

## LA POLLUTION DE L'AIR AU PM<sub>10</sub> DANS L'AGGLOMÉRATION DE CERGY-PONTOISE : LIENS ENTRE ÉPISODES DE POLLUTION ET TYPES DE TEMPS

**Souad LAGMIRI<sup>1</sup> et Salem DAHECH<sup>2</sup>**

(Université Paris Cité, UMR PRODIG, 75006 Paris, France)

Correspondance : <sup>1</sup>[souad.laqmiri@gmail.com](mailto:souad.laqmiri@gmail.com) ; <sup>2</sup>[salem.dahech@gmail.com](mailto:salem.dahech@gmail.com)

**Résumé :** Ce travail détermine les types de temps associés aux jours de dépassement de la norme préconisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les PM<sub>10</sub>. L'analyse s'est basée sur les champs de pression au niveau de la mer, le géopotential 500 hPa et les variables climatiques enregistrées par la station de « Cormeilles en Vexin ». Les concentrations horaires en PM<sub>10</sub> ont été fournies par AIRPARIF pour la période 2009-2020. La quasi-totalité des dépassements de la norme OMS ont été enregistrés entre novembre et avril. Trois types de temps distincts ont été déterminés pendant cette période. La grande partie des épisodes de pollution était associée aux types anticycloniques (2 sur 3) marqués par des inversions thermiques la nuit et le matin. Par ailleurs, lors d'un type de temps dépressionnaire, les concentrations étaient plutôt liées au chauffage urbain pendant le grand froid.

**Mots clés :** PM<sub>10</sub>, pollution de l'air, types de temps, Cergy-Pontoise

**Abstract :** This work determines the types of weather associated with days when the standard recommended by the World Health Organization (WHO) for PM<sub>10</sub> is exceeded. The analysis was based on the pressure fields at sea level, the 500 hPa geopotential and the climatic variables recorded by the "Cormeilles en Vexin" station. Hourly PM<sub>10</sub> concentrations were provided by AIRPARIF for the period 2009-2021. Almost all of the exceedances of the WHO standard were recorded between November and April. Three distinct types of weather have been determined during this period. Most of the pollution episodes were associated with anticyclonic types (2 out of 3) marked by thermal inversions at night and in the morning. Moreover, during a type of low pressure weather, the concentrations were more related to district heating during the extreme cold.

