

Note technique

Estimation de la contribution des
poussières sahariennes aux
dépassements des valeurs limites PM₁₀
survenus en 2023 sur le site de Marseille
Rabatau



Groupement d'intérêt scientifique

Travaux réalisés par
Ineris
dans le cadre du

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air

Estimation de la contribution des poussières sahariennes aux dépassements des valeurs limites PM10 survenus en 2023 sur le site de Marseille Rabatau

Laurent Létinois - Ineris

Vérification : Ineris : FAVEZ OLIVIER; MARCHAND-MARQUIS CAROLINE; MALHERBE LAURE; MELEUX FREDERIK; DURIF MARC

Approbation : Ineris : Document approuvé le 16/03/2026 par DEBRAY BRUNO



Table des matières

1	CONTEXTE	7
2	MÉTHODOLOGIE	8
2.1	Estimation des concentrations de fond régional	8
2.2	Identification des épisodes de poussières sahariennes.....	9
2.3	Estimation de la contribution des épisodes sahariens	10
3	RÉSULTATS	11
3.1	Calcul des contributions sahariennes et ajustement des moyennes journalières....	11
3.2	Comparaison des résultats à des mesures de composition chimique des PM ₁₀	11
3.3	Bilan annuel des dépassements après ajustement.....	13
4	CONCLUSION	14
5	RÉFÉRENCES	14

Résumé

En 2023, le nombre maximal autorisé de dépassements (35 jours) de la valeur limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) relative à la moyenne journalière en particules PM_{10} a été dépassé sur le site de surveillance de Marseille Rabatau (FR03006). Un dépassement de l'objectif environnemental avait déjà été relevé en 2022 sur ce point de mesure. La méthodologie recommandée par la Commission européenne pour déterminer la contribution des sources sahariennes aux dépassements des valeurs limites avait été appliquée et avait conduit à réduire le nombre des dépassements susceptibles d'être attribués aux activités humaines en deçà du maximum autorisé.

L'application de cette même méthodologie sur l'année 2023 montre qu'un nombre notable de dépassements serait attribuable à la source saharienne. Après déduction de la part attribuable à la source sahariennes aux concentrations sur les jours considérés, le site Marseille Rabatau reste toutefois en dépassement de la valeur limite journalière pour les particules PM_{10} . En effet, 45 dépassements restent attribuables à d'autres sources que la source saharienne.

D'importants travaux de voirie étant en cours aux abords de cette station, il est supposé que les dépassements constatés en 2023 sur la station Marseille Rabatau sont fortement liés aux émissions de particules générées par ces aménagements urbains (qui devraient être terminés avant la fin de l'année 2025).

1 Contexte

Un dépassement du nombre de jours autorisés de la valeur limite journalière (VL jour) en PM₁₀ a été relevé en 2023 sur le site Marseille Rabatau (FR03006), station urbaine située dans la zone administrative de surveillance de type ZAG (zone à risques – agglomération) de Marseille-Aix. 57 jours de dépassement de la valeur limite ont ainsi été constatés, excédant le maximum de 35 jours autorisé. Un dépassement de cet objectif environnemental avait déjà été relevé en 2022 sur ce même point de mesure. La ZAG Marseille-Aix (précédemment appelée Provence-Alpes-Côte-d’Azur-Marseille) n’avait pas connu auparavant de dépassement de cet objectif environnemental depuis l’année 2013.

Il est à noter que d’importants travaux de voirie liés à la transformation de l’aménagement urbain ont été entrepris aux abords de la station Marseille Rabatau depuis 2022, ces travaux devant être achevés avant la fin de l’année 2025.

Le Tableau 1 présente l’historique des nombres maximums de dépassements journaliers relevés sur la ZAG Marseille-Aix. La valeur la plus élevée a été mesurée systématiquement sur le site Marseille Rabatau (site sous influence du trafic pour l’ensemble des polluants mesurés).

