroecología y Desarrollo Rural/Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)(Argentina)

**Professor Norberto Garcia**

President Economy Commission - Apimondia (Argentina)

**Dr Lionel Garnery**

Assistant Professor Population Geneticist - Université Paris Saclay (France)

**Dr Benoît Geslin**

Associate Professor in Ecology and Pollination Ecology - Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie (IMBE) (France)

**María Pilar Giovanetti**

Biologist - Instituto de Investigacione en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD)/Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) (Argentina)

**Professor Dave Goulson**

Professor in Biology and Specialist in Insect Ecology - University of Sussex (UK)

**Dr Fani Hatjina**

Researcher/ President of Bee Health Commission Apimondia (Greece)

**Dr Evangelos Hatzigiannakis**

Research Director Agriculture - Soil and Water Resources Institute Hellenic Agricultural Organisation (Greece)

**Professor Nina Hautekèete**

Professor in Ecology &amp; Plant Pollinator Interactions - Université de Lille (France)

**Dr Angelika Hilbeck**

Senior Researcher &amp; Lecturer on agroecology - ETH Zurich and ENSSER (Switzerland)

**Fabian Holzheid**

Political Director - Umweltinstitut München e.V. (Germany)

**Dr Lanka Horstink**

Researcher in Sociology and Political Sciences - Universidade De Lisboa Instituto De Ciências Sociais (Portugal)

**Dr Constantine Iliopoulos**

Institute Director and Senior Researcher - Agricultural Economics Research Institute (AGRERI), Hellenic Agricultural Organization DEMETER (Greece)

**Dr Emma Jeavons**

Post doc and Ecologist in Agricultural Ecosystems - Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) (France)

**Dr Victor Kavvadias**

Researcher in soil - Hellenic Agricultural Organization DIMITRA (Greece)

**Dr Savas Kazantzidis**

Researcher - Forest Research Institute (Greece)

**Dr Peter Kozmus**

Entomologist and Researcher - Slovenian Beekeepers Association (Slovenia)

**Dr Grigorios Krey**

Senior Scientist in Biochemistry - Hellenic Agricultural Organization/ Biochemist & Molecular Biologist - Fisheries Research Institute (Greece)

**Dr Michelle Leemans**

Post-doc on Environmental Data - Université Paris-Est Créteil (UPEC) (France)

**Dr Ulrich Loening**

Honorary Research Fellow in Molecular Biology - University of Edinburgh (UK)

**Dr Hervé Le Meur**

Researcher in Applied Mathematics and Analysis - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (France)

**Professor Giuseppe Longo**

Emeritus Research Director, Computer Science and Philosophy of Science - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (France)

**Dr Bettina Maccagnani**

Entomologist and Researcher on Biomonitoring Programs through Honeybees - Centro Agricoltura Ambiente (Italy)

**Dr Valeria Malagnini**

Entomologist and Researcher in Molecular Biology - Fondazione Edmund Mach (Italy)

**Professor Bruno Massa**

Professor of Entomology - Università di Palermo (Italy)

**Dr Cristina Mateescu**

Senior Researcher in Biochemistry - Institute for Beekeeping Research & Development (Romania)

**Professor Erik Millstone**

Professor Emeritus of Science Policy - Science Policy Research Unit - University of Sussex (UK)

**Professor Guiomar Nates Parra**

Researcher in Bee Biology - Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

**Dr Pantelis Natskoulis**

Researcher in Agro-Food Safety, Food Microbiology and Environmental Toxicology - Institute of Technology of Agricultural Products/Ellinikos Georgikos Organismos (ELGO) - DIMITRA/Oenology (Greece)

**Ilaria Negri**

Researcher Entomologist - Università Cattolica del Sacro Cuore (Italy)

**Dr Nicola Palmieri**

Independent Naturalist (Italy)

**Dr Jeff Pettis**

Entomologist - President of Apimondia (USA)