**Key words :** PM<sub>10</sub>, air pollution, weather Types, Cergy-Pontoise

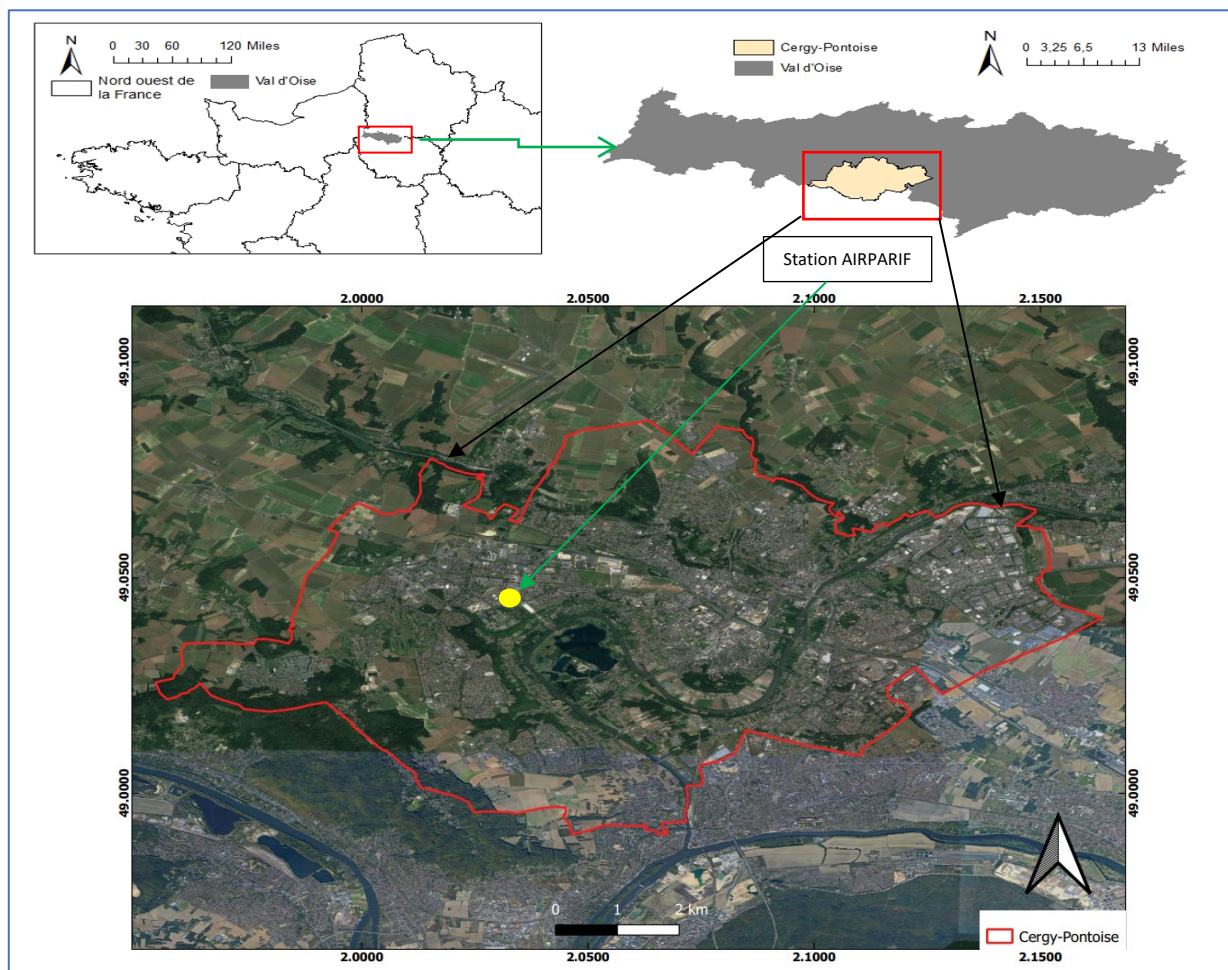
### Introduction :

La pollution de l'air est depuis longtemps, une préoccupation des pouvoirs publics. En France, bien que l'application d'une législation stricte ait permis de réduire significativement certains polluants, en Ile-de-France les particules PM<sub>10</sub> restent l'un des polluants problématiques (AIRPARIF, 2019). La Communauté d'Agglomération de Cergy Pontoise (CACP), depuis sa création dans la grande banlieue parisienne, se confronte à des journées de pollution aux PM<sub>10</sub>. En moyenne 16,5 jours/an de dépassement des normes OMS, sont enregistrés entre 2009 et 2020. Bien que les activités anthropiques affectent de manière significative les concentrations élevées des PM<sub>10</sub>, les paramètres météorologiques, notamment le vent et la pression atmosphérique, ont également un impact sur les niveaux de pollution de l'air (Li et al., 2015 ; Rimetz-Planchon et al., 2008; Rodriguez et al., 2001; Triantafyllou 2000; Querol et al., 2004). Des recherches approfondies montrent que la connaissance de la relation entre pollution et type de temps s'améliore lorsque l'approche utilisée examine les variables météorologiques dans un ensemble plutôt que de les isoler dans une analyse une à une (McGregor 1999). Dans le présent travail nous mettons l'accent sur les types de temps associés aux fortes concentrations en PM<sub>10</sub> de 2009 à 2020.

## Zone d'étude

L'agglomération de Cergy-Pontoise, située à 49°02'20" N ; 2°04'37" E, est à 30 kilomètres au nord-ouest de Paris sur l'axe reliant Paris à Rouen. Sa superficie de 84,20 km<sup>2</sup> est à peu près équivalente à celle de Paris intra-muros. Localisée dans le département du Val d'Oise (95), elle est aux portes du Parc naturel régional du Vexin. L'Oise traverse le territoire sur environ 18 km en passant au cœur de Cergy. Elle irrigue une base de loisirs de 250 ha. La CACP est située dans un bassin sous l'influence, d'un climat tempéré océanique de transition.

