



HAL
open science

Contamination de l'environnement par les produits phytopharmaceutiques en France : approches bibliographiques et bibliométriques

Christelle Margoum, Anne Laure Achard, Carole Bedos, Morgane Le Gall,
Dominique Munaron, Sylvie Nelieu, Stéphane Pesce

► To cite this version:

Christelle Margoum, Anne Laure Achard, Carole Bedos, Morgane Le Gall, Dominique Munaron, et al.. Contamination de l'environnement par les produits phytopharmaceutiques en France : approches bibliographiques et bibliométriques. 50e congrès du Groupe Français de recherche sur les Pesticides : Pesticides et agriculture durable, comment les concilier, Groupe Français de recherche sur les Pesticides, May 2022, Namur, Belgique. hal-04344632

HAL Id: hal-04344632

<https://hal.science/hal-04344632>

Submitted on 19 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Contamination de l'environnement par les produits phytopharmaceutiques en France : approches bibliographiques et bibliométriques

Margoum Christelle (1), Achard Anne-Laure (2), Bedos Carole (3), Le Gall Morgane (4) Munaron Dominique (5), Néliu Sylvie (3), Pesce Stéphane (1)

- (1) INRAE UR RiverLy, 5 rue de la Doua, 69100 Villeurbanne – christelle.margoum@inrae.fr
- (2) INRAE département AQUA, 5 rue de la Doua, 69100 Villeurbanne
- (3) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Ecosys, 78850 Thiverval-Grignon
- (4) Ifremer, Information Scientifique et Technique, Bibliothèque La Pérouse, 29280 Plouzané
- (5) MARBEC, Ifremer, Univ Montpellier, CNRS, IRD, 34200 Sète

Résumé

INRAE et l'Ifremer ont été sollicités pour réaliser un état des lieux des connaissances scientifiques relatives aux impacts des produits phytopharmaceutiques (PPP) sur la biodiversité et les services écosystémiques. Un groupe de travail composé d'experts scientifiques et de documentalistes s'est plus particulièrement intéressé aux questions liées à la contamination des différents compartiments de l'environnement par les PPP (milieux terrestres et aquatiques, atmosphère). Sont présentés ici, la démarche bibliographique mise en place pour répondre aux questions de la saisine, puis l'étude bibliométrique des documents analysés et enfin une synthèse des principaux résultats et perspectives de recherche.

Mots-clés : expertise collective, pesticides, exposition, sol, eau continentale, mer, biote

Contexte

Les Ministères français en charge de la Transition Ecologique, de l'Agriculture et de la Recherche ont mandaté les instituts de recherche INRAE et Ifremer pour piloter entre 2020 et 2022 une expertise scientifique collective (ESCo) pour évaluer l'état des connaissances concernant les effets non intentionnels des produits phytopharmaceutiques (PPP) sur la biodiversité et les services écosystémiques dans le contexte français. Parmi l'ensemble des questions scientifiques abordées dans le cadre de cette ESCo, un volet concernait plus spécifiquement la contamination de l'environnement par tous les PPP hors biocides en France, y compris outre-mer, en considérant à la fois les sols, les milieux aquatiques continentaux et marins, l'air, ainsi que les organismes biologiques associés à chacun de ces compartiments. Il s'agissait, en s'appuyant sur les données recueillies dans la littérature, de dresser l'état des lieux des connaissances sur la contamination, d'évaluer son évolution au cours des vingt dernières années, mais également d'identifier les

principales sources de PPP dans l'environnement ainsi que les développements méthodologiques mis en œuvre pour améliorer les connaissances.

Nous présentons ici d'une part la démarche bibliographique mise en œuvre par des scientifiques et des documentalistes pour répondre à ces questions ainsi que l'analyse bibliométrique qui en a résulté, et d'autre part quelques résultats et perspectives de recherche issus de ce travail d'expertise qui s'inscrit dans les questionnements plus larges abordés dans le cadre de l'ESCo.

