

Conclusions de l'Évaluation Intégrée Mondiale sur les risques des néonicotinoïdes et du fipronil pour la diversité et le fonctionnement des écosystèmes

Traduction par **Christian Pacteau** (LPO référent pesticides biodiversité)

Texte original (version anglaise) publié dans *Environmental Science and Pollution Research*, 2014.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3229-5>

Auteurs :

Van der Sluijs, J.P.¹, Amaral-Rogers, V.², Belzunces, L.P.³, Bijleveld van Lexmond, M.F.I.J.⁴, Bonmatin, J-M.⁵, Chagnon, M.⁶, Downs, C.A.⁷, Furlan, L.⁸, Gibbons, D.W.⁹, Giorio, C.¹⁰, Girolami, V.¹¹, Goulson, D.¹², Kreutzweiser, D.P.¹³, Krupke, C.¹⁴, Liess, M.¹⁵, Long, E.¹⁴, McField, M.¹⁶, Mineau, P.¹⁷, Mitchell, E.A.D.^{18,19}, Morrissey, C.A.²⁰, Noome, D.A.^{21,22}, Pisa, L.¹, Settele, J.^{23,24}, Simon-Delso, N.^{1,25}, Stark, J.D.²⁶, Tapparo, A.²⁷, Van Dyck, H.²⁸, van Praagh, J.²⁹, Whitehorn, P.R.³⁰, Wiemers, M.²³

Introduction :

L'utilisation des pesticides systémiques, en incluant leur usage prophylactique, ne cesse d'augmenter. Ils sont rémanents, neurotoxiques et les inquiétudes s'accroissent concernant la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes et les services éco-systémiques fournis par une large gamme d'espèces qu'ils affectent dans l'environnement.

De la combinaison de leur usage largement répandu et de leurs propriétés inhérentes, il résulte une contamination généralisée des sols agricoles, de la ressource en eau, des marais, de la végétation non-cible, des estuaires et des écosystèmes côtiers.

Dans le domaine des insecticides, la part du marché (du point de vue monétaire) des néonicotinoïdes et du fipronil représente 1/3 du marché mondial. Ils sont utilisés pour le contrôle des ravageurs sur des centaines de plantes cultivées en agriculture, en horticulture et foresterie. Ils sont largement utilisés pour contrôler les insectes ravageurs, les vecteurs de maladie des animaux de compagnie, sur le bétail, en aquaculture, contre les insectes ravageurs en milieu urbain ou dans l'habitat et la conservation du bois.

L'Évaluation Intégrée Mondiale, (*WIA, Worldwide Integrated Assessment*), présente la première synthèse de l'état des connaissances sur les risques pour la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes posés par l'usage global et généralisé des néonicotinoïdes et du fipronil. Cette synthèse est basée sur les résultats de plus de 800 articles scientifiques parus dans des revues à comité de lecture depuis 20 ans. Les auteurs ont respectivement évalué les tendances, les usages, les modes d'action et les métabolites (Simon-Delso et al. 2014), le devenir dans l'environnement et les expositions (Bonmatin et al. 2014), les effets sur les invertébrés non-cibles (Pisa et al. 2014), les effets directs et indirects sur les vertébrés sauvages (Gibbons et al. 2014), les risques pour le fonctionnement des écosystèmes et pour les services éco-systémiques (Chagnon et al. 2014) et la synthèse a finalement exploré des pratiques soutenables ou durables du contrôle des ravageurs qui peuvent être des alternatives à l'usage des néonicotinoïdes et du fipronil (Furlan and Kreutzweiser 2014)

Mode d'action, devenir environnemental et expositions

Les néonicotinoïdes et le fipronil opèrent en perturbant la transmission nerveuse dans le système nerveux central des organismes. Ces deux types de pesticides ont des effets létaux et une large gamme d'impacts négatifs sublétaux sur les invertébrés, mais aussi sur les vertébrés. Le plus important est la haute affinité avec laquelle les insecticides néonicotinoïdes se lient de façon agoniste au récepteur nicotinique de l'acétylcholine, de telle sorte qu'une exposition à faible dose, sur une longue période peut entraîner des effets négatifs substantiels.