**Carte 1** : Localisation de l'agglomération de Cergy-Pontoise et la station référentielle de mesure de pollution (AIRPARIF)



## Données et méthodes

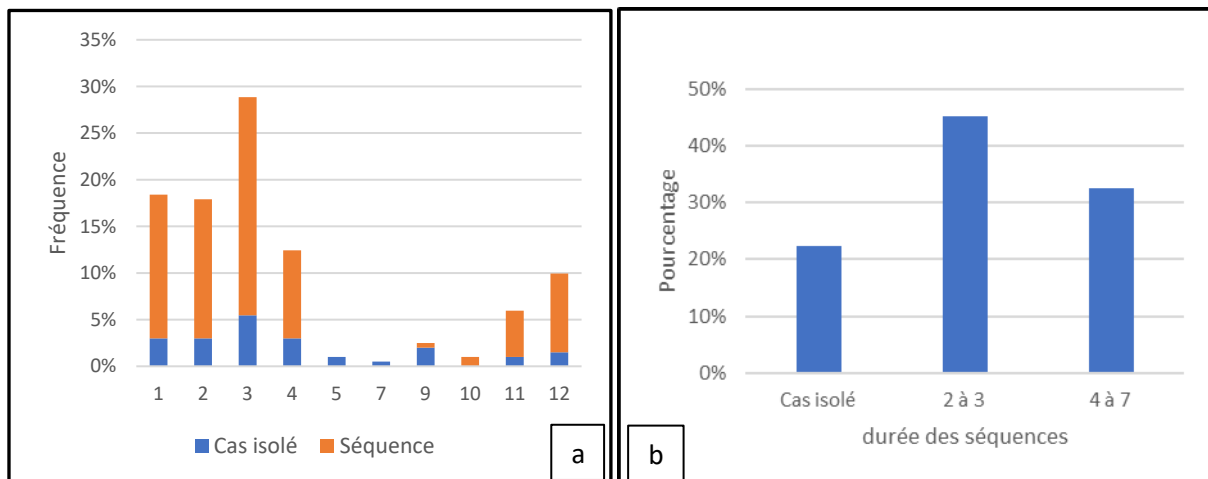
Les données horaires sur les PM<sub>10</sub>, fournies par Airparif de 2009 à 2020, sont utilisées pour calculer les moyennes journalières. Les données météorologiques de surface ont été utilisées pour des analyses conjointes. Elles couvrent la même période et sont issues de la station située à Cormeilles en Vexin, la plus proche de la zone d'étude (à 5,6 km de la station Airparif). Les séquences de pollution aux PM<sub>10</sub> ont été identifiées et classées suivant leurs durées en : cas isolés, courts et longs épisodes. Un traitement préalable a été réalisé pour identifier les concentrations des PM<sub>10</sub> qui dépassent les normes édictées par l'OMS (45 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière). Pour déterminer les types de temps associés aux épisodes de pollution au PM<sub>10</sub>, des cartes synoptiques archivées dans le site de la météorologie allemande « Wetterzentrale.de » et les bulletins quotidiens de renseignements fournis par Météo-France ont été consultés. Une classification des types de temps est appliquée selon un regroupement

des séquences qui présentent des conditions météorologiques proches (vent, température, humidité, visibilité, état du ciel, configuration isobarique au sol et à 500hPa).

## Résultats

### Étude fréquentielle des jours de dépassement des normes OMS

Le graphique n°1 démontre que, parmi les 198 jours de dépassement observés, certains sont isolés et d'autres font partie d'une séquence de plusieurs jours consécutifs. Les jours faisant partie des épisodes de pollution correspondent à 78% de l'ensemble des jours de dépassement sélectionnés, soit 155 jours. Les séquences de 2 à 3 jours représentent 45% (89 jours) et de 4 à 7 jours 32% (64 jours). Ils se répartissent principalement entre novembre et avril. Le mois de mars se distingue des autres mois par un nombre de dépassements plus élevé, soit près de 23%. Les jours ne faisant pas partie des épisodes de pollution (cas isolés) correspondent à 22% (43 jours) de l'ensemble des jours de dépassement. C'est de janvier à avril que leur fréquence est plus élevée avec en moyenne près de 7 jours/mois. Ils sont tous à des niveaux de concentrations inférieures à  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les séquences de longue durée (de 4 à 7 jours) sont principalement survenues de novembre à avril avec une dominance plus élevée en mars, novembre et décembre. En janvier, février et avril, ces séquences ont une fréquence de 63% à 80% (figure 1). En dehors de la période novembre-avril, trois courtes séquences sont notées en septembre et octobre ; elles sont de courte durée (de 2 à 3 jours).