**Professor François Pompanon**

Professor in Evolutionary Biology - Université Grenoble Alpes (France)

**Dr André Pornon**

Researcher - Laboratoire Évolution et Diversité Biologique Université Paul Sabatier Toulouse (France)

**Claudio Porrini**

Entomologist - Università di Bologna (Italy)

**Dr Fabrice Requier**

Researcher in Ecology - Laboratory EGCE and CNRS-IRD-Université Paris-Saclay (France)

**Fernanda Santibañez**

Doctoral student on Pollination - Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) (Argentina)

**Professor Jean-Pierre Sarthou**

Professor of Agroecology - Université de Toulouse (France)

**Dr Bertrand Schatz**

Director of Research - Centre d'Ecologie fonctionnelle et évolutive - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (France)

**Professor Thomas Dyer Seeley**

Professor of Neurobiology and Behavior - Department of Neurobiology and Behavior Cornell University (USA)

**Dr Thomas Sotiropoulos**

Researcher in Biology and Agronomy - Elgo Dimitra (Greece)

**Diederick Sprangers**

Biochemist and Board Member of Genethics Foundation (Netherlands)

**Professor Polyxeni Nicolopoulou Stamati**

Professor of Environmental Pathology MD PhD. - Medical School University of Athens (Greece)

**Peter Sudovský**

Environmental Engineer - Citizens initiative Slovakia Without GMO (Slovakia)

**Professor Andreas Thrasyvoulou**

Professor of Apiculture - Aristotle University Thessaloniki Greece (Greece)

**Dr Giovanni Timossi**

Researcher and Entomologist - World Biodiversity Association (WBA) (Italy)

**Professor/Dr Antonios Tsagkarakis**

Professor of Agricultural and Productive Entomology - Agricultural University of Athens (Greece)

**Dr Georgios Tsoktouridis**

Researcher in Plant Cell Tissue Culture &amp; Genomics in Floriculture - Institute of Plant Breeding and Phylogenetic Resources (Greece)

**Professor Aleksandar Uzunov**

Professor of Honey Bee Biology and Beekeeping - Ss Cyril and Methodius University in Skopje (Macedonia)

**Dr Bernard Vaissière**

Research Scientist - Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) (France)

**Dr Louise Vandelac**

Professor and Researcher Sociology and Institute for Environmental Sciences - Université du Québec à Montréal (UQAM) (Canada)

**Professor Patricia Vit**

Professor in Food Science - Food Science Department, Faculty of Pharmacy and Bioanalysis - Universidad de Los Andes (Venezuela)

**François Warlop**

Agronomist (organic farming) - Innovation et Recherche en Fruits et Légumes (IRFEL) (France)

**Dr Benjamin A. Woodcock**

Researcher in Ecology and Entomologist - Centre for Ecology & Hydrology (UK)

**Professor/Dr Johann Zaller**

Professor of Ecology - University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU) (Austria)

**Dr Paula Zermoglio**

Researcher of Biology - Universidad Nacional de Río Negro - (Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas Y Tecnicas) (Argentina)

**EXPERTS****Romina Baroni**

Independent Beekeeper - Villa Lagarina TN (Italy)

**Adam Breasley**

Biotechnology, Human Rights (Australia)

**June Rebekka Bresson**

Campaigner, MSc Integrated Food Studies - NOAH - Friends of the Earth Denmark (Denmark)

**Dr Robert Chlebo**

Professor of Apiculture - Slovak University of Agriculture in Nitra (Slovakia)

**Dr Danny Clicerì**

Science Coordinator - Resilient Bee Project (Italy)

**Ana Di Pangraccio**

Lawyer - Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) (Argentina)

**Akiko Frid**

Member of GMO - Free Regions (Sweden)

**Renato Galli**

Independent Beekeeper - La Risorgiva (Italy)

**Ratia Gilles**

International Consultant at Apiservices (France)