En conséquence de leur usage largement répandu, ces substances sont trouvées dans tous les compartiments de l'environnement : sol, eau et air. La contamination environnementale se produit par un grand nombre de voies disparates : les poussières générées par les semoirs de semences enrobées ; la contamination et l'accumulation dans les sols et l'eau des sols ; le ruissellement vers les eaux de surface et souterraines ; l'absorption des insecticides par les plantes non-cibles *via* leurs racines, suivie par leur translocation dans les pollens et les nectars, les fluides de la guttation, etc. ; la poussière et les dépôts de pulvérisation sur les feuilles, le vent ainsi que la dispersion par la médiation d'espèces transportant le pollen et le nectar contaminés de plantes traitées. La persistance dans les sols, les cours d'eau et les plantes non-cibles est variable mais peut être longue ; par exemple, la demi-vie des néonicotinoïdes dans les sols peut dépasser 1000 jours et ils peuvent persister dans les plantes ligneuses pour des périodes supérieures à un an.

Cette combinaison de persistance (pendant des mois ou des années) et de solubilité dans l'eau a conduit à une contamination à grande échelle. Le potentiel d'accumulation dans les sols et les sédiments est dans la gamme du ppb au ppm. Dans les cours d'eau (eau souterraine et de surface), elle est dans la gamme du ppt au ppb. Pour la végétation traitée et non traitée, on retrouve la gamme ppb-ppm.

Il existe des preuves solides que les sols, les cours d'eau et des plantes dans les milieux agricoles, urbains et les zones de drainage, sont contaminés avec des concentrations

environnementales très variables par des mélanges de néonicotinoïdes ou de fipronil et de leurs métabolites.

Il existe de multiples voies d'exposition chronique et aiguë pour de nombreux organismes non-cibles. Par exemple, les pollinisateurs (comme les abeilles) sont exposés à travers, au moins : un contact direct avec les poussières pendant les semences ; la consommation du pollen, du nectar, des gouttes de guttation, des nectaires extra-floraux, du miellat issu de plantes cultivées et traitées ; l'exposition à l'eau contaminée ; la consommation de pollens et de nectar contaminés provenant des fleurs et des arbres sauvages qui poussent près des cultures traitées ou des plans d'eau contaminés. L'étude des réserves dans les colonies d'abeilles à partir d'un éventail d'environnements très varié à travers le monde montre que les colonies sont régulièrement exposées de manière chronique aux néonicotinoïdes, au fipronil et à leurs métabolites (le plus généralement de l'ordre de 1 à 100 ppb), souvent en combinaison avec d'autres pesticides dont certains sont connus pour agir en synergie avec les néonicotinoïdes.

Effets sur les organismes non-cibles

Les impacts des pesticides systémiques sur les pollinisateurs sont particulièrement préoccupants. Chez les abeilles, il a été démontré que l'exposition aux doses réelles, dans un environnement contrôlé, nuit à la navigation individuelle, l'apprentissage, la collecte de nourriture, la longévité, la résistance aux maladies et la fécondité. Pour les bourdons, les effets au niveau de la colonie ont été clairement démontrés. Les colonies exposées ont une croissance plus lente et produisent beaucoup moins de reines.

Pour presque tous les insectes, la toxicité de ces insecticides est très élevée, y compris pour de nombreuses espèces qui sont importantes dans la lutte biologique contre les ravageurs. La sensibilité à l'effet toxique est moins claire avec des espèces non-insectes. Pour les annélides tels que les vers de terre, la CL50 est dans les parties inférieures de la gamme des parties par milliard (ppb) pour de nombreux néonicotinoïdes.

Sur le terrain, à des concentrations environnementales réalistes, les néonicotinoïdes et le fipronil peuvent avoir des effets négatifs sur la physiologie et la survie d'un large éventail d'invertébrés non-cibles, tant terrestres, aquatiques ou des zones humides, que des habitats marins et benthiques. Les effets sont principalement perçus dans les essais de toxicité en laboratoire, en utilisant un nombre limité d'espèces testées. Ces tests portent généralement sur les effets létaux à très court terme (tests à 48 ou 96 heures), tandis que les effets sublétaux écologiquement pertinents, tels que la réduction des capacités de vol, de la navigation ou de la recherche de nourriture et de la croissance, sont moins souvent décrits. Il est devenu clair que de nombreux tests utilisent des espèces inefficaces car insensibles (par exemple *Daphnia magna*) et que ces tests

ne sont pas suffisamment prolongés dans le temps pour représenter l'exposition chronique. Ces tests manquent donc de pertinence face aux situations environnementales réelles.