**figure 1** : Répartition mensuelle des séquences de pollution aux PM<sub>10</sub> (a) ; persistance de pollution en nombre de jours (b) (données PM<sub>10</sub> de 2009-2020 à partir de la station AIRPARIF)

### Types de temps associés aux épisodes de pollution au PM<sub>10</sub>

Les types de temps représentent une combinaison de données météorologiques stationnelles influencées par les conditions locales et justifiées par la circulation. Ce sont des situations particulièrement caractéristiques (vigneau, 2000).

Une fois les jours marqués par des dépassements de la norme préconisée par l'OMS sont définis, nous examinons le champ de pression au sol et le géopotential à 500 hPa. Nous regardons ensuite l'état de l'atmosphère à partir des différentes variables climatiques enregistrées par la station météorologique. Cette approche nous permet de retenir trois configurations isobariques expliquant un temps particulier.

**Premier type (T1)** : C'est le type le plus dominant. Il est observé en hiver quand l'anticyclone des Açores déborde en surface sur l'Europe centrale et de l'est et surplombé par une dorsale étendue sur toute la France en altitude (géopotential 500 hPa). La France, sur le flanc ouest de cet anticyclone, ou sud

quand il est centré sur les îles britanniques, est affectée par une masse d'air venant du sud-est en surface alors qu'un flux sud-ouest domine en altitude. Le ciel est clair car l'air est subsident (la pression au sol avoisine 1025 hPa). Le vent est faible (2-3m/s) avec des températures au-dessus des normales de saison (+3 °C). La formation des brouillards est expliquée par l'inversion thermique persistant sur plusieurs heures.

*Deuxième type (T2)* : Il se produit quand la France est coincée entre deux talwegs séparés par une dorsale qui monte jusqu'au pays Scandinaves en surface aussi bien qu'en altitude. En surface, un flux dominant d'est à nord-est est enregistré. L'extension de l'anticyclone sibérien à l'ouest (1022hPa) favorise l'infiltration d'un air très froid et sec sur toute l'Europe d'où la baisse de la température qui descend parfois jusqu'à -12°C. Parallèlement l'insolation avoisine 430Wh/m<sup>2</sup> et le vent est modéré (3-7m/s). Un temps ensoleillé mais très froid augmente le recours massif au chauffage.

*Troisième type (T3)* : Ce type de temps froid et nuageux est observé principalement au début du printemps. Des épisodes de pollution coïncident avec une configuration de bas géopotential et dépressionnaire en surface. La France est concernée par un talweg qui prolonge la dépression subpolaire et achemine un flux de nord-est. Comme T2, la température baisse. Elle est à 5°C en dessous des normales de saison. Contrairement aux situations radiatives précitées l'amplitude thermique diurne est faible (<5°C).

**Tableau 1:** Valeurs moyennes des concentrations des PM<sub>10</sub> et nombre de jours appartenant aux trois types des temps

Type des temps	Nombre des jours	Moyenne de PM <sub>10</sub>	Max. de PM <sub>10</sub>	Min. de PM <sub>10</sub>
T1	142	62	162	47
T2	19	55	78	46
T3	37	54	74	45

**Tableau 2:** valeurs moyennées des variables météorologiques pour les trois types des temps (2009-2020)

Type des temps	SLP (hPa)	T-min (°C)	T-max (°C)	ΔT (°C)	RH (%)	V (m/s)	Flux Surface	Flux altitude	Phénomènes observés
T1	1025	2,4	15	12,6	86	2 à 3	Est/sud-est	Sud-ouest	brouillard + ciel claire
T2	1022	-3,5	7	10,5	56	3 à 7	Est/nord-est	Nord-est	neige
T3	996	0,1	5,6	5,5	77	5 à 8	Est/nord-est	Ouest	brouillard + ciel partiellement couvert

