

Episodes de poussières désertiques en Auvergne-Rhône-Alpes

Historique et éléments de chimie

2017 - 2025



Diffusion : Mars 2026

Siège social :
3 allée des Sorbiers 69500 BRON
Tel. 09 72 26 48 90
contact@atmo-aura.fr

Conditions de diffusion

Dans le cadre de la réforme des régions introduite par la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (loi NOTRe du 16 juillet 2015), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Auvergne (ATMO Auvergne) et de Rhône-Alpes (Air Rhône-Alpes) ont fusionné le 1er juillet 2016 pour former Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-auvergnerhonealpes.fr

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © Atmo Auvergne-Rhône-Alpes **(2026) Episodes de poussières désertiques en Auvergne-Rhône-Alpes – Historique et éléments de chimie** .

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

- depuis le [formulaire de contact](#)

- par mail : contact@atmo-aura.fr

- par téléphone : 09 72 26 48 90



Financement

Cette étude a pu être exploitée grâce aux données générales de l'observatoire, financées par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Elle s'appuie sur les données du programme CARA (caractérisation chimique des particules) ainsi que sur les travaux de la [Chaire Prédicit'Air](#) et de [l'Institut des Géosciences de l'Environnement](#).

Résumé

Les aérosols désertiques, aussi appelés poussières ou particules désertiques, sont produites lors de l'érosion des sols dans les zones arides et semi-arides. Ces particules sont suffisamment fines pour être ensuite transportées en altitude sur de longues distances, pouvant ainsi retomber à des milliers de kilomètres de leur zone de production. Il est estimé qu'entre 1 et 3 milliards de tonnes de poussières désertiques sont émises par an dans le monde. A l'échelle mondiale, la source majoritaire de ces particules est le Sahara. Les poussières désertiques atteignant l'Europe proviennent majoritairement de cette zone et du nord du Sahel.

Les épisodes de poussières désertiques sont un phénomène récurrent en région Auvergne-Rhône-Alpes, particulièrement à la fin de l'hiver et au printemps. Entre 2017 et 2025, ces poussières ont entraîné des centaines de journées de vigilance (cumulées sur les 21 zones du dispositif de surveillance du territoire). On estime ainsi qu'environ 30% des situations de vigilance sur notre région sont dues à cette pollution.

Le territoire est cependant diversement impacté. Les zones alpines de l'Est de la région enregistrent le plus d'épisodes de poussières désertiques, ces territoires montagneux étant plus vulnérables à ces phénomènes arrivant des hautes altitudes.

Bien que le recul temporel soit encore assez faible et que les variations interannuelles soient importantes, le nombre d'épisodes désertiques semble en nette hausse d'année en année. 2024 et 2025 sont même parmi les années les plus touchées (en nombre d'activations de vigilances).

Les analyses de la chimie de ces particules ont globalement confirmé ce que l'on trouve dans la littérature. Les poussières désertiques traversant la région Auvergne-Rhône-Alpes se caractérisent ainsi par des éléments métalliques et métalloïdes présents en plus grandes quantités. Plus précisément, les analyses ont montré des teneurs en silicium et aluminium en forte hausse durant les épisodes désertiques.

Cette première étude spécifique aux poussières désertiques en Auvergne-Rhône-Alpes constitue une première étape dans la connaissance de ce phénomène et devra être complétée lorsque la profondeur temporelle sera suffisante, afin de consolider les conclusions. De nouveaux paramètres pourront également être investigués, comme le potentiel oxydant, afin de préciser l'éventuel impact sanitaire de ces poussières.

Sommaire

1. Introduction	7
1.1. Description du phénomène	7
1.1.1. Emissions	7
1.1.2. Transport.....	8
1.1.3. Dépôt	9
1.2. Fréquence et saisonnalité des épisodes de poussières désertiques	9
1.3. Composition des poussières désertiques	9
1.4. Impact sanitaire des poussières désertiques	10
2. Historique 2017-2025 des épisodes désertiques en région AuRA	11
2.1. Bilan des vigilances par zone.....	11
2.2. Dépassements des seuils réglementaires	11
2.3. Saisonnalité et évolution pluriannuelle.....	12
2.4. Exemple d'épisode marquant (29 au 30 mars 2024).....	13
3. Eléments de chimie des particules durant les épisodes de poussières désertiques	17
3.1. Méthodologie.....	17
3.2. Part des métaux (données en ligne XAct)	17
3.3. Part des ions (données en ligne ACSM).....	18
3.4. Part des ions (analyses sur filtres).....	19
4. Conclusion	20
5. Bibliographie	21