Notre étude montre un nombre croissant de preuves publiées qui mettent en évidence que ces insecticides systémiques présentent un risque grave de préjudice pour un large éventail de taxons d'invertébrés non-cibles, même à des concentrations souvent inférieures à celles prévues dans l'environnement. Il en résulte qu'un impact est prévisible sur les nombreuses chaînes alimentaires qu'ils soutiennent.

Nous avons examiné près de 150 études sur les effets directs (toxique) et indirects (par exemple sur la chaîne alimentaire) du fipronil et des néonicotinoïdes tels que l'imidaclopride et la clothianidine sur la faune des vertébrés - mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens et reptiles. Dans l'ensemble, à des concentrations pertinentes de scénarios d'exposition de terrain dans les champs semés avec des semences enrobées, l'imidaclopride et la clothianidine présentent des risques pour les petits oiseaux. L'ingestion de seulement quelques semences traitées peut causer la mort ou des troubles de la reproduction sur des espèces d'oiseaux sensibles. Certaines concentrations environnementales de fipronil ont été suffisamment élevées pour potentiellement nuire aux poissons. Ces insecticides exercent des effets sublétaux, allant des effets génotoxiques et cytotoxiques à l'altération de la fonction immunitaire, la réduction de la croissance ou de la capacité de reproduction. En outre, ces effets se produisent souvent à des concentrations bien inférieures à celles associées à la mortalité directe. C'est une tendance pour de nombreux taxons, rapportée dans la littérature analysée : la survie à court terme n'est pas un indicateur pertinent de la mortalité mesurée sur le long terme, ni de l'altération des fonctions et services éco systémiques rendus par les organismes impactés.

Malgré l'insuffisance de recherche et la difficulté d'attribuer une causalité à un effet observé, les effets indirects peuvent être aussi importants que les effets toxiques directs sur les vertébrés, voire peut-être plus important encore.

Les effets indirects sont rarement pris en compte dans les processus d'évaluation des risques et il y existe un manque de données malgré les effets (indirects) potentiels exercés au niveau des populations non-cibles.

Impacts sur le fonctionnement des écosystèmes et les services éco-systémiques

Les insecticides néonicotinoïdes et le fipronil sont fréquemment détectés dans les différents compartiments des milieux naturels (sol, eau, air) à des endroits où aucun bénéfice du contrôle des ravageurs n'est prévu ou attendu. Pourtant, ces espaces fournissent des ressources essentielles pour la biodiversité et sont connus pour être

menacés à long terme, ou en cas de contamination répétée. La littérature synthétisée dans cette évaluation intégrée démontre que la biodisponibilité à grande échelle de ces insecticides dans l'environnement mondial, est à des niveaux qui sont connus pour causer des effets létaux et sublétaux sur une large gamme de micro-organismes, d'invertébrés et de vertébrés terrestres (y compris du sol) et aquatiques. Les impacts au niveau des populations non-cibles ont été démontrés et sont susceptibles d'être observés à des concentrations environnementales pour les insectes pollinisateurs, les invertébrés du sol et les invertébrés aquatiques. Il y a un nombre croissant de preuves que ces effets présentent des risques pour le fonctionnement des écosystèmes, leur résilience et les services et fonctions fournis par les écosystèmes terrestres et aquatiques. Ces services et ces fonctions peuvent être : l'approvisionnement, la régulation, le support et la culture. Ils comprennent, entre autres : la formation des sols, la qualité des sols, le recyclage des nutriments, le traitement des déchets et l'assainissement, la pollinisation, le soutien de la chaîne alimentaire, la purification de l'eau, la régulation des parasites et des maladies, la dispersion des graines, les herbivores et le contrôle des mauvaises herbes, la fourniture de nourriture (y compris les poissons), enfin les bénéfices esthétiques et de loisirs.

