

## DETECTION ET QUANTIFICATION EN TEMPS REEL DU POLLEN D'AMBROISIE PAR MICROSCOPIE OPTIQUE ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

J. Truskina<sup>\*1</sup>, V. Krotov<sup>1</sup>, Y. Prat<sup>1</sup>, D. Filippi<sup>1</sup>, B. Šikoparija<sup>2</sup>, D. O'Connor<sup>3</sup>, B. Guinot<sup>1</sup>, D. Baisnee<sup>4</sup> et R. Sarda-Esteve<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Oberon Sciences, Villard-Bonnot, 38190, France.

<sup>2</sup>BioSense Institute, University of Novi Sad, Novi Sad, 21000, Serbia

<sup>3</sup>Dublin City University, D04123, Ireland

<sup>4</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'environnement, Saint-Aubin, 91190, France

<sup>5</sup>Cyprus Institute, Nicosia, 2371, Cyprus

**\*Courriel de l'orateur : [zekaterina.truskina@oberon.one](mailto:zekaterina.truskina@oberon.one)**

### TITLE

**Real-time detection and quantification of ragweed pollen by optical microscopy and artificial intelligence.**

### RESUME

Aujourd'hui, les autorités sanitaires et les réseaux de la qualité de l'air ont besoin de connaître les concentrations atmosphériques et les sources des pollens allergisants afin d'améliorer les modèles de transport. Pour répondre à ce besoin, nous avons optimisé en utilisant des modules d'intelligence artificielle un instrument existant qui permet la détection, l'identification et la quantification en temps réel des pollens d'Ambroisie dans la région lyonnaise durant l'été 2024. Lors de cette campagne intensive nous avons mis en évidence le cycle diurne des pollens d'Ambroisie ainsi que leur origine géographique. Ce nouvel outil peut ainsi permettre de contrôle et d'endiguer sa propagation.

### ABSTRACT

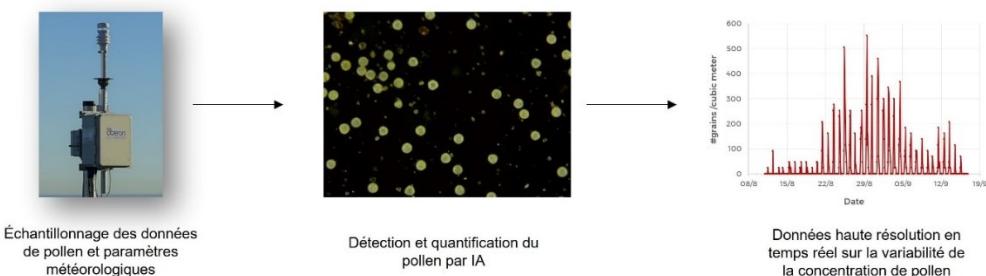
Today, health authorities and air quality networks need to know the atmospheric concentrations and sources of allergenic pollens in order to improve transport models. To meet this need, we have optimized an existing instrument using artificial intelligence modules that allows the real-time detection, identification and quantification of ragweed pollens in the Lyon region during the summer of 2024. During this intensive campaign we have highlighted the diurnal cycle of ragweed pollens as well as their geographical origin. This new tool can thus allow control and contain its spread.

Mots-clés: ambroisie, IA, surveillance en temps réel / Keywords: ambrosia, IA, real-time monitoring

### 1. Contexte scientifique et technique

Aujourd'hui, il existe un réel besoin qui a été exprimé par les services de santé de mieux diagnostiquer les pathologies allergiques de la population car celles-ci peuvent avoir différentes sources qui peuvent être d'origine anthropiques ou naturelles comme les pollens. D'un autre côté, les réseaux de surveillance de la qualité de l'air ont également besoin d'améliorer la modélisation du transport des grains de pollens afin de prédire leurs concentrations dans l'air et leur mode de dispersion. C'est pour cette raison que le développement d'instruments automatiques ou de modèle de prévision basés sur des données historiques ont été développés ces dernières années (Butters. 2024, Mills, 2024, Picorell, 2024). Dans ce travail nous avons étudié l'ambroisie (*Ambrosia spp.*) qui est une plante invasive originaire d'Amérique du nord dont le pollen est particulièrement allergisant (Chen, 2018). Elle se propage en Europe à cause du réchauffement global et elle représente un défi pour les autorités françaises qui souhaitent aboutir à son éradication. Une alternative à la suppression mécanique par observation de cette plante invasive et de mesurer en temps réel son mode de pollinisation qui de plus est devenu un enjeu sanitaire national. L'utilisation de la méthode traditionnelle bien que fiable au pas de temps journalier (Sarda Esteve, 2018) ne permet pas d'obtenir une information en temps réel et donc sur la variabilité diurne de ce pollen. Des travaux récents ont montré qu'il était possible de documenter ses émissions lors d'une campagne intensive (Šikoparija, 2018) mais cela a nécessité un important travail de collection et d'analyse. C'est pour cette raison que plusieurs instruments ont été récemment comparés (Maya-Manzano, 2023) et ont montré leur potentiel à fournir une information des