Méthodologie bibliographique

La procédure mise en œuvre s'appuie sur les « Principes de conduite des expertises scientifiques » (Donnars et al., 2021). La recherche bibliographique initiale a été réalisée grâce à la co-construction entre scientifiques et documentalistes de requêtes couvrant la période 2000-2020, sur la base de mots-clés appartenant à quatre catégories : i) le vocabulaire lié à la contamination de l'environnement, ii) les différentes familles de contaminants considérées dans l'ESCo (PPP organiques, inorganiques, biocontrôle), iii) les termes relatifs à chacun des quatre compartiments (sol, milieu aquatique continental et marin, air) et iv) les zones géographiques (France, métropole et outre-mer ; jardins, espaces végétalisés et infrastructures - JEVI). Les combinaisons de requêtes ont ensuite été appliquées dans le Web of Science (WoS) en ciblant le titre des articles, les mots-clés des auteurs et en étendant la recherche aux résumés dans un premier temps

A titre d'exemple, est présentée ci-dessous la combinaison des requêtes pour la contamination par les PPP en milieu aquatique continental (avec TI : recherche dans le titre, AK : recherche dans les mots-clés auteurs, AB : recherche dans le résumé auteur, PY : période considérée, TS : recherche titre, mots-clés et résumé et NOT : pour exclure de la recherche) :

Requête contamination : (TI=(contamin* or concentrat* or bioaccumul* or monitor* or pollut* or fate or residu* or dissipat* or occur* or behavi*) OR AK=(contamin* or concentrat* or bioaccumul* or monitor* or pollut* or fate or residu* or dissipat* or occur* or behavi*) OR AB=(contamin* or concentrat* or bioaccumul* or monitor* or pollut* or fate or residu* or dissipat* or occur*)) NOT TS=("crop residu*") NOT AK=("crop residu*") NOT AB=("crop residu*")

Requête contaminants : (TI=(pesticid* or herbicid* or insecticid* or nematocid* or helmintocid* or fungicid* or bactericid* or Acaricide or Algicide or Attractant or Desiccant or Elicitor or Molluscicide or Rodenticide or biopesticide* or "phytosanitary product\$" OR "plant protection product*" OR "plant protection compound\$" or "phytosanitary compound\$" or "phytopharmaceut* compound\$" or "phytopharmaceut* product\$") OR AK=(pesticid* or herbicid* or insecticid* or nematocid* or helmintocid* or fungicid* or bactericid* or Acaricide or Algicide or Attractant or Desiccant or Elicitor or Molluscicide or Rodenticide or biopesticide* or "phytosanitary product\$" OR "plant protection product*" OR "plant protection compound\$" or "phytosanitary compound\$" or "phytopharmaceut* compound\$" or "phytopharmaceut* product\$"))

Requête milieu aquatique continental : TI=(water* or floodplain* or "flood plain*" or fluvial* or impoundment* or "inland water" or lagoon* or lake* or lentic* or lotic* or marsh* or pond* or reservoir* or riparian* or river* or springs or stream\$ or swamp* or "water body" or wetland* or watershed or sediment or channel or freshwater or "suspended

matter*" or "suspended particul*" or ditch*) OR AK=(water* or floodplain* or "flood plain*" or fluvial* or impoundment* or "inland water" or lagoon* or lake* or lentic* or lotic* or marsh* or pond* or reservoir* or riparian* or river* or springs or stream\$ or swamp* or "water body" or wetland* or watershed or sediment or channel or freshwater or "suspended matter*" or "suspended particul*" or ditch*)

Période et périmètre géographique : TS=(france or french) AND PY=(2000-2020)

Démarche bibliométrique

Documents du corpus

La combinaison de plus de 50 requêtes différentes sous le WoS a abouti à la constitution d'un premier corpus, très large, constitué de plus de 100 000 références. Plusieurs étapes de tris ont été réalisées par les experts pour raffiner progressivement ce corpus bibliographique (Figure 1). La suppression des interrogations sur les champs résumés dans les compartiments sol et eau continentale a permis de réduire à 10926 références uniques. Les étapes suivantes de tri ont finalement permis de retenir 181 articles pertinents soit 0,2% de la recherche initiale. Le corpus a ensuite été complété par des références permettant d'actualiser sur les années 2021 et début 2022, d'intégrer la littérature grise connue des experts et d'ajouter des références absentes du WoS comme des rapports, des articles issus de revues référencées dans Scopus par exemple. En effet, en matière de contamination par les PPP, de nombreuses données de suivis, réseaux ou observatoires sont peu ou pas valorisées dans la littérature scientifique jusqu'à présent. Aussi n'utiliser que les articles scientifiques pour dresser un état des lieux de cette problématique conduirait inévitablement à un panorama incomplet et parcellaire de la situation en France.