Lacunes dans les connaissances

Bien que cette évaluation soit basée sur un nombre croissant de preuves publiées, certaines lacunes dans les connaissances demeurent. Ces composés ont été soumis à des tests réglementaires de sécurité dans un certain nombre de pays. Toutefois, plusieurs risques potentiels associés à l'échelle mondiale actuelle d'utilisation sont encore mal compris.

Pour la plupart des pays, il existe peu ou pas de sources de données publiquement disponibles sur les quantités de pesticides systémiques appliquées, ni sur leur localisation. Des données fiables sur les quantités utilisées sont pourtant une condition nécessaire pour une évaluation réaliste des impacts et des risques écologiques.

Le dépistage des résidus de néonicotinoïdes et de fipronil dans les milieux naturels est extrêmement limité en dépit de leur solubilité dans l'eau connue et de leur propension à se disperser. Pour les systèmes marins, il n'existe seulement que de rares données.

La toxicité à long terme sur la plupart des micro-organismes sensibles n'a pas été étudiée. Par exemple: les tests de toxicité ont été effectués sur seulement quatre des quelque 25 000 espèces d'abeilles connues dans le monde et il y a très peu d'études sur la toxicité pour les autres groupes de pollinisateurs tels que les syrphes ou les papillons. De même, les organismes du sol (au-delà des vers de terre) ont reçu peu d'attention, en dépit de leurs multiples rôles joués dans la formation et le maintien de la fertilité des sols. La toxicité pour les vertébrés (tels que les mammifères et les oiseaux qui sont susceptibles de

consommer les semences traitées) n'a été examinée que pour une poignée d'espèces.

Ces études toxicologiques qui ont été effectuées portent principalement sur les tests de toxicité aiguë. Ainsi les effets à long terme résultant d'expositions aiguë et chronique sont moins bien connus. Pourtant ils représentent le scénario le plus pertinent dans l'environnement pour tous les organismes des milieux agricoles et aquatiques.

À l'heure actuelle, aucune étude n'a abordé les effets additifs ou synergiques de l'exposition simultanée à plusieurs composés de la famille des néonicotinoïdes ou autres. Les évaluations des risques sont effectuées pour chaque produit chimique séparément, alors que de nombreuses espèces non-cibles, tels que les pollinisateurs, sont simultanément exposés à de multiples néonicotinoïdes ainsi qu'à d'autres pesticides et facteurs de stress. En conséquence, les risques ont été systématiquement sous-estimés.

Les interactions entre les insecticides systémiques et d'autres facteurs de stress, tels que d'autres pesticides, des maladies ou le stress alimentaire, ont été explorés dans seulement un petit nombre de cas. Or ceux-ci ont révélé des effets synergiques importants. Par exemple, chez les abeilles, de faibles doses de néonicotinoïdes augmentent considérablement la sensibilité aux maladies virales.

Les impacts de ces insecticides systémiques sur la fourniture d'une vaste gamme de services écosystémiques sont encore incertains. L'accumulation dans le sol et les sédiments nous conduit à prédire des impacts sur la faune du sol, comme celle des vers de terre et les collemboles, qui peuvent à leur tour avoir des conséquences pour la santé des sols, la structure des sols, leur perméabilité et le cycle des éléments nutritifs. La contamination de la végétation des marges non cultivées par les poussières ou par le sol et les eaux de surface peut conduire à des impacts sur la faune qui a une valeur esthétique (par exemple les papillons) et est susceptible d'affecter les populations d'insectes bénéfiques importants qui offrent des services de pollinisation ou antiparasitaires (par exemple les syrphes et les coléoptères prédateurs). L'appauvrissement général des populations d'insectes des terres agricoles et des milieux aquatiques est susceptible d'affecter les espèces insectivores comme les oiseaux et les chauves-souris. La contamination de l'eau douce peut réduire la ressource alimentaire en invertébrés pour les poissons, et ainsi impacter la pêche. La même chose peut s'appliquer aux systèmes marins côtiers et poser potentiellement de graves menaces sur les récifs coralliens et les estuaires de marais salants. Aucun de ces scénarios n'a été étudié.