Illustrations

Figure 1 : Sources potentielles de poussières dans le nord de l'Afrique (Potential dust Source Areas in Northern hemispheric Africa - PSANAF). Source : https://misva.aeris-data.fr/	7
Figure 2 : Schéma d'émission des particules suivant leur taille. Source : UNEP, WMO, UNCCD (2016)	8
Figure 3 : Simulation des émissions d'aérosols désertiques à l'échelle continentale. Source : Laurent B. Thèse de doctorat 2005	8
Figure 4 : Bilan du nombre de vigilance par zone de 2017 à 2025	11
Figure 5 : Nombre de dépassements réglementaires liés aux poussières désertiques par département - 2017 à 2025	12
Figure 6 : évolution pluriannuelle du nombre de vigilances liées aux poussières désertiques	12
Figure 7 : répartition annuelle des activations de vigilance liés aux poussières désertiques	13
Figure 8 : image satellite de la remontée des particules désertiques au-dessus de la Méditerranée ..	13
Figure 9 : Concentrations journalières maximales de PM10 dans les régions limitrophes	14
Figure 10 : évolution des concentrations horaires de PM10 dans le sud et le centre de la région du 29 au 31 mars.....	14
Figure 11 : évolution des concentrations horaires de PM10 dans le quart nord-est de la région du 29 au 31 mars.....	15
Figure 12 : concentrations journalières maximales relevées les 29 et 30 mars 2024	15
Figure 13 : impacts visuels de l'épisode. Dépôt sur les pistes de ski à Villard-de-Lans (en haut à gauche), ciel chargé de poussières à Lyon (en haut à droite), station de Serre-Chevalier (en bas à gauche), dépôts de poussières sur les voitures (en bas à droite).....	16
Figure 14 : part des métaux dans les particules PM10 - Grenoble Les Frênes	17
Figure 15 : répartition des différents éléments métalliques dans les PM10 - Grenoble Les Frênes.....	18
Figure 16 : part des ions et de la fraction organique dans les PM1 - Grenoble les Frênes	18
Figure 17 : part des ions dans la PM10 - Lyon Centre	19
Figure 18 : répartition des différentes espèces ioniques dans les PM10 - Lyon Centre	19

1. Introduction

1.1. Description du phénomène

On voit parfois le ciel se teinter d'orange, les voitures se couvrir d'une fine pellicule de sable. En cause : des poussières venues tout droit du désert du Sahara. Par quels mécanismes ces particules parviennent-elles jusqu'à notre région et quels impacts ont-elles ?

Les aérosols désertiques, aussi appelés poussières ou particules désertiques, sont produites lors de l'érosion des sols dans les zones arides et semi-arides^[1]. Ces particules sont suffisamment fines pour être ensuite transportées en altitude sur de longues distances, pouvant ainsi retomber à des milliers de kilomètres de leur zone de production. Il est estimé qu'entre 1 et 3 milliards de tonnes de poussières désertiques sont émises par an dans le monde^[1 2 3 4]. La source majoritaire de ces particules est le Sahara^[1].

1.1.1. Emissions

A l'échelle mondiale, les principales zones de production de poussières désertiques se situent majoritairement dans l'hémisphère Nord, incluant l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient, ainsi que l'Asie centrale et du Sud. À un niveau moindre, ces poussières proviennent également du sud de l'Afrique, de l'Australie et du sud-ouest des États-Unis^[1].

Les poussières désertiques atteignant l'Europe proviennent majoritairement du Sahara et du nord du Sahel, où plusieurs zones d'émissions principales ont été déterminées. Parmi elles, la dépression du Bodélé, située au Tchad, est considérée comme la plus importante^[5]. Cette région génère de nombreuses tempêtes de poussière en raison de sa topographie spécifique qui favorise le développement des vents^[6]. Les autres zones de production importantes sont la zone des Chotts en Tunisie et dans le nord de l'Algérie, les contreforts du massif de l'Atlas (Sahara occidental), la zone frontalière Mali-Algérie, le centre de la Lybie, et le désert de Nubie entre l'Égypte et le Soudan^[5 7 8] (Figure 1).