concentrations de pollens au pas de temps horaire (Suarez-Suarez. 2023). Il en ressort que les instruments les plus performants sont les plus couteux et ne peuvent pas être déplacés facilement sur le terrain ou disposés à différentes hauteurs afin de réaliser des flux d'émissions de pollens et mieux contraindre les modèles (Chamecki, 2009). Pour répondre à ce besoin, nous avons optimisé un instrument existant l'AeroTape (AT) à l'aide d'un modèle d'intelligence artificielle (IA) qui permet la détection, l'identification et la quantification en temps réel des pollens d'Ambroisie comme cela est illustré par la Figure1.



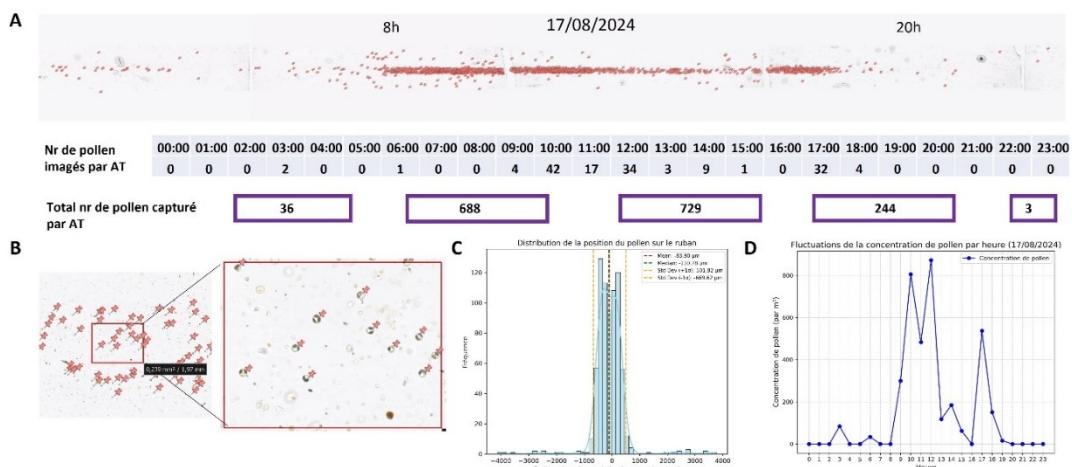
**Figure 1.** Diagramme de la procédure mise en place pour la collection, la détection l'identification des concentrations atmosphérique de l'ambroisie en temps réel.

## 2. Stratégie expérimentale et résultats

Dans cette étude, nous avons instrumenté trois sites d'observations : Moissieu AT27 (4.973181, 45.377789), Beaurepaire Primarette (BP) AT26 (5.034007, 45.396341) et Beaurepaire Mairie (BM) AT13 (5.052029, 45.338718) distants de à 5 à 7 km les uns des autres dans une configuration triangulaire afin : 1) d'étudier la variabilité diurne de l'ambroisie et 2) géolocaliser de manière précoce les sources actives par triangulation. En effet, la détection en temps réel est associée à une mesure des paramètres météorologiques ce qui permet de géolocaliser leurs sources à sur les trois sites d'observations. (Martinez-Bracero, 2024, Sarda Estève, 2018). Dans un souci de contrôle qualité les bandes de collection ont été découpées au pas de temps journalier et analysées au moyen d'un microscope pour valider expérimentalement la zone de collection. Les grains de pollens d'ambroisie ont été compté manuellement sur l'ensemble de la bande qui contient la zone d'impaction afin de comparer aux comptages réalisés en temps réel par les AT. Comme cela est illustré par la Figure 2, on observe une zone de collecte continue et au centre du ruban avec un taux de dispersion assez faible sur les bords de l'impacteur. On remarquera également qu'il est possible grâce à l'horodatage du ruban d'obtenir la variabilité fine des concentrations atmosphériques de tous les grains de pollens ce qui représente 100% de l'échantillon journalier.

Il est important de noter que les AT ne capturent par la totalité du spot d'impaction mais qu'une faible partie qui représente une section de  $570,24 \mu\text{m} \times 427,68 \mu\text{m}$  soit  $243880,24 \mu\text{m}^2$  (Figure 2B). On remarque également que les 95 % des grains de pollen sont répartis de manière concentrée autour du centre de la bande, occupant seulement environ 6,7 % de la hauteur de la bande (Figure 2C).

