

APPROCHE INTÉGRÉE DE LA SURVEILLANCE DES PESTICIDES DANS L'AIR: USAGES, PRATIQUES ET CONTEXTE LOCAL

K. GUILLAUME^{1,2}, O. CESBRON², N. BONVALLOT¹, O. LE BIHAN³

¹ Univ Rennes, Inserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, F-35000 Rennes, France

² Air-Breizh, 3 E Rue de Paris, 35510 Cesson-Sévigné, France

³LB Environnement, 35000 Rennes, France

Correspondant : killian.guillaume@ehesp.fr

RESUME:

La présence de pesticides dans l'air soulève des questions sanitaires et sociales majeures, alors qu'aucune réglementation spécifique n'existe à ce jour. Cette étude analyse les concentrations atmosphériques mesurées en Bretagne (2021-2022) en lien avec les pratiques agricoles locales, les propriétés physico-chimiques des substances et les conditions météorologiques. Les données proviennent du réseau national de surveillance, de la Banque nationale des ventes et d'une enquête locale. Les herbicides dominent les usages (≈ 12 t/an) et les détections, avec des pics saisonniers pour le prosulfocarbe et la pendiméthaline ($1,88$ et $0,62$ ng/m³). À l'inverse, le S-métolachlore, pourtant largement vendu, reste peu présent ($< 0,1$ ng/m³). Des substances non appliquées localement, dont le lindane (interdit), ont été détectées, illustrant la mobilité et la persistance de certains contaminants. Enfin, 54 substances identifiées localement ne figurent pas dans le programme national, soulignant la nécessité d'adapter la surveillance aux spécificités régionales.

ABSTRACT

Pesticides in ambient air pose significant public health concerns, yet no specific regulatory framework exists in France. This study investigates pesticide concentrations measured in Brittany (2021–2022) and their relationship with local agricultural practices, substance physicochemical properties, and meteorological conditions. Data was sourced from the national monitoring network, the national sales database, and a local farmer survey. Herbicides dominate both usage (≈ 12 t/year) and detections, with seasonal peaks for prosulfocarb and pendimethalin (1.88 and 0.62 ng/m³). Conversely, S-metolachlor, despite high sales, was less frequently detected ($< 0,01$ ng/m³). Substances not applied locally, including triallate and banned lindane, were also found, highlighting contaminant mobility and persistence. Additionally, 54 locally identified substances are absent from the national monitoring program, revealing a gap between surveillance and regional practices. These findings emphasize the need to adapt monitoring strategies to better reflect local agricultural realities.

MOTS-CLÉS: pesticides, air ambiant, pratiques agricoles, surveillance.

KEY-WORDS: pesticides, ambient air, agricultural practices, monitoring.

1. INTRODUCTION

1.1. Pesticides et santé publique

L'impact néfaste des pesticides sur la santé est aujourd'hui bien documenté dans différentes conditions d'expositions humaines (troubles neurologiques et neuromusculaires, hépato-digestifs et manifestations cutanées lors d'intoxications aiguës (MSA 2015; 2019; ANSES 2021), allergies, cancers, troubles neurologiques, et malformations congénitales lors d'expositions chroniques ou in utero (INSERM 2013; 2021). L'étude des déterminants des expositions aux pesticides montre que celles-ci sont multi-sources et multi-voies, (Blair et al. 2015) : exposition orale via l'alimentation (Mir et al. 2022), l'eau de boisson (El-Nahhal and El-Nahhal 2021), et les poussières (Richards et al. 2016), exposition respiratoire par la remise en suspension liée à l'érosion aérienne du fait de la contamination des sols (Geissen et al. 2021), expositions cutanées du fait de la présence des pesticides dans l'air ambiant (Kim et al. 2017), ou encore exposition respiratoire par l'inhalation (Yusà et al. 2014).