**Aikaterini Karatasou**

Veterinarian and Advisor - Federation Of Greek Beekeepers Associations (Greece)

**Naomi Kosmehl**

Public relation leads of Save Our Seeds / Gene Drives (Germany)

**Nicolas Laarman**

Director General - POLLINIS (France)

**Souparna Lahiri**

Climate and Biodiversity Policy Advisor - Global Forest Coalition (India)

**Dr Carla Marangoni**

Curator - Museum of Zoology (Italy)

**Giuseppe Monaco**

Independent Beekeeper - Apis Puglia APS (Italy)

**Barbara Ntambirweki**

Researcher and Lawyer - ETC Group (Uganda)

**Dana Perls**

Senior Food and Agriculture Program Manager, speciality in Emerging Technologies - Friends of the Earth (USA)

**Anne Petermann**

Executive Director - Global Justice Ecology Project (USA)

**Barbara Pilz**

Campaign Manager - Save our Seeds (SOS) (Germany)

**Silvia Ribeiro**

Latin America Director - ETC Group (Mexico)

**Rachele Spezia**

Member of Federazione Apicoltori Italiani (Italy)

**Ali Tapsoba**

President of Terre à Vie (Burkina Faso)

**Jim Thomas**

Research Director (Technology and Synthetic Biology) - ETC Group (Canada)

**Christine von Weizsaecker**

President of European Network for Ecological Reflection and Action (Ecoropa) (Germany)

**Dr Tom Wakeford**

Regional Director - ETC group (UK)

**Dr Catherine Wattiez**

GMOs and pesticides campaigner at Nature et Progrès Belgique (Belgium)

**Friedrich Wulf**

International Biodiversity Campaigner - Friends of the Earth Europe (Switzerland)

**ORGANISATIONS**

**African Center for Biodiversity**

**ETC Group**

**Friends Of the Earth US**

**GMWatch (UK and International)**

**Save Our Seed (SOS Group)**

**Terre à Vie**

**Vigilance OGM**

Nous remercions la Dr Eva Sirinathsingji, le Professeur Lucas Garibaldi, la Dr Angelika Hilbeck et la Dr Ricarda Steinbrecher pour leurs conseils scientifiques, ainsi que le Dr Tom Wakeford et Dana Perls pour leurs commentaires avisés.

1. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). CBD Technical Series No. 100. Synthetic Biology. Montreal: CBD.; April 2022.
2. Garibaldi L, Oddi J, Miguez F, Bartomeus I, Orr M, Jobbágy E, *et al.* Working landscapes need at least 20% native habitat. *Conservation Letters*. 2020;14(2):e12773.
3. European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility, Critical Scientists Switzerland, Vereinigung Deutscher Wissenschaftler. Gene Drives. A report on their science, applications, social aspects, ethics and regulations. 2019.
4. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty and Aligning Research with Public Values. Washington DC: The National Academies Press.; 2016.
5. Eckerstorfer M, Dolezel M, Greiter A, Miklau M, Heissenberger A, Steinbrecher R. Risk Assessment of Plants developed by new Genetic Modification Techniques (nGMs) Biosafety Considerations for Plants developed by Genome Editing and other new Genetic Modification... Bonn, Germany: BfN. Federal Agency for Nature Conservation.; 2020. Contract No.: BfN-Skripten 592.
6. United Nations General Assembly. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. 1992. Contract No.: A/CONF.151/26 (Vol. I).
7. Ollerton J. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. *Annual Reviews*. 2017;48:353-76.
8. Zattara E, Marcelo A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*. 2021;4(1):114 - 23.
9. Nieto A, Roberts S, Kemp J, Rasmont P, Kuhlmann M, García Criado M, *et al.* European Red List of Bees. Luxembourg: European Commission; 2014.
10. Hallmann C, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, *et al.* More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoSOne*. 2017.
11. Sánchez-Bayo F, Wyckhuys K. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*. 2019;232(April):8-27.
12. Potts S, Biesmeijer J, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin W. Global pollinator declines: trends, impacts and driver. *Trends in Ecology and Evolution*. 2010;25(6):345-53.
13. Van Swaay C, Cuttelod A, Collins S, Maes D, López Munguira M, Šaši M, *et al.* Red List of Butterflies. European Luxembourg; 2010.
14. IUCN. IUCN's Red List of Threatened Species 2022 [Available from: <https://www.iucnredlist.org/about>].
15. González-Varo J, Biesmeijer J, Bommarco R, Potts S, Schweiger O, Smith H, *et al.* Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution*, 28, 524-534. *Trends in Ecology & Evolution*. 2013;28(9):524-30.
16. Vanbergen A. The Insect Pollinators Initiative. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013;11(251-259).
17. IPBES. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, ; 2016.
18. Dicks L, Breeze T, Ngo H, Senapathi D, An J, Aizen M, *et al.* A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature ecology and evolution*. 2021;5:1453-61.
19. Carvalheiro L, Kunin W, Keil P, Aguirre-Gutiérrez J, Ellis W, Fox R, *et al.* Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters*. 2013;16(7):870-8.
20. Senapathi D, Carvalheiro L, Biesmeijer J, Dodson C-A, Evans R, McKerchar M, *et al.* The impact of over 80 years of land cover changes on bee and wasp pollinator communities in England. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015;282(20150294).
21. Kiestler A, Lande R, Schemske D. Models of Coevolution and Speciation in Plants and Their Pollinators. *The American Naturalist* 1984;124(2):220-43.
22. Hu S, Dilcher D, Jarzen D, Winship T. Early steps of angiosperm pollinator coevolution. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008;105(1):24-245.
23. Huaylla C, Nacif M, Coulin C, Kuperman M, Garibaldi L. Decoding information in multilayer ecological networks: The keystone species case, . Volume 460, 2021, 109734, ISSN 0304-3800, Ecological Modelling. 2021;460(109734).
24. Garibaldi A, Turner N. Cultural Keystone Species: Implications for Ecological Conservation and Restoration. *Ecology and Society*.9(3):Art. 1.
25. Ollerton J, Winfree R, Tarrant S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*. 2011;120:320-6.
26. IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany: IPBES Secretariat; 2019.
27. Biesmeijer J, Roberts S, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, *et al.* Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*. 2006;313(5785):351-4.
28. Vanbergen A. Causes and consequences of pollinator decline. Brussels: Belgium Science Policy Office (BELSPO); 2018.
29. Klein A, Vaissière, Cane J, Steffan-Dewenter I, Cunningham S, Kremen C, *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 2006;274:303-13.
30. Garibaldi L, Pérez-Méndez N, Garratt M, Gemmill-Herren B, Miguez F, Dicks L. Policies for Ecological Intensification of Crop Production. *Trends in Ecology & Evolution*. 2019;34(4):282-6.
31. Chagnon M, Gingras J, de Oliveira D. Complementary Aspects of Strawberry Pollination by Honey and IndigenQus Bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*. 1993;86(2):416-20.
32. Fontaine C, Dajoz I, Meriguet J, Loreau M. Functional Diversity of Plant-Pollinator Interaction Webs Enhances the Persistence of Plant Communities. *PLOS Biology*. 2005;4(1):e1.
33. Hoehn P, Tscharnkte T, Tylianakis J, Steffan-Dewenter I. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield *Proc R Soc B*. 2008;275(1648).
34. Garibaldi L, Steffan Dewenter I, Kremen C, Morales J, Bommarco R, Cunningham S, *et al.* Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*. 2011;14:1062-72.
35. Bartomeus I, Park M, Gibbs J, Danforth B, Lakso A, Winfree R. Biodiversity ensures plant-pollinator phenological synchrony against climate change *Ecology Letters*. 2013;16:1331-8.
36. Potts S, Imperatriz-Fonseca V, Ngo H, Aizen M, Biesmeijer J, Breeze T, *et al.* Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*. 2016;540:220-9.
37. Kevan P, Phillips T. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 2001;5(1):8.
38. Smith M, Singh G, Mozaffarian D, Myers S. Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. *The Lancet*. 2015;386(10007):P1964-72.
39. Stenchly K, Hansen M, Stein K, Buerkert A, Loewenstein W. Income vulnerability of west african farming households to losses in pollination services: a case study from Ouagadougou, Burkina Faso. *Sustainability*. 2018;10(4253).
40. Chaplin-Kramer R, Sharp R, Weil C, Bennett E, Pascual U, Arkema K, *et al.* Global modeling of nature's contributions to people. *Science*. 2019;366:255-8.