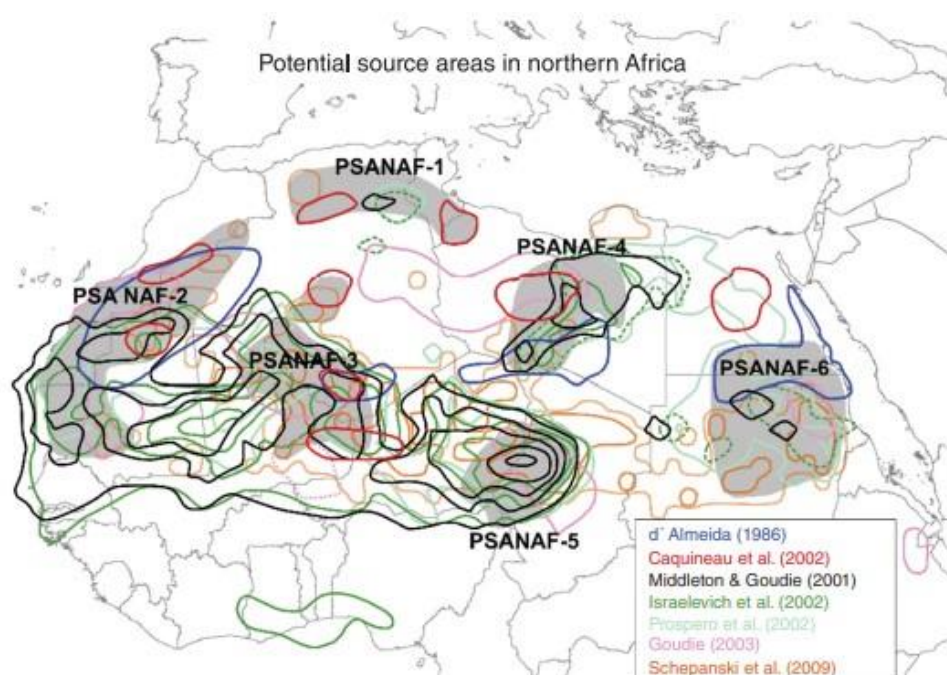


Figure 1 : Sources potentielles de poussières dans le nord de l'Afrique^[1]

Ces zones d'émissions sont soumises à l'action du vent, qui érode le sol et met en suspension des particules. Différents phénomènes interviennent alors. D'abord, lors du processus de saltation les grains ayant un diamètre compris entre 70 et 1000 μm sont arrachés du sol et transportés horizontalement. Lorsque ces particules retombent, elles libèrent des particules plus fines, qui peuvent être transportées verticalement si elles sont suffisamment fines (moins de 20 μm). Il s'agit du phénomène de « sandblasting »^[1 2] (ou sablage). Plus une particule est fine, plus elle pourra être transportée sur une longue distance (Figure 2).

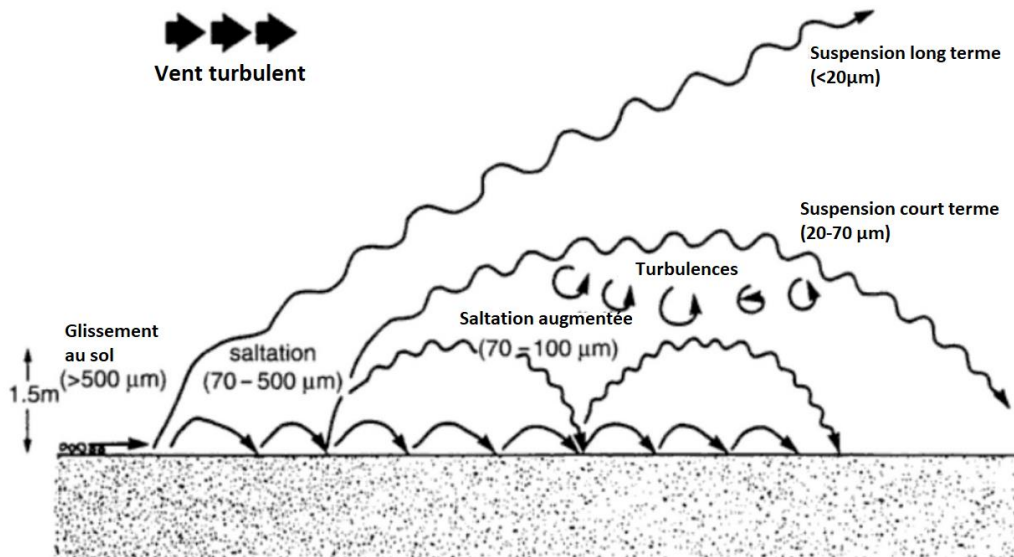


Figure 2 : Schéma d'émission des particules suivant leur taille^[1]

1.1.2. Transport

Après émission et mise en suspension dans les zones désertiques, les poussières suffisamment fines sont transportées sur de longues distances et à haute altitude. La majorité des poussières désertiques sont transportées dans une zone comprise entre 2,5 et 6 km d'altitude^[9 10]. Les poussières sahariennes sont transportées vers différents endroits du monde selon les flux atmosphériques. Il est estimé que 12% seulement des flux de poussières provenant d'Afrique du Nord se dirigent vers l'Europe, les deux autres flux principaux étant vers le Golfe de Guinée et vers l'Amérique^[7] (Figure 3).