Les avantages agronomiques à court et long terme fournis par les néonicotinoïdes et le fipronil ne sont pas clairs. Compte tenu de leur taux d'utilisation, le faible nombre d'études publiées évaluant leur intérêt pour les rendements

ou leur rapport coût-efficacité, est frappant. Certaines études récentes suggèrent que leur utilisation n'offre pas de gain net, voire conduit à une perte économique nette sur certaines cultures. Il n'est actuellement pas possible de savoir ce que serait l'impact sur l'agriculture si ces pesticides systémiques n'étaient pas, ou moins utilisés (bien que le retrait partiel récent de trois néonicotinoïdes dans l'Union Européenne offre une occasion pour réaliser cette évaluation).

Compte tenu de ces lacunes, il est impossible d'évaluer correctement l'ampleur des risques associés à l'utilisation continue des insecticides systémiques, mais les éléments de preuve examinés dans le WIA suggèrent que, bien que les risques affectent de nombreux taxons, les avantages n'ont pas été clairement démontrés dans les systèmes agricoles où ces composés sont les plus intensivement utilisés.

Conclusion générale

La littérature existante montre clairement aujourd'hui que le niveau de pollution par les néonicotinoïdes et le fipronil, résultant des seuls usages autorisés, dépasse souvent les plus faibles concentrations pour lesquelles un effet nocif est observé pour un large éventail d'espèces non-cibles et qu'ils sont donc susceptibles d'avoir une large gamme d'incidences biologiques et écologiques négatives.

La combinaison de leur utilisation prophylactique, de leur persistance, de leur mobilité, de leurs propriétés systémiques et de leur toxicité chronique, permet de prévoir des impacts considérables sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes.

L'ensemble des preuves examinées indique que l'échelle actuelle d'utilisation des néonicotinoïdes et du fipronil n'est pas une approche de gestion de la lutte antiparasitaire durable et qu'elle compromet les actions de nombreuses parties prenantes dans le maintien et le soutien de la biodiversité, et par suite, des fonctions et les services écologiques rendus par divers organismes.

Dans les milieux agricoles modernes, il est de plus en plus clair que les traitements insecticides néonicotinoïdes et

References :

Bonmatin J-M, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser D, Krupke C, Liess M, Long E, Marzaro M, Mitchell E, Noome D, Simon-Delso N, Tapparo A (2014) Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. Environ Sci Pollut Res. doi:[10.1007/s11356-014-3332-7](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7)

Chagnon M, Kreutzweiser DP, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, van der Sluijs JP (2014) Risks of large scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. Environ Sci Pollut Res. doi:[10.1007/s11356-014-3277-x](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3277-x)

Furlan L and Kreutzweiser DP (2014) Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry. Environ Sci Pollut Res. doi:[10.1007/s11356-014-3628-7](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3628-7)

fipronil – en incluant les applications prophylactiques – sont incompatibles avec l'état d'esprit qui a conduit à l'élaboration des principes de gestion intégrée des ravageurs (IPM) (*Integrated Pest Management*). Bien que les approches de lutte intégrée ont toujours inclu des outils insecticides, il existe d'autres approches qui peuvent être efficacement intégrées avec l'IPM, en attribuant aux produits chimiques la position de dernier recours dans la chaîne des options préférentielles qui doivent être appliquées en premier lieu. La pratique actuelle de traitement des semences est à l'opposé : elle applique le traitement chimique en première intention.

En raison des propriétés de persistance et de systémie du fipronil et des néonicotinoïdes, de leurs effets qui en découlent et de la charge environnementale qui en résulte, ces composés sont incompatibles avec la gestion intégrée des ravageurs (IPM).

Recommandations

Les auteurs suggèrent que les organismes de réglementation considèrent l'application des principes de prévention et de précaution pour resserrer davantage la réglementation sur les néonicotinoïdes et le fipronil. Ils suggèrent d'envisager l'établissement de plans pour une réduction substantielle de l'usage de ces insecticides à l'échelle mondiale.

La poursuite des recherches de solutions alternatives est encouragée, mais il faut aussi insister sur la nécessité de l'éducation des agriculteurs, des autres pratiquants et sur la nécessité de politiques et de réglementations pour encourager l'adoption de stratégies agricoles alternatives pour lutter contre les ravageurs.