Tableau 1 : Historique des nombres maximums de dépassements relevés sur la ZAG Marseille-Aix entre 2013 et 2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Nombre de dépassements de la VL jour	58	33	34	29	29	8	27	3	27	38	57

Des travaux antérieurs du LCSQA ([1] à [4]) ont déjà permis d’estimer la part des poussières sahariennes, générées par les tempêtes de sable au Sahara puis transportées sur de longues distances, dans les concentrations de PM₁₀ mesurées en Martinique et Guadeloupe et sur la ZAG de Marseille.

La présente note décrit l’estimation de la contribution des poussières sahariennes aux dépassements relevés sur la station Marseille Rabatau en 2023 en exploitant une méthodologie identique à celle déjà utilisée les années passées.

2 Méthodologie

La méthodologie exploitée pour quantifier la contribution des poussières sahariennes aux dépassements PM_{10} ([1] à [4]) est ici mise en œuvre pour les dépassements relevés en 2023 à Marseille. Elle correspond à celle préconisée par la Commission européenne : “Commission staff working paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe”. Sec (2011) 208 final.

2.1 Estimation des concentrations de fond régional

Selon les préconisations de ce guide européen, les concentrations de PM_{10} enregistrées sur une station représentative du fond régional peuvent être utilisées afin d’estimer les concentrations de poussières sahariennes affectant l’ensemble des stations environnantes.

Dans le cadre de cette étude, la station de mesure rurale régionale « Obs Haute-Provence » référencée FR24039 a été retenue. La couverture annuelle des données de ce point de mesure était bonne en 2023 (92 % pour les mesures de PM_{10}) mais ne permet pas de couvrir l’ensemble des périodes à étudier : six journées associées à une situation de dépassement sur Marseille Rabatau n’ont ainsi pas de moyennes journalières associées valides sur le site régional. La possible prise en compte de ces journées n’aurait pas modifié la conclusion de bilan final présenté dans le chapitre 3.3.

Les Figure 1 et Figure 2 présentent la situation géographique des stations Obs Haute-Provence et Marseille Rabatau.

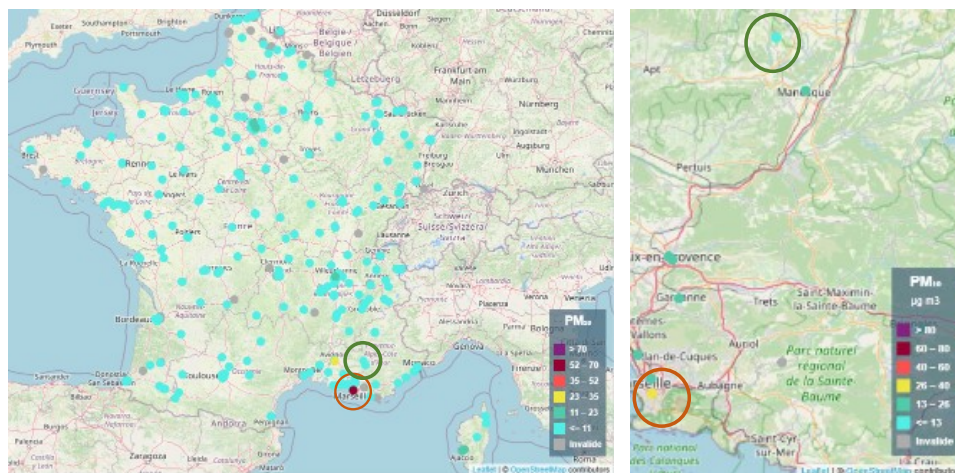


Figure 1: A gauche : nombre de jours de dépassement PM_{10} relevés en 2023 en France métropolitaine – A droite : situation géographique du site Obs Haute-Provence (cercle vert) par rapport au site Marseille Rabatau (cercle orange) et présentation des moyennes annuelles relevées en 2023 sur les sites de surveillance réglementaire dans la zone considérée.