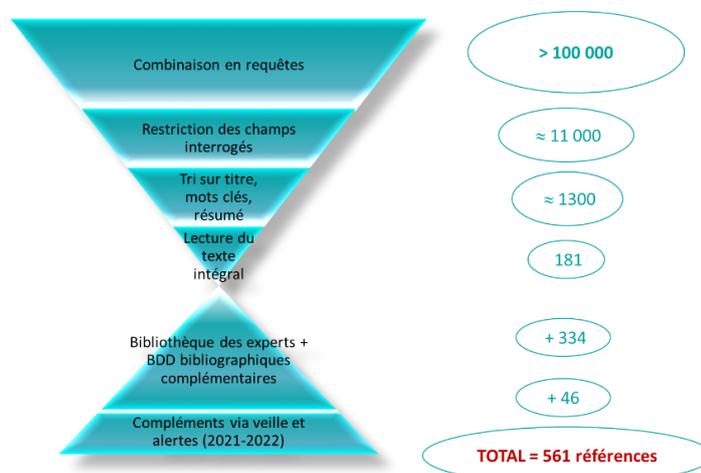


Figure 1 : différentes étapes de constitution du corpus bibliographique, avec indication du nombre de références pour chaque étape.

Au final, 561 références ont été retenues pour la synthèse, parmi lesquelles 444 articles scientifiques dont 59 revues de synthèse, 92 rapports scientifiques, 13 ouvrages ou chapitres d'ouvrage et 3 travaux universitaires. Plus de la moitié des articles scientifiques n'avaient pas été repérés par les requêtes après restriction des champs interrogés sur le WoS et ont été rajoutés par

les experts. Cela illustre le fait qu'il n'existe pas de méthodologie clé en main pour répondre aux questions d'une telle saisine ; le travail de l'expert étant alors primordial pour affiner le corpus.

Analyse bibliométrique

Le champ des disciplines scientifiques concernées est multidisciplinaire mais dominé par les sciences environnementales (52% des références) et la chimie analytique (9%). En termes de répartition par compartiments, les références citées pour le milieu terrestre représentent 34% du total, celles sur les milieux aquatiques, 31% et 20% pour eaux douces et marines respectivement et enfin celles pour l'air 15%.

Principaux concepts associés au corpus bibliographique

L'analyse des mots-clés des 561 références du corpus est présentée Figure 2, sur laquelle sont indiqués les termes présents dans les titres et mots clés auteurs avec au minimum 20 occurrences. Apparaissent assez naturellement les termes liés à la contamination par les PPP mais également d'autres types de contaminants souvent recherchés et analysés conjointement aux PPP dans l'environnement. Les autres termes sont relatifs aux compartiments ainsi qu'au devenir et à l'impact des PPP.

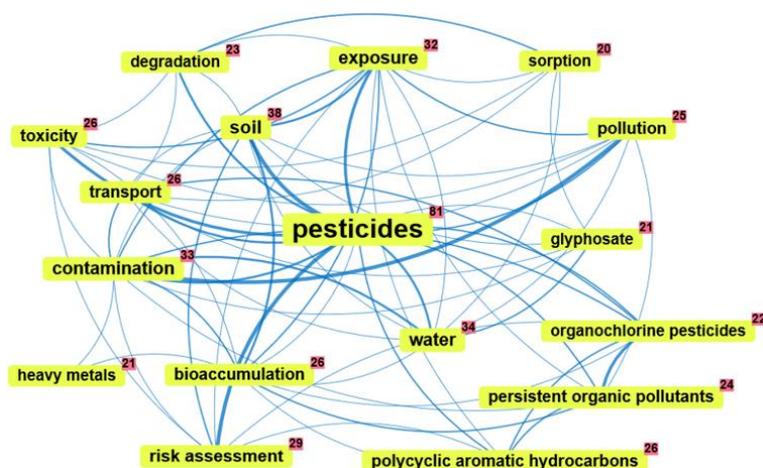


Figure 2 : réseau de descripteurs des 561 références, réalisé avec Intellixir®. Les mots clés affichés sont présents dans au moins 20 publications et 2 co-publications. Les traits bleus représentent le degré de connectivité entre les termes.