1.2 Les pesticides dans l'air

En agriculture conventionnelle, les pesticides sont généralement appliqués en les pulvérisant sur le sol et les cultures. Leur dispersion dans l'air peut se produire de différentes manières : lors de l'application, par volatilisation à partir du sol et des plantes, ainsi que par érosion éolienne sous forme de particules provenant des sols traités. Lors de l'application, entre 30 et 50 % des pesticides appliqués peuvent être perdus dans l'air (Guillaume et al. 2025), mais selon le composé et les conditions environnementales, cette perte peut atteindre jusqu'à 90 % (Bedos et al. 2002; Guillaume et al. 2025). En raison de certaines caractéristiques physico-chimiques, comme leur pression de vapeur, les pesticides peuvent facilement se retrouver dans l'atmosphère, se dispersant entre la phase gazeuse et les particules (Bedos et al. 2002). Les sédiments érodés par le vent

peuvent également servir de vecteur pour transporter les pesticides dans l'environnement, exposant ainsi les écosystèmes et les populations bien au-delà des zones agricoles où ils ont été appliqués (Csányi and Farsang 2022).

Contrairement à l'eau ou à l'alimentation, il n'existe pas de réglementation fixant des valeurs limites pour les pesticides dans l'air ni d'obligation de contrôle à l'échelle nationale ou européenne. En l'absence de réglementation spécifique, les pesticides ne font pas partie des polluants surveillés en continu par les associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA). A leur initiative, certaines associations ont mis en œuvre depuis 2001 des campagnes spécifiques de mesure de substances actives dans l'air selon diverses méthodologies. Aussi, l'ANSES a publié en 2017 les modalités d'une surveillance nationale harmonisée avec une liste de pesticides prioritaires (Marliere 2018). Une Campagne Nationale Exploratoire de mesure des Pesticides dans l'air (CNEP) a ensuite été réalisée au cours de l'année 2018-2019 (ANSES 2020).

Par conséquent, il est essentiel de comprendre la présence et la dynamique des pesticides dans l'air afin d'évaluer et d'atténuer les risques potentiels. Depuis 2020, un réseau de surveillance spécifique est en place en France. L'objectif principal de l'étude est d'expliquer les concentrations de pesticides mesurées dans l'air en les reliant à :

- **Les pratiques agricoles** : périodes et modalités d'application, types de cultures, quantités utilisées.
- **Les propriétés physico-chimiques des substances** : volatilité, pression de vapeur, solubilité, constante de Henry.
- **Les conditions climatiques** : température, humidité.

Cette approche vise à identifier les facteurs déterminants de la présence des pesticides dans l'atmosphère et à mieux comprendre les mécanismes de transfert.

2. MATERIEL ET MÉTHODES

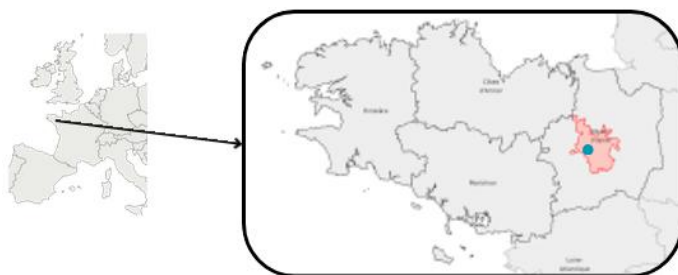


Figure 1: Territoire d'étude

phytosanitaires. Seules les ventes enregistrées dans deux zones ont été retenues : l'ensemble de la métropole rennaise et une zone ciblée dans un rayon de 3 km autour du point de mesure à Mordelles. Cette région illustre l'agriculture typique de l'ouest français, dominée par les grandes cultures (céréales) et l'élevage intensif.