L'adéquation des processus de réglementation dans plusieurs pays pour l'approbation des pesticides doit être étroitement examinée et tenir compte les erreurs du passé. Par exemple, d'autres insecticides organochlorés comme le DDT ont été utilisés partout dans le monde avant que leur persistance, leur bioaccumulation et leurs effets perturbateurs du fonctionnement des écosystèmes soient reconnus, et avant qu'ils soient interdits dans la plupart des pays.

Gibbons D, Morrissey C and Mineau P (2014) A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environ Sci Pollut Res*. doi:[10.1007/s11356-014-3180-5](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3180-5)

Pisa L, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin J-M, Downs C, Goulson D, Kreutzweiser D, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey C, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark J, van der Sluijs, van Dyck H, Wiemers M (2014) Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut Res*. doi:[10.1007/s11356-014-3471-x](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x)

Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Chagnon M, Downs C, Furlan L, Gibbons DW, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke C, Liess M, Long E, McField M, Mineau P, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, Pisa L, Settele J, Stark JD, Tapparo A, van Dyck H, van Praagh J, van der Sluijs JP, Whitehorn PR and Wiemers M (2014) Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ Sci Pollut Res*. doi:[10.1007/s11356-014-3470-y](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y)

1. Environmental Sciences, Copernicus Institute, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, The Netherlands
2. Buglife, Bug House, Ham Lane, Orton Waterville, Peterborough PE2 5UU, United Kingdom
3. INRA, UR 406 Abeilles & Environnement, Laboratoire de Toxicologie Environnementale, Site Agroparc, 84000 Avignon, France
4. 46 Pertuis-du-Sault, 2000 Neuchâtel, Switzerland
5. Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Biophysique Moléculaire, rue Charles Sadron 45071 Orléans Cedex 02, France
6. Université du Québec À Montréal, Département des sciences biologiques, Case Postale 8888, succursale Centre-ville, Montréal (Québec), Canada H3C 3P8
7. Haereticus Environmental Laboratory, P.O. Box 92, Clifford, VA 24533, United States of America
8. Veneto Agricoltura, Legnaro (PD), Italy
9. RSPB Centre for Conservation Science, RSPB, The Lodge, Sandy, Bedfordshire, SG19 2DL, United Kingdom
10. University of Cambridge, Department of Chemistry, Lensfield Road, CB2 1EW, Cambridge, UK
11. Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, Agripolis, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Padova, Italy
12. School of Life Sciences, University of Sussex, BN1 9RH, United Kingdom
13. Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, 1219 Queen Street East, Sault Ste Marie, Ontario, Canada, P6A 2E5
14. Department of Entomology, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907-2089, United States of America
15. UFZ, Department of System Ecotoxicology, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, 04318 Leipzig, Germany
16. Healthy Reefs for Healthy People Initiative, Smithsonian Institution, Belize City, Belize
17. Pierre Mineau Consulting, 124 Creekside Drive, Salt Spring Island, V8K 2E4, Canada
18. Laboratory of Soil Biology, University of Neuchâtel, Rue Emile Argand 11, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland
19. Jardin Botanique de Neuchâtel, Chemin du Perthuis-du-Sault 58, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland
20. Dept. of Biology and School of Environment and Sustainability, University of Saskatchewan, 112 Science Place, Saskatoon, Saskatchewan, S7N 5E2, Canada
21. Task Force on Systemic Pesticides, Pertuis-du-Sault, 2000 Neuchâtel, Switzerland
22. Kijani, Kasungu National Park, Private Bag 151, Lilongwe, Malawi
23. UFZ, Helmholtz-Centre for Environmental Research, Department of Community Ecology, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle, Germany
24. iDiv, German Centre for Integrative Biodiversity Research, Halle-Jena-Leipzig, Deutscher Platz 5e, 04103 Leipzig, Germany
25. Beekeeping Research and Information Centre (CARI), Place Croix du Sud 4, 1348 Louvain la Neuve, Belgium
26. Puyallup Research and Extension Centre, Washington State University, Puyallup, WA, 98371, United States of America
27. Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Scienze Chimiche, via Marzolo 1, 35131 Padova, Italy
28. Behavioural Ecology and Conservation Group, Biodiversity Research Centre, Université Catholique de Louvain (UCL), Croix du Sud 4-5 bte L7.07.04, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium
29. Scientific Advisor, Hassellstr. 23, D-29223 Celle, Germany
30. School of Natural Sciences, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, UK