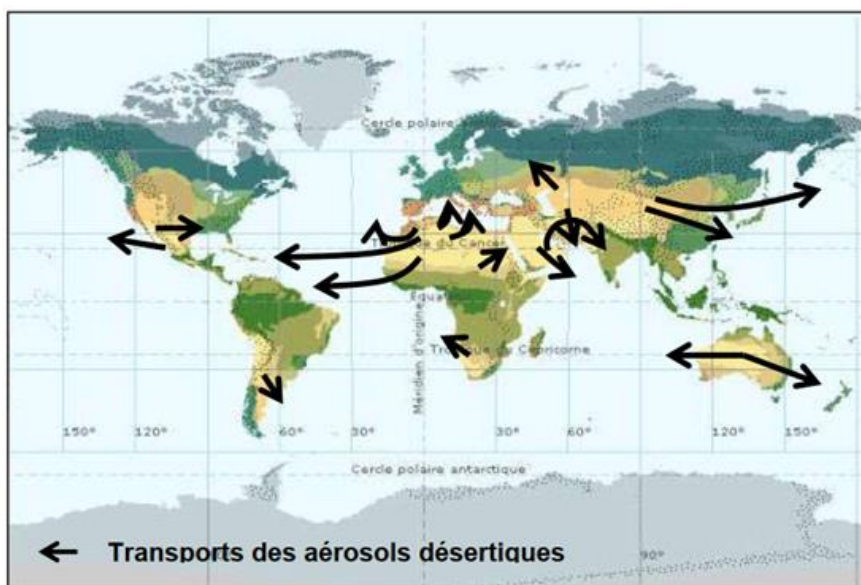


Figure 3 : Simulation des émissions d'aérosols désertiques à l'échelle continentale^[2]

1.1.3. Dépôt

Après transport, les particules peuvent retomber et être déposées au sol. Ce dépôt peut être humide, lorsque les particules désertiques sont déposées par la pluie. Dans ce cas, les particules retombent au sol et la qualité de l'air n'est pas, ou très peu, impactée. L'autre cas est le dépôt sec, lorsque les particules quittent les hautes couches de l'atmosphère pour se retrouver proches du sol où elles peuvent stagner en suspension avant leur dépôt au sol. Les concentrations mesurées dans l'air peuvent alors fortement augmenter.

1.2. Fréquence et saisonnalité des épisodes de poussières désertiques

La production de poussières désertiques varie selon les saisons. Pour les sources nord-africaines, la plus grande production se situe entre avril et septembre et est majoritairement localisée dans l'ouest saharien. Le reste de l'année, seule la dépression du Bodélé (nord du Sahel) est active et les poussières sont émises en moindre quantités^[11].

Les épisodes de poussières désertiques visibles en Europe sont ainsi principalement recensés au printemps et en été^[11 12 13]. Ces variations saisonnières peuvent s'expliquer par des conditions météorologiques plus favorables à la mise en suspension des poussières dans l'air en période estivale. En effet, les fortes chaleurs et les conditions anticycloniques y sont plus fréquentes, et sont favorables à la mise en place d'un système convectif permettant la mise en suspension des particules dans l'air. Associé à cela, le taux de précipitation faible à cette saison limite le dépôt humide des particules dès leur zone de production^[11].

Les épisodes de particules désertiques voient leur fréquence augmenter au fil des années^[1 et 13 à 16]. Dans la péninsule ibérique, il y aurait eu une augmentation moyenne de 0,77 jours de poussières par an entre 1948 et 2020, ce qui revient à 50 à 60 jours de poussières supplémentaires^[16]. En plus de cette augmentation du nombre d'épisodes annuels, la saisonnalité de ce phénomène semble aussi se modifier, avec un nombre croissant d'intrusions de particules désertiques en hiver^[13 14 15].