Les mesures de contamination de l'air proviennent du réseau national de surveillance et ont été réalisées à Mordelles, commune proche de Rennes en Bretagne (France). Les informations sur l'utilisation des pesticides, couvrant la même période (2021-2022), sont issues de la Banque nationale des ventes des distributeurs (BNV-d), conformément à la loi française sur l'eau et les milieux aquatiques qui impose, depuis 2006, la déclaration des ventes par les distributeurs agréés de produits

Les pratiques agricoles ont été recueillies via une enquête menée par la chambre d'agriculture en 2023 dans la zone d'étude de Mordelles, couvrant 1 711 hectares et impliquant 56 exploitants. Les données météorologiques (précipitations, vent, température) proviennent de Météo-France (station Rennes-Saint-Jacques). L'ensemble des données a été importé, traité et analysé avec RStudio (packages dplyr pour la manipulation et ggplot2 pour la visualisation). Les concentrations présentées dans cette étude sont exprimées en moyennes annuelles.

3. RESULTATS

Les herbicides représentent la catégorie de pesticides la plus utilisée dans la métropole rennaise (environ 12 tonnes par an) et sont également les plus fréquemment détectés dans l'air. Parmi eux, le prosulfocarbe et la pendiméthaline affichent les concentrations les plus élevées (respectivement 1,88 et 0,62 ng/m³), avec des pics saisonniers au printemps et à l'automne, en lien avec les périodes d'application. Cela confirme que les pratiques agricoles jouent un rôle majeur, mais ne suffisent pas à expliquer toutes les variations observées. En effet, lorsque l'on compare les deux principales périodes d'application (printemps et automne), les concentrations atmosphériques ne suivent pas strictement l'intensité des usages. L'analyse des conditions météorologiques montre que la différence entre les deux saisons est significative uniquement pour l'humidité, alors que les températures sont similaires. Or, il est établi qu'à température constante, une augmentation du

taux d'humidité favorise la volatilisation des substances. Ce phénomène pourrait expliquer les concentrations plus élevées observées en automne, malgré des quantités appliquées moindres selon l'enquête.

À l'inverse, le S-métolachlore, bien que largement commercialisé (2,3 tonnes, soit 19 % des herbicides) et utilisé localement, est moins souvent détecté (FD = 50 %) et à des niveaux plus faibles ($\approx 0,09 \text{ ng/m}^3$), avec seulement quelques pics ponctuels lors des périodes d'usage intensif.

Des substances non appliquées dans la région et peu commercialisées ont également été retrouvées dans l'air : le triallate ($0,15 \text{ ng/m}^3$, FD = 60 %) et le lindane, interdit mais détecté à faible concentration ($0,03 \text{ ng/m}^3$) avec une fréquence maximale (100 %). Cette situation illustre la mobilité des contaminants atmosphériques et le risque de pollution involontaire dans des zones non traitées. La présence de substances interdites souligne leur persistance dans l'environnement ; la détection du lindane pourrait s'expliquer par son usage historique, la nature des sols et les conditions climatiques.

Enfin, il convient de rappeler que, outre les paramètres météorologiques, les propriétés physico-chimiques des substances (volatilité, pression de vapeur, solubilité, constante de Henry, demi-vie) influencent fortement leur comportement dans l'air. L'enquête locale a par ailleurs identifié 54 substances (sur 73) absentes du programme national de surveillance. Cet écart révèle un décalage entre les pratiques agricoles locales et les dispositifs nationaux, suggérant la nécessité d'adapter la surveillance pour mieux intégrer les spécificités régionales.

REMERCIEMENTS :

Les auteurs remercient l'ADEME et la Région Bretagne pour leur soutien financier, ainsi que la Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne, et la Chambre d'Agriculture de Bretagne pour leur collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

ANSES. 2020. *Campagne Nationale Exploratoire Des Pesticides Dans l'air Ambiant. Premières Interprétations Sanitaires*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2020SA0030Ra.pdf>.

ANSES. 2021. 'Bilan 2018 Des Appels Aux Centres Antipoison Pour Exposition à Un Produit Phytopharmaceutique'. *Vigil'Anses - Bulletin Des Vigilances de l'Anses*, no. 14. https://vigilances.anses.fr/sites/default/files/VigilAnsesN14_Juin2021_BilanPPP.pdf.