## Conclusion

Le classement des jours de dépassement en catégories homogènes a permis de comprendre la relation complexe entre la pollution et les conditions météorologiques. Les résultats révèlent que, outre les émissions, la stabilité de l'atmosphère est le principal facteur explicatif de l'accumulation des PM<sub>10</sub> près de la surface. Cela concorde avec d'autres recherches (Xiaolan et al., 2019 ; Qianhui et al., 2020; Xu et al., 2011). Toutefois, en région parisienne un temps froid, au début du printemps avec un vent modéré peut expliquer certains épisodes de forte pollution au PM<sub>10</sub> car, durant cette saison l'utilisation du chauffage s'ajoute à la forte activité pollinique mesurée également dans la fraction des PM<sub>10</sub>. Un réseau de 16 stations fixes de mesures de la qualité de l'air de type « Ecosmart » est mis en place à

partir de mars 2022 dans l'agglomération de Cergy Pontoise pour mieux observer la variationspatiotemporelle des PM<sub>10</sub> à échelle fine.

### **Bibliographie**

**Airparif.**, 2019. Bilan de la qualité de l'air Année 2018. Surveillance et information en Île-de-France. 98 p.

**Li, H. , Guo, B. , Han, M. , Tian, M. and Zhang, J.** (2015) Particulate Matters Pollution Characteristic and the Correlation between PM (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) and Meteorological Factors during the Summer in Shijiazhuang. *Journal of Environmental Protection*, **6**, 457-463. doi: 10.4236/jep.2015.65044.

**McGregor GR.** Winter ischaemic heart disease deaths in Birmingham, United Kingdom. A synoptic climatological analysis. *Clim Res* 13:17–**31**. <https://doi.org/10.3354/cr013017>, 1999.

**Qianhui Li, Bingui Wu, Jingle Liu, Hongsheng Zhang , Xuhui Cai , Yu Song.** Characteristics of the atmospheric boundary layer and its relation with PM<sub>2.5</sub> during haze episodes in winter in the North China Plain. *Atmospheric Environment*, Volume **223**, 15 February 2020, 117265 <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117265>

**Querol, X., Alastuey, A., et al.,** 2004. Levels of particulate matter in rural, urban and industrial sites in Spain. *The Science of Total Environment* **334–335**, 359–376.

**Rimetz-Planchon J, Perdrix Esperanza, Sobanska Sophie, Bremard Claude.** PM<sub>10</sub> air quality variations in an urbanized and industrialized harbor. *Atmospheric Environment* **42** (2008) 7274–7283. Doi:10.1016/j.atmosenv.2008.07.005

**Rodriguez, S., Querol, X., Alastuey, A., Kallos, G., Kakaliagou, O.,** 2001. Saharan dust contributions to PM<sub>10</sub> and TSP levels in Southern and Eastern Spain. *Atmospheric Environment* **35**, 2433–2447.

**Triantafyllou.** PM<sub>10</sub> pollution episodes as a function of synoptic climatology in a mountainous industrial area. *Environmental Pollution*. Volume **112**, Issue 3, May 2001, Pages 491-500. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00131-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00131-7)

**VIGNEAU J.P.** Géoclimatologie. Ellipses. 334 p. 2000

**Xiaolan Li, Xiao-Ming Hu, Yanjun Ma, Yangfeng Wang, Liguang Li, Ziqi Zhao.** Impact of planetary boundary layer structure on the formation and evolution of air-pollution episodes in Shenyang, Northeast China. *Atmospheric Environment*. Volume **214**, 1 October 2019, 116850 <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116850>

**Xu, WY, Zhao, CS, Ran, L., Deng, ZZ, Liu, PF, Ma, N., Lin, WL, Xu, XB, Yan, P., He, X., Yu, J., Liang , WD et Chen, LL.** Caractéristiques des polluants et leur corrélation avec les conditions météorologiques sur un site suburbain de la plaine de Chine du Nord, *Atmos. Chim. Phys.*, **11**, 4353–4369, <https://doi.org/10.5194/acp-11-4353-2011> , 2011.