En Europe du Nord, le nombre d'épisodes de poussières désertiques aurait doublé entre 2010 et 2022, comparé à la période 1980-2010^[14]. Différents éléments peuvent expliquer ces changements interannuels. Parmi les hypothèses avancées, l'augmentation des températures de surface et de la vitesse du vent accélérerait les processus de désertification et d'érosion, favorisant le soulèvement des poussières dans l'air et leur transport à haute altitude. Certains auteurs émettent aussi l'hypothèse d'une modification des courants atmosphériques permettant le transport de ces poussières, notamment via une diminution du gradient de température entre les hautes et basses latitudes. Ce phénomène pourrait induire des jet-streams de plus forte amplitude et plus sinueux qui pourraient affecter les régions désertiques de faible latitude^[13]. Une autre raison évoquée serait les changements d'utilisation des sols, liés aux activités anthropiques, comme la déforestation ou une agriculture intensive menant à une plus forte érodabilité des sols^[13 14 16].

1.3. Composition des poussières désertiques

Les poussières désertiques arrivant jusqu'en Europe sont des particules grossières, dont le diamètre médian est inférieur à 10 μm ^[17]. Il s'agit principalement de limons, c'est-à-dire de particules de taille comprise entre 2 et 50 μm . Ces particules deviennent plus fines avec une distance de transport plus grande, et ont alors une part d'argiles plus importante^[17]. Elles ont une composition principalement minéralogique, avec une majorité d'oxydes de silice, d'aluminium, de fer, de calcium, de magnésium et de potassium^[17].

Lors d'épisodes sahariens, les particules sont plus riches en éléments crustaux et métalliques caractéristiques des minéraux silicatés présents dans le Sahara. Il s'agit notamment du silicium, du fer, du titane et du vanadium qui sont des éléments typiques des poussières sahariennes, mais aussi du manganèse, du magnésium, du calcium, du baryum, de l'aluminium et du potassium^[18]. Au contraire, certains éléments comme le cuivre, le

zinc et le plomb seraient principalement lié aux émissions des véhicules et leurs proportions n'augmentent pas lors des épisodes sahariens.

Au-delà de cette composition minéralogique, les particules sahariennes pourraient aussi transporter des polluants anthropogéniques, comme certains métaux lourds, pouvant provenir d'activités anthropiques proches de la source d'origine^[18]. De plus, des interactions peuvent exister avec d'autres gaz atmosphériques (SO₂, NO₂), pouvant mener à la formation d'ions inorganiques secondaires (sulfates, nitrates, ammonium)^[18].

La composition des particules désertiques diffère selon la source et le lieu de dépôt. Ainsi, l'argile majoritaire des particules provenant du nord et de l'ouest du Sahara est l'illite, tandis que celle des particules provenant du sud et du centre du Sahara est la kaolinite^[17]. L'illite est plus riche en ions tels que le magnésium et le potassium, tandis que la kaolinite est plus riche en aluminium. Concernant les zones de dépôt, les concentrations en éléments crustaux suivent un gradient selon la distance de transport. Ainsi, les concentrations de calcium, fer, manganèse et titane sont plus importantes dans les Pyrénées comparées aux Alpes, tandis que le contraire est observé pour l'aluminium, le phosphore et le silicium^[19].

1.4. Impact sanitaire des poussières désertiques

Les potentiels effets sanitaires des particules désertiques dans l'air ont été étudiés par différents auteurs. Les résultats sont cependant hétérogènes. D'après Karanasiou^[17], il n'y a pas de lien significatif entre les PM_{2.5} et la mortalité durant les épisodes sahariens, en revanche aucune conclusion ne peut être émise quant à un potentiel effet des particules plus grossières (PM₁₀ ou PM_{10-2.5}). D'après Perez^[12], les éléments crustaux (aluminium, silicium, potassium, calcium, manganèse, fer, strontium, rubidium) n'ont aucun lien avec la mortalité cardiovasculaire, contrairement aux polluants liés à la combustion et aux aérosols secondaires.

La revue des effets sanitaires de la pollution de l'air, réalisée par l'OMS en 2013, ainsi que le rapport de l'ANSES sur les effets sanitaires des particules dans l'air publié en 2019, ont conclu qu'il y a un lien entre l'exposition à court-terme aux poussières désertiques et la santé cardiovasculaire et respiratoire, avec une augmentation des hospitalisations et des mortalités liées à des maladies cardiovasculaires et respiratoires lors d'épisodes sahariens. Cependant, aucune conclusion n'a pu être établie sur les composés responsables de ces liens.