Bedos, Carole, Pierre Cellier, Raoul Calvet, Enrique Barriuso, and Benoît Gabrielle. 2002. 'Mass Transfer of Pesticides into the Atmosphere by Volatilization from Soils and Plants: Overview'. *Agronomie* 22 (1): 21–33. <https://doi.org/10.1051/agro:2001003>.

Blair, Aaron, Beate Ritz, Catharina Wesseling, and Laura Beane Freeman. 2015. 'Pesticides and Human Health'. *Occupational and Environmental Medicine* 72 (2): 81–82.

Csányi, Katalin, and Andrea Farsang. 2022. 'Evaluation of Off-Site Effects of Wind-Eroded Sediments Especially the Content of Pesticides'. *Geographica Pannonica* 26 (3): 273–83. <https://doi.org/10.5937/gp26-38144>.

El-Nahhal, Ibrahim, and Yasser El-Nahhal. 2021. 'Pesticide Residues in Drinking Water, Their Potential Risk to Human Health and Removal Options'. *Journal of Environmental Management* 299 (December): 113611. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113611>.

Geissen, Violette, Vera Silva, Esperanza Huerta Lwanga, et al. 2021. 'Cocktails of Pesticide Residues in Conventional and Organic Farming Systems in Europe – Legacy of the Past and Turning Point for the Future'. *Environmental Pollution* 278 (June): 116827. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116827>.

Guillaume, K., O. Cesbron, N. Bonvallot, and O. Le Bihan. 2025. 'From Application in the Fields to Dispersion in the Atmosphere: A Narrative Review on Airborne Pesticides and Their Monitoring in France'. *Atmospheric Pollution Research*, November, 102820. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2025.102820>.

INSERM. 2013. *Expertise Collective. Pesticides Effets Sur La Santé*. https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/media/entity_documents/inserm-ec-2013-pesticideseffetssante-synthese.pdf.

INSERM. 2021. *Expertise collective. Pesticides et effets sur la santé. Nouvelles données*. <https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/2021-07/inserm-expertisecollective-pesticides2021-rapportcomplet-0.pdf>.

- Kim, Ki-Hyun, Ehsanul Kabir, and Shamin Ara Jahan. 2017. 'Exposure to Pesticides and the Associated Human Health Effects'. *Science of The Total Environment* 575 (January): 525–35. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>.
- Marliere, F. 2018. *PROTOCOLE DE MESURE DES PESTICIDES DANS L'AIR AMBIANT DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE NATIONALE (2018-2019)*.
- Mir, Shabir Ahmad, B.N. Dar, Mohammad Maqbool Mir, et al. 2022. 'Current Strategies for the Reduction of Pesticide Residues in Food Products'. *Journal of Food Composition and Analysis* 106 (March): 104274. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104274>.
- MSA. 2015. *Bilan Des Observations Du Réseau Phyt'Attitude Du 1er Janvier 2011 Au 31 Décembre 2014*. <https://bcl.msa.fr/lfp/documents/98845/82227723/Bilan+des+observations+du+R%c3%a9seau+Phyt%e2%80%99Attitude>.
- MSA. 2019. *Rapport Synthétique Des Observations Du Réseau Phyt'Attitude*. <https://ssa.msa.fr/wp-content/uploads/2021/11/2019-Rapport-annuel-PhytAttitude-externe.pdf>.
- Richards, Jaben, Ruben Reif, Yuzhuo Luo, and Jay Gan. 2016. 'Distribution of Pesticides in Dust Particles in Urban Environments'. *Environmental Pollution* 214 (July): 290–98. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.025>.
- Yusà, Vicent, Clara Coscollà, and Maurice Millet. 2014. 'New Screening Approach for Risk Assessment of Pesticides in Ambient Air'. *Atmospheric Environment* 96 (October): 322–30. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.07.047>.