Ainsi, pour obtenir une concentration des pollens à partir des images obtenues en temps réel, nous avons donc développé une procédure de reconnaissance automatique basée sur un algorithme de type réseau neuronal convolutif (CNN) (Matavulj, 2023). Nous avons développé plusieurs algorithmes d'IA basés sur les images d'un seul instrument (AT27) et avons ensuite adapté ces algorithmes pour reconnaître et compter avec succès les pollens à partir des images provenant d'autres instruments AT (Tableau 1). Cette approche nous a permis de détecter et de compter, automatiquement les pollens d'ambroisie à partir des images collectées mais également d'identifier les faux positifs principalement liés à des différences de couleurs des pollens d'ambroisie comme cela est représenté dans le Tableau 1. Les données collectées par l'AT nous ont permis d'observer les fluctuations horaires des niveaux de pollens. Par exemple, nous avons souvent constaté que le pollen d'ambroisie présente deux pics journaliers de libération : la plus grande quantité de pollen est libérée le matin, suivie d'un second pic, plus faible, en fin d'après-midi (figure 2D).



**Figure 2.** A, B, C, D représentent respectivement le nombre total de grains de pollen capturés par le ruban adhésif en 24 heures, le comptage individuel des grains d'ambroisie, la distribution du pollen autour du centre du ruban et la variabilité diurne des concentrations atmosphériques totales.

**Tableau 1** Comparaison des performances de deux modèles CNN utilisés pour l'optimisation du comptage.

Modèles (CNN)	Source des images (AT+DATE)	Pollen détectés (%)	Faux positifs (Nb#)
Modèle 1	AT13 12/08/2024 BM	27	0
	AT13 26/08/2024 BM	63	0
	AT27 03/09/2024 M	99	34
	AT26 22/08/2024 BP	94	1
	AT26 22/08/2024 BP	83	0
Modèle 2	AT13 12/08/2024 BM	84	0
	AT13 26/08/2024 BM	95	0
	AT27 03/09/2024 M	99	13
	AT26 22/08/2024 BP	98	0
	AT26 24/08/2024 BP	97	1

Ces premiers résultats montrent que les optimisations du modèle 1 vers le modèle 2 ont permis d'augmenter les performances de la reconnaissance sur les images issues de l'AT13 et de l'AT26 tout en conservant des résultats très satisfaisants sur l'AT27. La source des images indique le numéro de l'AT, la date et le lieu de prise des images en temps réelle avec : BM = Beaurepaire Mairie, BP = Beaurepaire Primarette et M = Moissieu.

## 1. Conclusions et perspectives

Lors de la campagne intensive qui a eu lieu durant l'été 2024 trois instruments identiques (AT 15, AT27, AT26,) ont été déployés pour détecter la présence du pollen d'ambroisie dans l'air sur trois sites dans la région Lyonnaise. Durant cette période d'observations intensives (POI) nous avons pu mettre en évidence le cycle diurne de l'Ambroisie sur les trois sites ainsi que l'origine géographique des pollens grâce à l'utilisation de modules d'intelligence artificielle et de modèles sources récepteurs. De plus cette expérimentation sur le terrain, nous à permis de mettre en évidence la nécessité de bien maîtriser l'ensemble des paramètres qui sont susceptibles d'induire une erreur sur la lecture automatique grâce à la relecture des échantillons provenant des différents AT. Il s'agit principalement de l'alignement optique, la taille de la fenêtre de capture, la dispersion autour du point d'impaction ainsi que la couleur et la forme des grains. C'est la première fois qu'une expérience sur le terrain qui met en œuvre plusieurs dispositifs AT a permis de suivre en temps réel les concentrations atmosphériques d'ambroisie et à permis d'identifier les zones sources, là où l'identification visuelle est difficile. Des analyses supplémentaires par triangulations sont en cours afin de visualiser et de valider la méthodologie de détection en temps réel des points sources. Cette information sera capitale pour les autorités

compétentes pour qu'elles puissent concentrer leurs efforts sur les zones d'arrachage prioritaires afin de stopper la propagation de l'ambroisie à l'échelle régionale. Il semblerait à ce stade du développement instrumental que l'AT représente une solution pour l'identification des sources actives de pollens d'ambrosie sur le terrain. Il a d'ailleurs été sélectionné pour participer au projet de validation météorologique BIOAIRMET, financé par l'EURAMET pour la période 2024 à 2027 qui vise à élaborer une nouvelle norme européenne pour la surveillance des pollens et des spores.