2. Historique 2017-2025 des épisodes désertiques en région AuRA

Bien qu'ils soient un phénomène récurrent, les épisodes désertiques ne sont réellement classés et tracés que depuis 2017 par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Ceux-ci occasionnent un nombre important de mise en vigilance des territoires et les seuils réglementaires en PM₁₀ sont régulièrement dépassés.

2.1. Bilan des vigilances par zone

Entre 2017 et 2025, les poussières désertiques ont entraîné un total de 320 journées de vigilance en région AuRA (somme sur les 21 zones du dispositif de surveillance du territoire) (Figure 4). Sur la même période, un total de 1110 jours de vigilance (toutes zones et tous polluants confondus) a été dénombré. Les poussières désertiques ont donc été responsables d'environ 30% des situations de vigilance sur notre région. On constate que ce sont les zones alpines de l'Est de la région qui enregistrent les plus d'épisodes désertiques. Les territoires montagneux étant préférentiellement atteints par ces phénomènes arrivant des hautes altitudes sont par conséquent plus vulnérables à ce type de pollution.

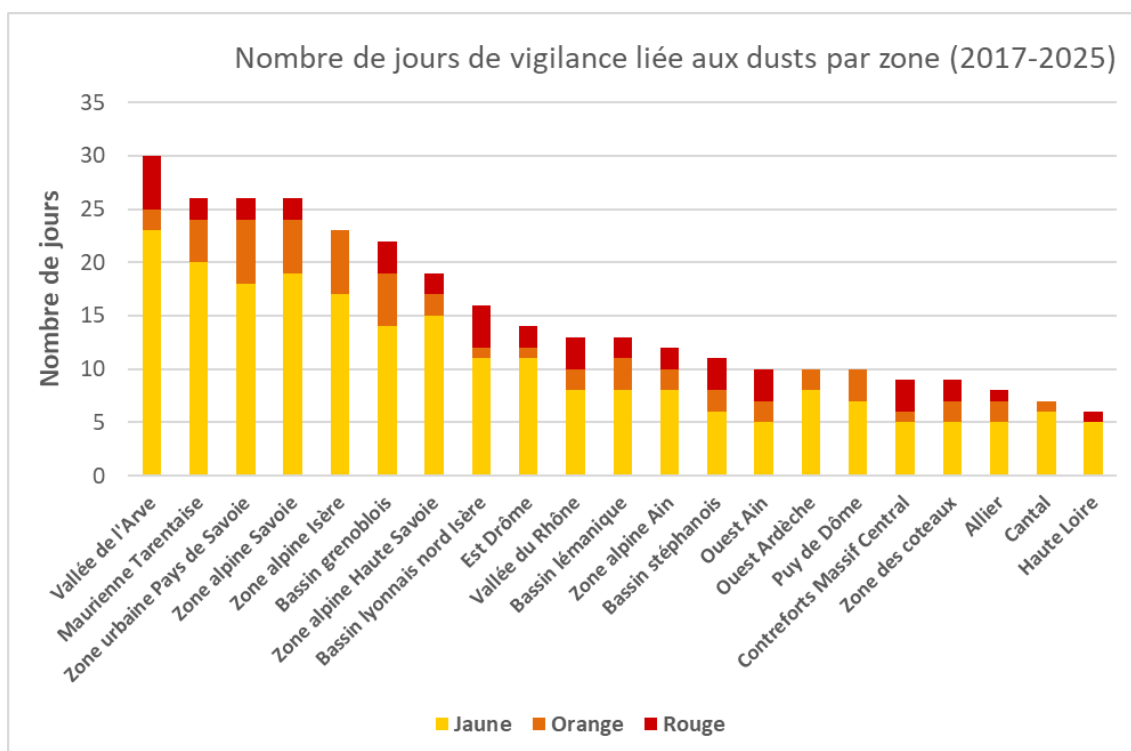


Figure 4 : Bilan du nombre de vigilance par zone de 2017 à 2025

2.2. Dépassements des seuils réglementaires

Toujours sur la période 2017-2025, les dépassements réglementaires journaliers liés aux poussières désertiques ont également été nombreux, pas moins de 173 jours ont été constatés, tous seuils confondus (Figure 5). Parmi ceux-ci, le seuil d'information (50 µg/m³ en moyenne journalière) a été franchi à 127 reprises, le seuil d'alerte (80 µg/m³), 46 fois.

