



© Rapport CORTEA, ADEME

Des mesures par spectrométrie de masse en ligne révèlent l'ampleur de la volatilisation des pesticides dans l'air

L'usage massif des pesticides en agriculture soulève de fortes inquiétudes pour la santé humaine et l'environnement. Une récente étude d'ECOSYS en collaboration avec le LSCE confirme que la volatilisation – l'évaporation des pesticides dans l'air après application – constitue une voie majeure de leur dispersion. Grâce à un spectromètre de masse très sensible (PTR-QI-TOF-MS), nous avons mesuré en continu les concentrations atmosphériques horaires de chlorothalonil, un fongicide du blé, sur le site ICOS (infrastructure de recherche Européenne sur le suivi des gaz à effet de serre) de Grignon (FR-Gri). Ces mesures au champ pendant 3 semaines après l'application du fongicide constituent une première de par la durée de ce suivi continu. De 20 à 50 % du pesticide appliqué s'est volatilisé dans l'air en trois semaines, la volatilisation devenant rapidement le processus dominant de dissipation du composé à la surface du sol et des plantes. L'étude souligne que l'air peut être une voie d'exposition importante des pesticides et que la volatilisation, dont la durée est largement sous-estimée, doit être mieux prise en compte dans l'évaluation des risques et les politiques de réduction des usages.

CONTEXTE ET ENJEUX

L'utilisation des pesticides en agriculture reste très élevée à l'échelle mondiale, malgré les préoccupations croissantes concernant leurs impacts sur la santé humaine, la biodiversité et la qualité des milieux. Parmi les différentes voies par lesquelles les pesticides se dispersent dans l'environnement, la volatilisation est reconnue mais encore peu quantifiée. En effet, jusqu'ici, les mesures de volatilisation étaient réalisées sur quelques jours seulement, car les techniques classiques (notamment la chromatographie en phase gazeuse) ne permettaient pas de suivre de manière continue l'évolution des concentrations dans l'air sur de longues périodes. Dans ce contexte, l'étude s'intéresse au chlorothalonil, un fongicide largement utilisé sur les céréales avant son interdiction en Europe en 2019, mais encore employé dans de nombreux pays, et dont les métabolites sont présents dans tous les compartiments de l'environnement. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet Agrimultipol (Identification et quantification des polluants émis par une exploitation agricole type) du programme ADEME CORTEA (Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Emissions dans l'Air) et s'inscrit dans les infrastructures européennes ANAEE (Analyses et Expérimentations sur les Ecosystèmes continentaux) et ICOS (Integrated Carbon Observation System).



Dispositif de mesure des pesticides et des composés organiques volatils lors de l'expérimentation AgriMultiPol sur le site ICOS de Grignon en 2018. Filtrés utilisés pour mesurer la dose de Chlorothalonil apportée au champ.

RÉSULTATS

Nous avons réalisé pour la première fois des mesures atmosphériques continues pendant plus de trois semaines après l'application d'un pesticide, grâce à un spectromètre de masse PTR-QI-TOF-MS installé sur une parcelle de blé. Juste après l'application, les concentrations de chlorothalonil dans l'air ont atteint 250 ng m⁻³. Contrairement aux hypothèses habituelles, les concentrations sont restées importantes pendant plusieurs semaines. En utilisant un modèle de dispersion en mode inverse, nous avons calculé les flux de volatilisation de pesticide. Les résultats montrent que la volatilisation est intense juste après le traitement (30 ng m⁻² s⁻¹ en milieu de journée), puis se poursuit à un niveau significatif pendant toute la période suivie pour ce pesticide. L'intégration des flux sur trois semaines révèle qu'une proportion majeure de la dose appliquée – entre 20% et 50% – passe dans l'atmosphère par volatilisation.



Dispositif déployé pour mesurer les pesticides et les composés organiques volatils lors de l'expérimentation AgriMultiPol sur le site ICOS de Grignon en 2018. Anémomètre ultrasonique (gauche), analyseur de gaz par infrarouge (CO₂, H₂O, au 1^{er} plan), tête de prélèvement pour le PTRMS (tube gris), cartouche de prélèvement pour TD-GC-MS (droite). © C. Decuq

C'est beaucoup plus que les estimations habituellement utilisées dans les modèles réglementaires qui ne considèrent en général que les premières 24h après l'application. L'analyse des dynamiques des flux montre que pendant les cinq premiers jours, la pénétration dans la plante et la photodégradation contribuent à la dissipation, tandis qu'au-delà la volatilisation devient le mécanisme principal contrôlant la concentration dans l'écosystème. À partir des concentrations mesurées, nous avons analysé que la proportion de surface foliaire recouverte de chlorothalonil libre reste non négligeable plusieurs semaines après l'application, en accord avec le fait que ce produit est un pesticide de contact, contribuant ainsi à la volatilisation prolongée observée.

PERSPECTIVES

Cette méthode a été ultérieurement développée dans le projet ADEME CORTEA PTR4Pest (Mesure des pesticides dans l'air en temps réel Métrologie au champ de la concentration gazeuse par spectrométrie de masse, 2019-2023) dans le cadre d'application d'herbicides sur sol nu, et montré l'intérêt de cette approche pour d'autres pesticides. Ces données ont été utilisées pour évaluer les prédictions du modèle de volatilisation développé à INRAE Volt'Air-Veg.

VALORISATION

Loubet, B., Lafouge, F., Bsaibes, S., Bedos, C., Decuq, C., Esnault, B., Ciuraru, R., Kammer, J., Vuolo, R., and Gros, V.: Online pesticide concentration and fluxes measurements over crops with a PTRMS shows unexpected volatilisation rates, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14-19 Apr 2024, EGU24-10183, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-10183>, 2024.

[Interview ADEME sur le projet PTR-4-Pest](#)
[Facicule web ADEME du projet PTR-4-Pest.](#)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- > Loubet, B., Bedos, C., Kammer, J., Decuq, C., Lafouge, F., Esnault, B., Ciuraru, R., Bsaibes, S., Buysse, P., Barriuso, E., Vuolo, M. R., and Gros, V.: First online field measurements of chlorothalonil volatilisation using proton transfer mass spectrometry and inverse modelling, *Scientific Reports*, 15, 30426, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13898-0>, 2025.



Contact : Benjamin Loubet, Carole Bedos

Unité : [UMR ECOSYS](#)

Département : AgroEcoSystem

Centre INRAE : Ile-de-France – Versailles-Saclay

Mots clés : Volatilisation, pesticides, PTRMS, Chlorothalonil