## 2. Références et remerciements

Ce travail a été financé par le dispositif RD Booster de la Région Auvergne-Rhône-Alpes. Les auteurs remercient également la communauté de communes Entre-Bièvre-et-Rhône pour la mise à disposition des sites et sa collaboration."

Buters, J., Clot, B., Galán, C., Gehrig, R., Gilge, S., Hentges, F., O'Connor, D., Šikoparija, B., Skjøth, C., Tummon, F., Adams-Groom, B., Antunes, C.M., Bruffaerts, N., Çelenk, S., Crouzy, B., Guillaud, G., Hajkova, L., Seliger, A.K., Oliver, G., Ribeiro, H., Rodinkova, V., Saarto, A., Sauliene, I., Sozinova, O., and Stjepanovic, B. (2024). Automatic detection of airborne pollen: an overview. *Aerobiologia* 40 (1):13–37. doi:10.1007/s10453-022-09750-x.

Chamecki, M., Meneveau, C., and Parlange, M.B. (2009). Large eddy simulation of pollen transport in the atmospheric boundary layer. *Journal of Aerosol Science* 40 (3):241–255.

Chen, K.-W., Marusciac, L., Tamas, P.T., Valenta, R., and Panaitescu, C. (2018). Ragweed pollen allergy: burden, characteristics, and management of an imported allergen source in Europe. *International Archives of Allergy and Immunology* 176 (3–4):163–180.

Martínez-Bracero, M., Vélez-Pereira, A.M., Markey, E., Clancy, J.H., Sarda-Estève, R., and O'connor, D.J. (2024). Comparative Analysis of Grass Pollen Dynamics in Urban and Rural Ireland: Identifying Key Sources and Optimizing Prediction Models. *Atmosphere* 15 (10):1198.

Matavulj, P., Panić, M., Šikoparija, B., Tešendić, D., Radovanović, M., and Brdar, S. (2023). Advanced CNN Architectures for Pollen Classification: Design and Comprehensive Evaluation. *Applied Artificial Intelligence* 37 (1):2157593. doi:10.1080/08839514.2022.2157593.

Maya-Manzano, J.M., Tummon, F., Abt, R., Allan, N., Bunderson, L., Clot, B., Crouzy, B., Daunys, G., Erb, S., and Gonzalez-Alonso, M. (2023). Towards European automatic bioaerosol monitoring: comparison of 9 automatic pollen observational instruments with classic Hirst-type traps. *Science of the Total Environment* 866:161220.

Mills, S.A. (2024). Low-cost optical detection of pollen bioaerosols with machine learning for human health (PhD Thesis). University of Birmingham.

Neal, L.S., Brown, K., Agnew, P., Bennie, J., Clewlow, Y., Early, R., and Hemming, D. (2024). Development and verification of a taxa-specific gridded pollen modelling system for the UK.

Picornell, A., Hurtado, S., Antequera-Gómez, M.L., Barba-González, C., Ruiz-Mata, R., de Gálvez-Montañez, E., Recio, M., del Mar Trigo, M., Aldana-Montes, J.F., and Navas-Delgado, I. (2024). A deep learning LSTM-based approach for forecasting annual pollen curves: Olea and Urticaceae pollen types as a case study. *Computers in Biology and Medicine* 168:107706.

Sarda Estève, R., Baisnée, D., Guinot, B., Petit, J.-E., Sodeau, J., O'connor, D., Besancenot, J.-P., Thibaudon, M., and Gros, V. (2018). Temporal variability and geographical origins of airborne pollen grains concentrations from 2015 to 2018 at Saclay, France. *Remote Sensing* 10 (12):1932.

Ščevková, J., Štefániková, N., Dušička, J., Lafférsová, J., and Zahradníková, E. (2024). Long-term pollen season trends of *Fraxinus* (ash), *Quercus* (oak) and *Ambrosia artemisiifolia* (ragweed) as indicators of anthropogenic climate change impact. *Environ Sci Pollut Res* 31 (30):43238–43248. doi:10.1007/s11356-024-34027-w.

Šikoparija, B., Mimić, G., Panić, M., Marko, O., Radišić, P., Pejak-Šikoparija, T., and Pauling, A. (2018). High temporal resolution of airborne Ambrosia pollen measurements above the source reveals emission characteristics. *Atmospheric Environment* 192:13–23.

Suarez-Suarez, M., Costa-Gómez, I., Maya-Manzano, J.M., Rojo, J., Hentges, F., Porcsin, I., Sarda-Estève, R., Baisnée, D., Schmidt-Weber, C., and Buters, J. (2023). Diurnal pattern of Poaceae and *Betula* pollen flight in Central Europe. *Science of the Total Environment* 900:165799.