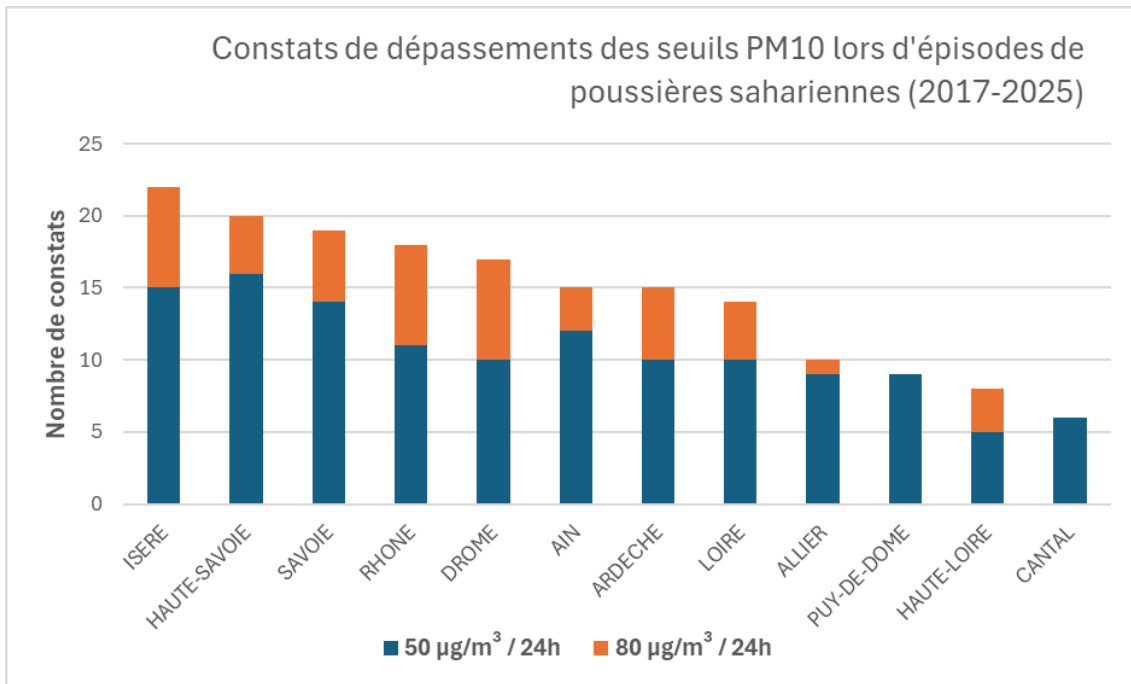


Figure 5 : Nombre de dépassements réglementaires liés aux poussières désertiques par département - 2017 à 2025

2.3. Saisonnalité et évolution pluriannuelle

Depuis que les épisodes de poussières désertiques sont recensés en région AuRA, le nombre de vigilances liées à ce phénomène semble croître (Figure 6). Bien que le recul temporel soit encore assez faible et que les variations interannuelles soient importantes, la tendance à la hausse entre 2017 et 2025 apparaît de manière assez nette. L'année 2021 a été marquée de manière assez exceptionnelle avec environ 110 activations de vigilance. Les deux dernières années quant à elles, sont parmi les plus touchées (66 activations en 2024, 50 en 2025).