Synthèse et conclusions

L'exercice réalisé dans le cadre de l'ESCo mêlant expertises bibliographique, bibliométrique et scientifique a permis de mettre en évidence différents aspects, dont l'intérêt va au-delà des questions scientifiques posées :

- l'ESCo doit être considérée comme un exercice spécifique qui a pour objectif de répondre aux questions ciblées d'une saisine, se différenciant ainsi d'une revue systématique qui vise à l'exhaustivité de l'analyse. C'est un exercice complexe qui recouvre, dans le cas présent, un champ thématique très large, avec l'usage de mots-clés génériques (tels que « contamination », « pollution » ...) faisant ressortir un nombre important de publications, parfois très éloignées des questions posées initialement ;

- un compromis doit être systématiquement trouvé entre des requêtes larges qui génèrent beaucoup de « bruit » (notamment lorsqu'on interroge les résumés) et des recherches plus resserrées (seulement sur le titre et les mots-clés par exemple) qui peuvent engendrer d'importantes lacunes dans les résultats. A ce sujet, l'exercice a bien mis en évidence l'importance, au moment de la rédaction des articles, du choix des titres et des mots-clés pour rendre visibles les publications ;
- le regard et l'expertise des scientifiques restent indispensables pour compléter la panoplie d'outils bibliographiques à disposition, pour orienter et réajuster les requêtes au fur et à mesure de l'avancée des travaux, notamment *via* l'ajout d'une importante littérature grise et d'articles non référencés dans les bases bibliographiques comme le WOS, mais répondant au sujet traité. Cela souligne aussi la forte proportion de données et d'études pertinentes disponibles concernant la contamination par les PPP en France, mais généralement non valorisées scientifiquement.

Les résultats scientifiques de l'expertise sont disponibles sur <https://www.inrae.fr/actualites/biodiversite-services-rendus-nature-que-sait-limpact-pesticides> (Leenhardt et al., 2022). Les principales conclusions sur l'état de contamination de l'environnement par les PPP sont :

- une contamination généralisée en France (métropole et DROM) de tous les compartiments de l'environnement et des matrices associées (ex.(Hulin et al., 2021), dont le biote lorsque les données existent (Fey et al., 2019; Pelosi et al., 2021) ; la principale source étant l'agriculture, principal utilisateur de PPP en France actuellement. La contamination des JEVI, de l'outre-mer et les produits de biocontrôle ont fait l'objet d'un nombre restreint de publications ;
- toutes les familles (herbicides, fongicides, insecticides) sont retrouvées, la nature des PPP et leur concentration sont variables suivant le compartiment considéré. Les PPP interdits sont toujours détectés mais leur niveau de concentration diminue dans l'environnement (Pesce et al., 2016). Le glyphosate et la chlordécone sont les PPP qui ressortent le plus en termes bibliométriques, tous compartiments confondus. Les produits de transformation sont généralement encore peu recherchés, mais lorsqu'ils le sont, ils sont quantifiés à des concentrations parfois plus élevées que les substances mères de PPP ;
- l'analyse bibliographique a fait ressortir un manque d'études intégrées sur le continuum terre-mer, de données prenant en compte la contamination conjointe du biote et de son habitat, et de suivis à long terme ou à large échelle avec des informations acquises de manière comparable (ex. techniques analytiques, limites de quantification, matrices équivalentes...) pour pouvoir être facilement exploitées (Chow et al., 2020).

Enfin, il ressort de l'analyse de la littérature que les connaissances sur la contamination de l'environnement pourraient être améliorées grâce :

- à une meilleure utilisation des données de surveillance (pour l'eau et l'air). L'exploitation de ces données devrait en outre porter sur une mise en regard plus systématique des niveaux de contamination avec les pratiques (occupation des sols, calendrier de traitement, matériel pour le compartiment aérien), les quantités utilisées (lien avec les données de la BNBVD-S notamment), le profil des substances (physico-chimique, environnemental), les conditions météorologiques, la distance à la source, l'aménagement des parcelles, la pente et la distance au cours d'eau, la législation pour en analyser son effet ou enfin la mise en œuvre de modèles pour aider à l'interprétation ;

- à la poursuite des réflexions sur l'adaptation des stratégies d'échantillonnage (actifs et passifs) pour mieux rendre compte de la variabilité des contaminations au cours du temps et/ou dans l'espace, par exemple en synchronisant des prélèvements sur plusieurs compartiments ;
- au croisement des technologies analytiques disponibles, *i.e.* chromatographies liquide et gazeuse couplées à la spectrométrie de masse en tandem, ou à la spectrométrie de masse haute résolution pour obtenir un éventail plus large d'identification de substances grâce à des approches suspectées ou non ciblées (González-Gaya et al., 2021). Le déploiement de ces dernières permettra en particulier d'élargir la recherche des produits de transformation, des substances très polaires et des énantiomères. Cependant, ces démarches ne pourront pleinement se développer que si ces produits sont commercialement disponibles pour confirmer sans équivoque la présence et surtout pour pouvoir déterminer les niveaux de concentration ;
- en développant des outils, approches ou modèles pour faciliter les liens entre la présence des PPP, les niveaux d'exposition et les effets. Il serait de plus intéressant d'intégrer l'évaluation de la biodisponibilité dans les études en milieu terrestre et aquatique (Peijnenburg et al., 2012) ;
- en poursuivant les études sur les processus qui gouvernent la présence et les effets des PPP et de leurs produits de transformation dans l'environnement et pour lesquels des verrous de connaissance persistent : dégradation des PPP, identification et devenir des produits de transformation, interactions des PPP avec les autres contaminants ou entre eux, effet de la formulation sur le comportement des substances actives de PPP, partition entre matrices au sein d'un compartiment (*e.g.* phase particulaire/gaz dans l'air, dissous/particulaire dans les eaux).