41. Aizen M, Aguiar S, Biesmeijer J, Garibaldi L, Inoué D, Jung C, *et al.* Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Global change biology*. 2019;25(10):3516-27.
42. Dias B, Raw A, Imperatri-Fonseca V. International Pollinators Initiative: The São Paulo Declaration on Pollinators. Brasília: Brazilian Ministry of the Environment; 1999.
43. Convention on Biological Diversity. COP5 Decision V/5. Retired sections: paragraphs 1-2, 8, 20-21 and 28-29. Agricultural biological diversity: review of phase I of the programme of work and adoption of a multi-year work programme. 1999.
44. CBD. Report of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice on its Twenty-Third Meeting. Montreal: CBD.
45. Wells M, Steinbrecher R. Current and proposed insect targets for gene drive development. A tabular overview. *EcoNexus*; 2022.
46. ETC Group. Forcing the Farm. How Gene Drive Organisms Could Entrench Industrial Agriculture and Threaten Food Sovereignty. 2018.
47. Lester P, Bulgarella M, Baty J, Dearden P, Guhlin J, Kean J. The potential for a CRISPR gene drive to eradicate or suppress globally invasive social wasps. *Scientific Reports*. 2020;10(12398).
48. Koutroumpa F, François M, de Cian A, Royer C, Concordet J, Jacquin-Joly E. Heritable Genome Editing with CRISPR/ Cas9 Induces Anosmia in a Crop Pest Moth. *Scientific Reports*. 2016;6(29620).
49. Esvelt K. Readings: Gene Drives And CRISPR Could Revolutionize Ecosystem Management Wyss Institute 2014.
50. Bier E, Gantz V, Hedrick S, inventorsMethods for Autocatalytic Genome Editing and Neutralizing Autocatalytic Genome Editing and Compositions Thereof. USA2017.
51. Esvelt K, Gemmell N. Conservation demands safe gene drive. *PLoS Biology*. 2017;15.
52. Honeybee Genome Sequencing Consortium. Insights into social insects from the genome of the honeybee *Apis mellifera*. *Nature*. 2006;443(7114):931-49.
53. Yang Q, Tae-Sung P, Bumkyu L, Myung-Ho L. Unusual Removal of T-DNA in T1 Progenies of Rice after *Agrobacterium*-mediated CRISPR/Cas9 Editing. *Research Square*. 2022.
54. Fu Y, Foden J, Khayter C, Maeder M, Reyon D, Joung J, *et al.* High-frequency off-target mutagenesis induced by CRISPR-Cas nucleases in human cells. *Nat Biotechnol*. 2013;31(9):822-6.
55. Gelinsky E, Hilbeck A. European Court of Justice ruling regarding new genetic engineering methods scientifically justified: a commentary on the biased reporting about the recent ruling. *Environmental Sciences Europe*. 2018;30(52).
56. Adikusuma F, Piltz S, Corbett M, Turvey M, McColl S, Helbig K, *et al.* Large deletions induced by Cas9 cleavage. *Nature*. 2018;560:8-9.
57. Kosicki M, Tomberg K, Bradley A. Repair of double-strand breaks induced by CRISPR-Cas9 leads to large deletions and complex rearrangements. *Nature Biotechnology*. 2018;36:765-71.
58. Steinbrecher R, Paul H. New Genetic Engineering Techniques: Precaution, Risk, and the Need to Develop Prior Societal Technology Assessment. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. 2017;3(59):38-47.
59. Wells M, Steinbrecher R. Natural selfish genetic elements should not be defined as gene drives. *PNAS*. 2022;119(34):e2201142119.