2.2 Identification des épisodes de poussières sahariennes

L'identification des épisodes de poussières désertiques est réalisée à partir des données de la réanalyse régionale¹ COPERNICUS, et plus précisément de la version intermédiaire de cette réanalyse, la version définitive n'étant pas disponible au moment de l'étude en août 2024. Cette réanalyse combine des données de modèles avec des observations in-situ à l'échelle de l'Europe et fournit des données de concentrations pour de nombreux constituants chimiques de l'atmosphère (dont l'ozone, les particules et leurs compositions en poussières désertiques, sels de mer, matière organique, etc.). Les observations in-situ sont issues de données partiellement validées. Ces sorties COPERNICUS sont disponibles selon un pas de temps horaire à une résolution horizontale de 0,1° par 0,1° (soit environ 10 km par 10 km) et sur 10 niveaux verticaux (de 0 à 5000 m). Pour ce travail, les données de surface de poussières désertiques (fraction dust des particules PM₁₀) ont été extraites sur la zone d'étude et interpolées sur la station Obs Haute-Provence pour l'année 2023. Les concentrations en poussières désertiques de ce site ont été réparties en 5 classes pour illustrer l'intensité des événements de poussières ayant affecté cette station :

- L : concentrations inférieures à 1 µg/m³
- A : concentrations comprises entre 1 et 5 µg/m³
- B : concentrations comprises entre 5 et 10 µg/m³
- C : concentrations comprises entre 10 et 50 µg/m³
- D : concentrations supérieures à 50 µg/m³

Dans la continuité des travaux déjà menés les années précédentes, seules les classes B, C et D sont retenues. Sur l'année de simulation 2023, seuls des épisodes de classes B et C apparaissent, aucun épisode de classe D n'a été relevé par les modèles.

La Figure 2 présente la répartition trimestrielle du nombre de jours soumis à des épisodes sahariens au cours de l'année 2023 selon COPERNICUS. Le troisième trimestre est principalement impacté par ces épisodes, suivi dans une moindre mesure par le quatrième trimestre. La comparaison de ces résultats avec la répartition des dépassements relevés par la mesure sur le site Marseille Rabatau (Figure 3) ne révèle pas de corrélation évidente entre ces informations.

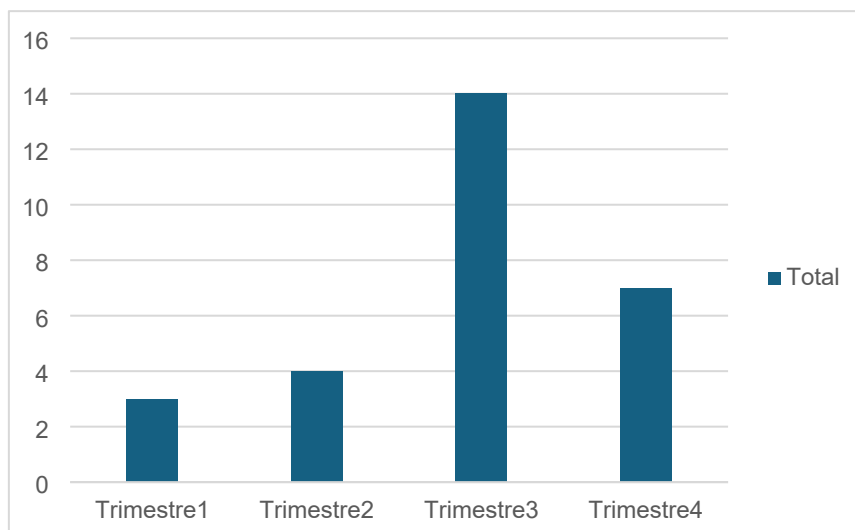


Figure 2: Répartition trimestrielle en 2023 du nombre de jours d'épisodes sahariens selon les données COPERNICUS interpolées sur le site Obs Haute-Provence

¹ CAMS regional interim reanalysis data : <https://atmosphere.copernicus.eu/regional-services>