Références bibliographiques

- Chow, R., Scheidegger, R., Doppler, T., Dietzel, A., Fenicia, F., Stamm, C., 2020. A review of long-term pesticide monitoring studies to assess surface water quality trends. *Water Research X* 9.
- Donnars, C., Tibi, A., Caillaud, M.A., Dashkina, R., Girard, A., Leenhardt, S., Lelievre, V., Le Perchec, S., Paresys, L., Richard, G., 2021. Principes de conduite des expertises scientifiques collectives et des études en éclairage des politiques et du débat publics (version 2 – Novembre 2021). INRAE DEPE, <https://hal.inrae.fr/hal-03373922>, p. 63 p.
- Fey, P., Bustamante, P., Bosserelle, P., Espiau, B., Malau, A., Mercader, M., Wafo, E., Letourneur, Y., 2019. Does trophic level drive organic and metallic contamination in coral reef organisms? *Science of The Total Environment* 667, 208-221.
- González-Gaya, B., Lopez-Herguedas, N., Bilbao, D., Mijangos, L., Iker, A.M., Etxebarria, N., Irazola, M., Prieto, A., Olivares, M., Zuloaga, O., 2021. Suspect and non-target screening: the last frontier in environmental analysis. *Analytical Methods* 13, 1876-1904.
- Hulin, M., Leroux, C., Mathieu, A., Gouzy, A., Berthet, A., Boivin, A., Bonicelli, B., Chubilleau, C., Hulin, A., Leoz Garziandia, E., Mamy, L., Millet, M., Pernot, P., Quivet, E., Scelo, A.-L., Merlo, M., Ruelle, B., Bedos, C., 2021. Monitoring of pesticides in ambient air: Prioritization of substances. *Science of The Total Environment* 753, 141722.
- Sophie Leenhardt (coord.), Laure Mamy (coord.), Stéphane Pesce (coord.), Wilfried Sanchez (coord.), Anne-Laure Achard, Marcel Amichot, Joan Artigas, Stéphanie Aviron, Carole Barthélémy, Rémy Beaudouin, Carole Bedos, Annette Bérard, Philippe Berny, Cédric Bertrand, Colette Bertrand, Stéphane Betouille, Eve Bureau-Point, Sandrine Charles, Arnaud Chaumot, Bruno Chauvel, Michael Coeurdassier, Marie-France Corio-Costet, Marie-Agnès Coutellec, Olivier Cruzet, Isabelle Doussan, Juliette Faburé, Clémentine Fritsch, Nicola Gallai, Patrice Gonzalez, Véronique Gouy, Mickael Hedde, Alexandra Langlais, Fabrice Le Bellec, Christophe Leboulanger, Morgane Le Gall, Sophie Le Perchec, Christelle Margoum, Fabrice Martin-Laurent, Rémi Mongruel, Soizic Morin, Christian Mougou, Dominique Munaron, Sylvie Néliou, Céline Pelosi, Magali Rault, Sergi Sabater, Sabine Stachowski-Haberkorn, Elliott Sucre, Marielle Thomas, Julien Tournebize (2022). Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques, Synthèse du rapport d'ESCo, INRAE - Ifremer, 136 p.

- Peijnenburg, W., Capri, E., Kula, C., Liess, M., Luttk, R., Montforts, M., Nienstedt, K., Römbke, J., Sousa, J.P., Jensen, J., 2012. Evaluation of Exposure Metrics for Effect Assessment of Soil Invertebrates. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 42, 1862-1893.
- Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Néliu, S., Lafay, F., Bretagnolle, V., Gaba, S., Vulliet, E., Fritsch, C., 2021. Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: A silent threat? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 305, 107167.
- Pesce, S., Margoum, C., Foulquier, A., 2016. Pollution-induced community tolerance for in situ assessment of recovery in river microbial communities following the ban of the herbicide diuron. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 221, 79-86.