60. Courtier-Orgogozo V, Danchin A, Gouyon P, Boëte C. Evaluating the Probability of CRISPR-based Gene Drive Contaminating Another Species. *bioRxiv*. 2019.
61. CBD. Synthetic Biology. Part I: Potential impacts of synthetic biology on biological diversity. Part II: Gaps and overlaps with the provisions of the convention and other agreements. Montreal; 2015. Contract No.: CBD Technical Series No. 82.
62. Dröge M, Pühler A, Selbitschka W. Horizontal gene transfer as a biosafety issue: a natural phenomenon of public concern. *J Biotechnology*. 1998;64(1):75-90.
63. Heinemann J, Traavik T. Problems in monitoring horizontal gene transfer in field trials of transgenic plants. *Nat Biotechnol*. 2004;22(9):1105-9.
64. Hayes K, Hosack G, Dana G, Foster S, Ford J, Thresher R, *et al.* Identifying and detecting potentially adverse ecological outcomes associated with the release of gene-drive modified organisms. *Journal of Responsible Innovation*. 2018;5(51):S139-S58.
65. Reeves R, Phillipson M. Mass Releases of Genetically Modified Insects in Area-Wide Pest Control Programs and Their Impact on Organic Farmers. *Sustainability*. 2017;9(59).
66. Sirinathsinghji E. Risk assessment challenges of synthetic gene drive organisms. *Biosafety Information Centre*; 2020.
67. Sirinathsinghji E, Klein K, Perls D. Gene-Silencing Pesticides. Risks and Concerns. *Friends of the Earth USA*; 2020.
68. Li X, Liu X, Lu W, Yin X, An S. Application progress of plant-mediated RNAi in pest control. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022;10(963026).
69. OECD. BioTrack Product Database [Available from: <https://biotrackproductdatabase.oecd.org/Product.aspx?id=MON-87411-9>].
70. Jalaluddin N, Othman R, Harikrishna J. Global trends in research and commercialization of exogenous and endogenous RNAi technologies for crops. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2019;39(1).
71. Mogilicheria K, Howell J, Reddy Palli S. Improving RNAi in the Brown Marmorated Stink Bug: Identification of target genes and reference genes for RT-qPCR. *Scientific Reports*. 2018;8(3720).
72. Chen J, Peng Y, Zhang H, Wang K, Zhao C, Zhu G, *et al.* Off-target effects of RNAi correlate with the mismatch rate between dsRNA and non-target mRNA. *RNA Biol*. 2021;18(11):1747-59.
73. Casacuberta J, Devos Y, du Jardin P, Ramon M, Vaucheret H, Nogué F. Biotechnological uses of RNAi in plants: risk assessment considerations. *Trends Biotechnol*. 2015;33(3):145-7.
74. Kovarik J, inventorMethod and System for Protecting Honey Bees, Bats and Butterflies From Neonicotinoid Pesticides. US2016.
75. In the pipeline: protecting the honeybee [press release]. 2019.
76. Hunter W, Ellis J, Vanengelsdorp D, Hayes J, Westervelt D, Glick E, *et al.* Large-scale field application of RNAi technology reducing Israeli acute paralysis virus disease in honey bees (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apidae). *PLoS Pathogens*. 2010;6(12).
77. Kovács-Hostyánszki A, Espíndola A, Vanbergen A, Settele J, Kremen C, Dicks L. Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology Letters* 2017;20(673-689).