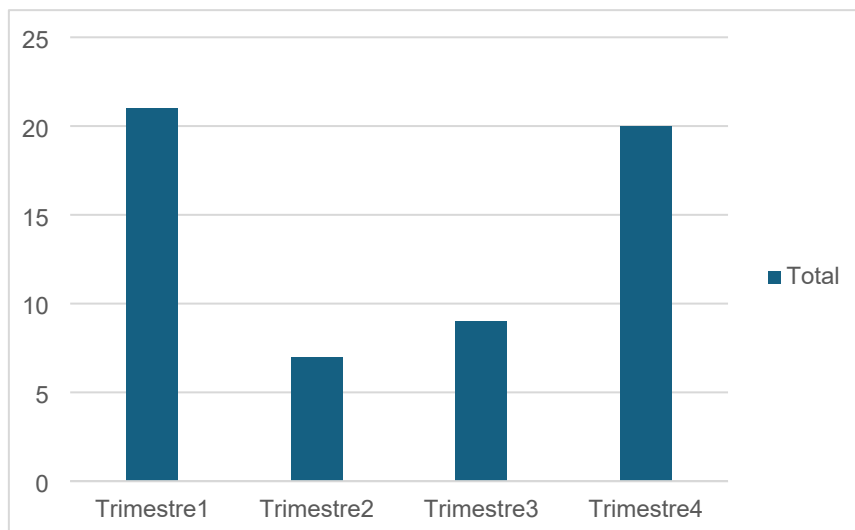


Figure 3 : Répartition trimestrielle en 2023 du nombre de jours en dépassement relevés par la mesure sur le site Marseille Rabatau

2.3 Estimation de la contribution des épisodes sahariens

Pour chaque journée en dépassement sur le site de Marseille Rabatau incluse dans l'un des épisodes précédemment identifiés par Copernicus, la contribution des sources sahariennes est estimée à partir des mesures sur le site de référence Obs Haute-Provence. Pour chacune de ces journées, la valeur de fond moyenne sur le site de Haute-Provence hors épisode saharien est élaborée en calculant la médiane des concentrations journalières des journées non sujettes à un épisode saharien sur une période glissante d'un mois (15 jours avant et 15 jours après le jour visé). Cette valeur est ensuite retranchée à la moyenne journalière du jour mesurée sur ce même site pour déterminer une estimation de la contribution de l'épisode saharien.

3 Résultats

3.1 Calcul des contributions sahariennes et ajustement des moyennes journalières

La méthodologie appliquée permet d'évaluer l'unique apport des particules de source saharienne sur la station Marseille Rabatau pour les jours identifiés comme jours d'épisode saharien via Copernicus. Cet apport est ensuite retranché à la moyenne journalière de chacune de ces journées pour estimer la concentration attribuable à d'autres sources d'émissions. La Figure 4 présente les moyennes journalières 2023 mesurées et ajustées.

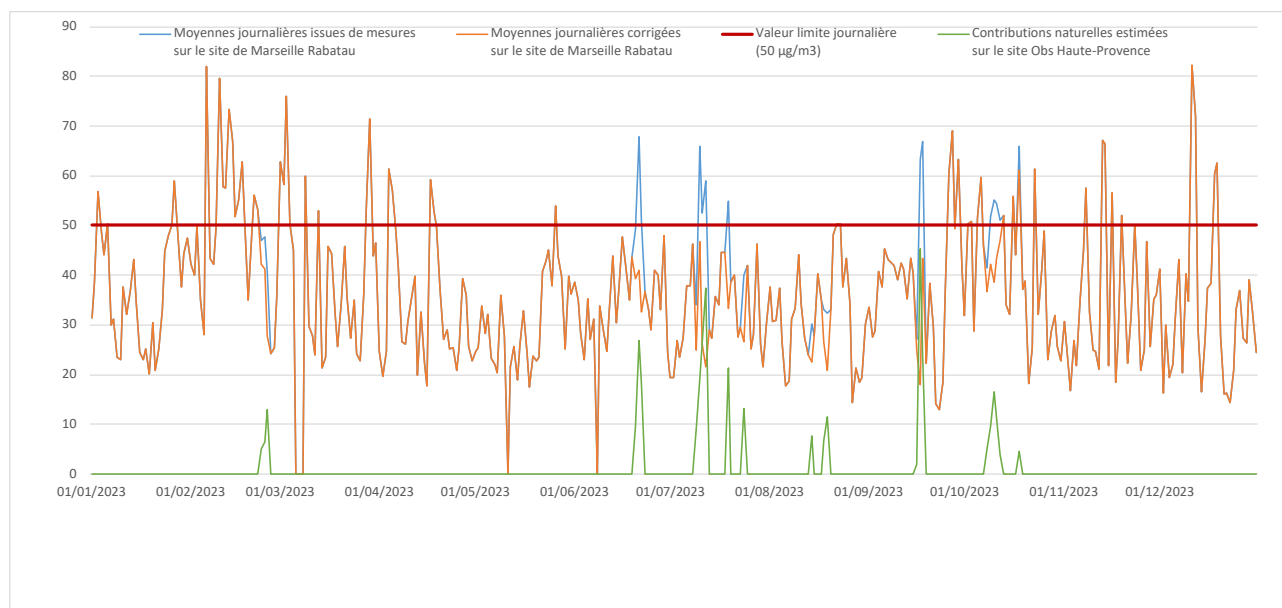


Figure 4: Evolution des moyennes journalières mesurées et ajustées sur le site de Marseille Rabatau en 2023

3.2 Comparaison des résultats à des mesures de composition chimique des PM₁₀

Différentes études réalisées dans le cadre du [programme CARA](#) ont permis d'évaluer la part imputable aux contributions naturelles sur plusieurs stations de mesure du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air, par exemple lors d'une campagne d'envergure en Martinique tout au long de l'année 2018. Ces résultats avaient contribué à conforter les résultats des études [2] à [4].

Ainsi, trente-deux prélèvements sur filtre collectés par Atmo Sud à la station urbaine de fond Marseille Cinq-Avenues (site multi-instrumenté régional, proche de Marseille Rabatau, cf. carte de situation présentée en Figure 6) ont été retenus pour analyse chimique en laboratoire. Les dates de prélèvement ont été sélectionnées soit lorsqu'un dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ a été observé à la station Marseille Rabatau, soit lorsque la moyenne journalière relevée sur Marseille Rabatau était supérieure à 45 µg/m³ et la moyenne journalière relevée sur le site Obs Haute Provence supérieure à 15 µg/m³.

Pour 27 des 50 jours de dépassement relevés à la station Marseille Rabatau, aucun filtre n'était disponible sur le site Marseille Cinq-Avenues.

En se focalisant sur les espèces Al, Fe, Ca et K, il est normalement possible d'estimer la part de la source saharienne dans des concentrations mesurées de PM₁₀ à condition que les mesures soient localisées sur une station de fond rurale régionale. Ce n'est pas le cas pour le site Marseille 5 avenues. En effet, ces espèces peuvent provenir d'autres sources telles que : les émissions automobiles hors-échappement ; les travaux d'aménagements urbains ; et tout autre type de source locale. Un exercice d'estimation des contributions de poussières sahariennes a néanmoins été réalisé, à titre informatif, à l'aide de cette méthodologie.

Les graphes de la Figure 5 présentent la comparaison entre les contributions estimées selon la méthodologie européenne et les contributions estimées à partir des résultats d'analyse chimique. Les valeurs nulles selon la méthodologie européenne (3.1) et faibles selon la composition chimique mesurée correspondent aux jours considérés comme hors épisode de poussières sahariennes (la contribution selon la méthodologie européenne n'y est alors pas quantifiée).

Malgré les limites de l'exercice, cette comparaison montre, pour les valeurs élevées, une concordance notable entre les contributions déduites de la composition chimique mesurée et celles estimées par la méthodologie européenne.

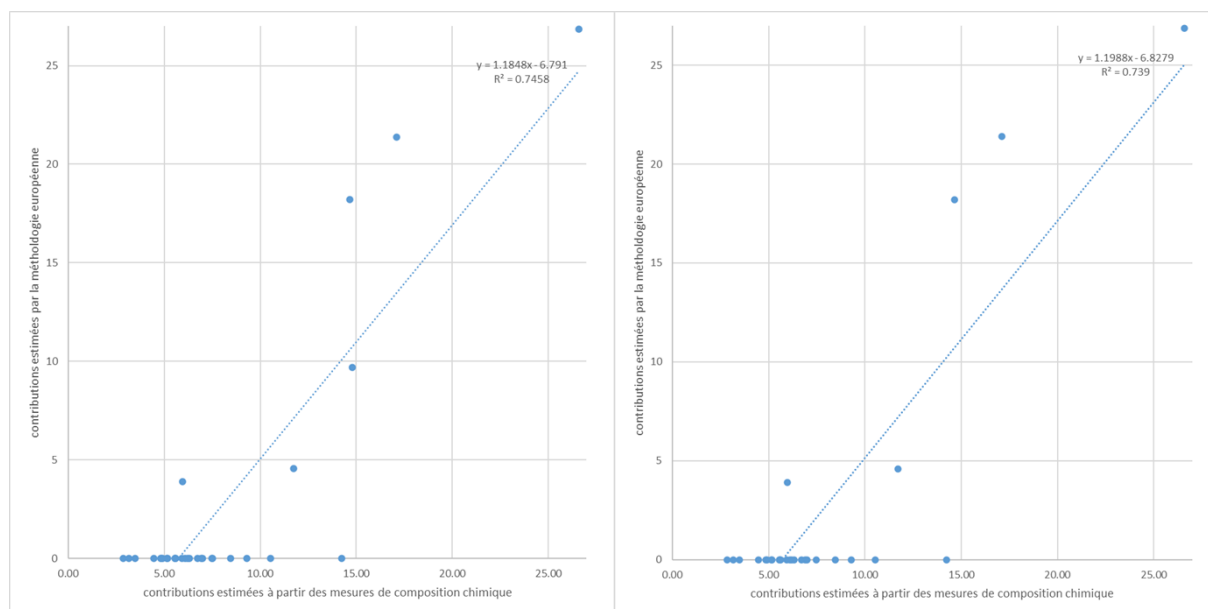


Figure 5: Comparaison des contributions sahariennes issues des mesures de composition chimique et estimées selon la méthodologie européenne. A gauche : toutes les journées avec des mesures de composition chimique disponibles. A droite : toutes les journées en situation de dépassement avec des mesures de composition chimique disponibles.

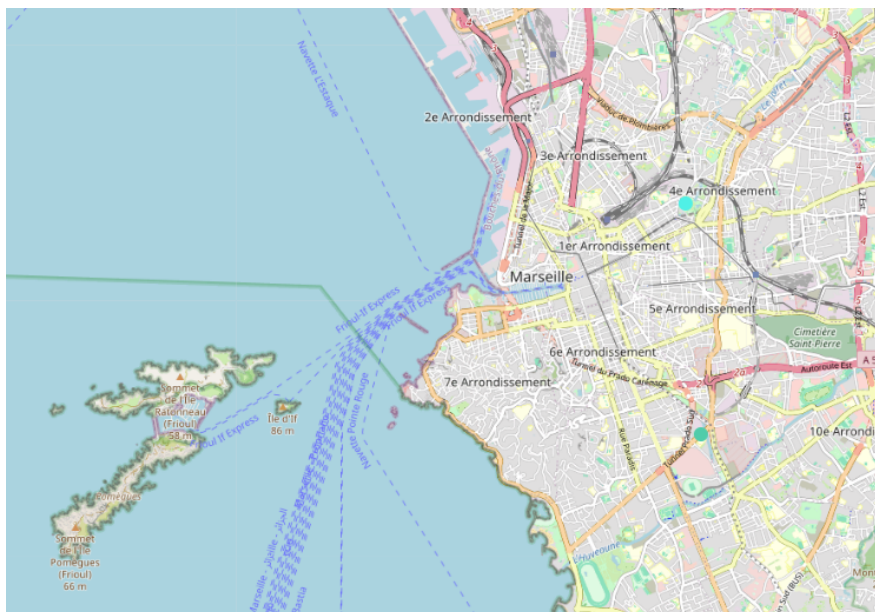


Figure 6 : Emplacement des sites Marseille Rabatau (sud) et Marseille Cinq-Avenues (nord)

3.3 Bilan annuel des dépassements après ajustement

Après soustraction des contributions sahariennes estimées selon la méthodologie européenne, 12 moyennes journalières sur les 57 initialement en dépassement en 2023 sont inférieures à la valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 45 dépassements restent donc attribuables à d'autres sources que la source saharienne. Le site de Marseille Rabatau est de ce fait toujours concerné par le dépassement de l'objectif environnemental (au sens de la Directive Européenne).

Le détail des ajustements sur les jours en dépassement est fourni dans un fichier Excel (Corrections dépassements Marseille Rabatau 2023.xlsx) mis en annexe de ce document.

A noter que pour l'année 2024, la station de Marseille Rabatau ne dépasse plus la valeur limite, avec seulement 13 dépassements journaliers relevés sur l'année.

4 Conclusion

Plus de 35 dépassements de la valeur limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) relative à la concentration moyenne journalière de PM_{10} ont été relevés en 2023 sur la station de mesure Marseille Rabatau située dans la ZAG de Marseille-Aix. Une analyse a été menée en 2024 pour évaluer la part de la source saharienne dans ces dépassements, en utilisant la méthodologie européenne déjà appliquée l'année précédente sur ce même site et certaines années antérieures sur la Martinique.

Les résultats obtenus montrent que les apports de poussières sahariennes contribuent à un nombre significatif de jours en dépassement de la valeur limite journalière : 12 jours sur les 57 initiaux.

La soustraction des apports estimés aux valeurs de concentrations mesurées à la station Rabatau lors des épisodes de poussières sahariennes réduit le nombre de jours de dépassement à 45 jours. Malgré le retranchement de la contribution de ces particules naturelles aux observations enregistrées par l'AASQA, ce site dépasse donc l'objectif environnemental visé pour les PM_{10} en 2024.

5 Références

- [1] Favez O., Aujay R. Alleman L., 2020. Caractérisation chimique et étude de sources des particules en Martinique au cours de l'année 2018. Rapport LCSQA, <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/caracterisation-chimique-et-etude-de-sources-des-particules-en-martinique-en-2018>
- [2] Létinois L., Meleux F., Favez O., 2021. Estimation de la contribution des poussières sahariennes aux dépassements des valeurs limites PM_{10} survenus en Martinique (2016-2018). Note technique LCSQA.
- [3] Létinois L., 2022. Estimation de la contribution des poussières sahariennes aux dépassements des valeurs limites PM_{10} survenus en Martinique en 2021. Note technique LCSQA.
- [4] Létinois L., 2023. Estimation de la contribution des poussières sahariennes aux dépassements des valeurs limites PM_{10} survenus en 2022 sur le site de Marseille Rabatau. Note technique LCSQA.

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est un groupement d'intérêt scientifique créé en 2005 et constitué des laboratoires de l'IMT Nord Europe, de l'Ineris et du LNE. Depuis 1991, ses équipes d'experts mènent des études et des recherches sur la qualité de l'air, en appui au ministère chargé de l'environnement, et en étroite collaboration avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Le LCSQA est désigné par le ministère pour assurer la coordination technique nationale du dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France. Il est également l'organisme de référence requis par les directives européennes et ses missions sont définies par l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

L'objectif principal du LCSQA est ainsi de contribuer à l'amélioration continue du dispositif de surveillance en apportant un appui scientifique et technique au ministère et aux AASQA.

Ses travaux portent, d'une part, sur l'ensemble de la chaîne de surveillance : la qualité des mesures en air ambiant (du prélèvement à l'analyse), les inventaires d'émissions, la modélisation des concentrations et leur cartographie, la centralisation ainsi que le traitement et la mise à disposition des données, et d'autre part, sur les méthodes d'évaluation des plans d'actions. Cette action s'inscrit à la fois dans le cadre des réglementations nationales et européennes, et dans une démarche prospective visant à anticiper les besoins de la surveillance de demain.

Direction du LCSQA

Ineris - Parc technologique Alata 2 -
BP2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
Tél : 03 44 55 69 16

www.lcsqa.org