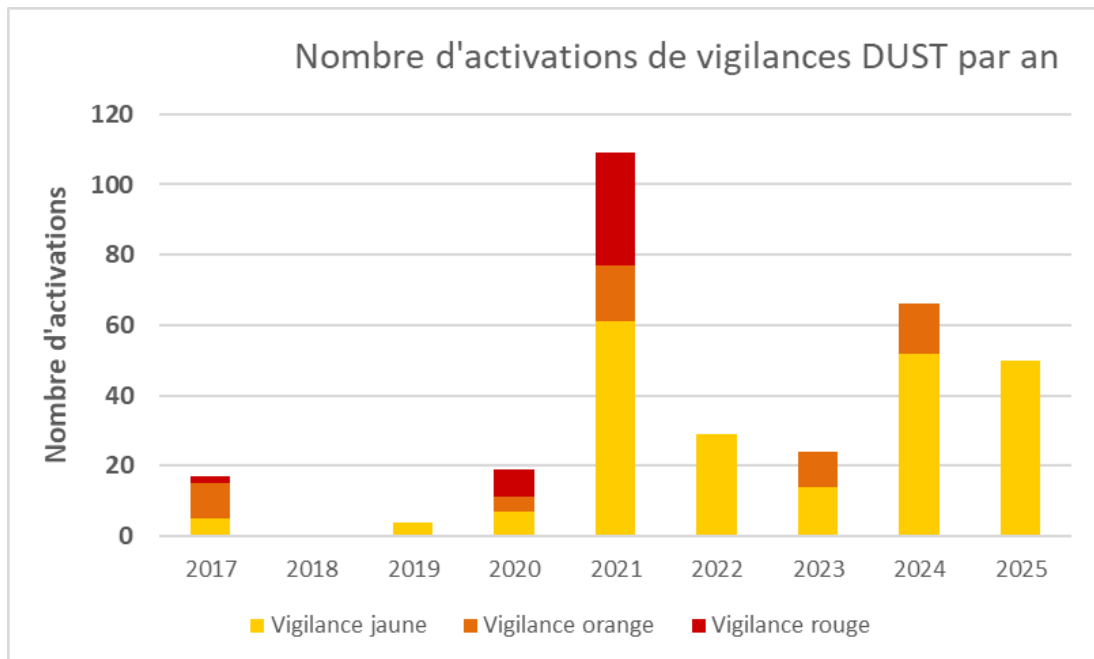


Figure 6 : évolution pluriannuelle du nombre de vigilances liées aux poussières désertiques

En considérant les périodes de survenues de ces épisodes en AuRA, on note que la fin de l'hiver est la période la plus propice. Le printemps est également régulièrement sujet à la pollution d'origine désertique (Figure 7).

Ces observations ne corroborent donc qu'en partie la bibliographie qui recensent les épisodes de poussières désertiques en Europe principalement au printemps et en été^[11 12 13].

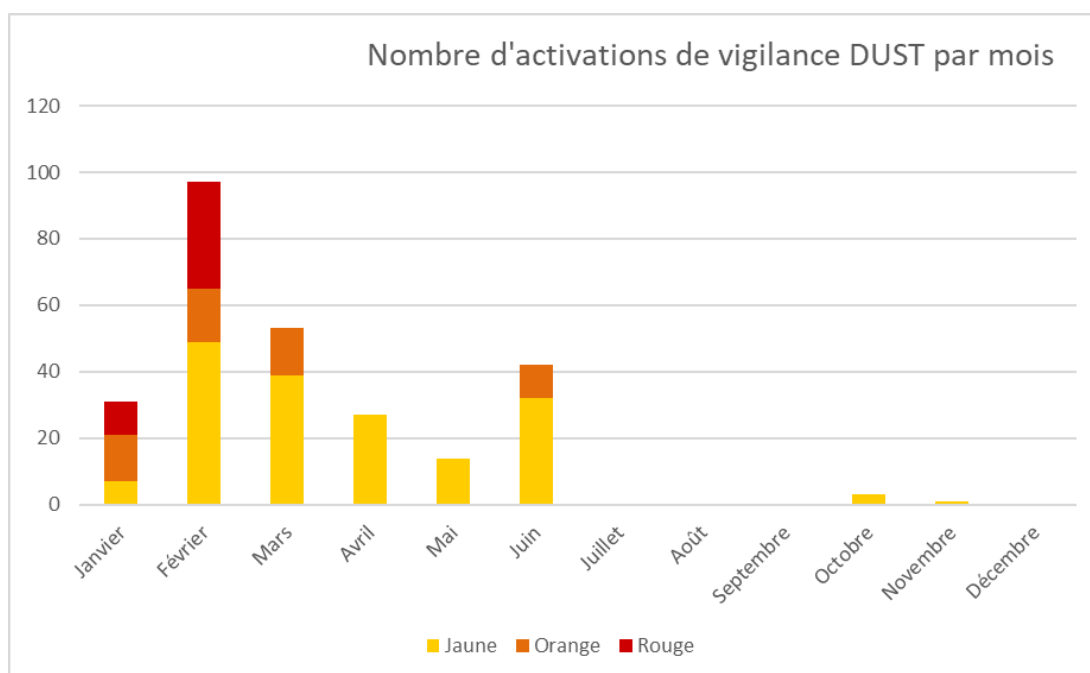


Figure 7 : répartition annuelle des activations de vigilance liés aux poussières désertiques

2.4. Exemple d'épisode marquant (29 au 30 mars 2024)

Cet épisode, bien que bref, fut remarquable par son ampleur géographique, issue d'un phénomène météorologique intercontinental. Durant les jours précédents, la tempête Nelson, un système fortement dépressionnaire englobant une partie du Sahara, a ramené sur l'Europe occidentale une masse d'air douce chargée de poussières désertiques lors du week-end de Pâques. Les remontées de sable ont touché l'Italie, la Corse, le quart sud-est de la France et la Suisse, avec un maximum d'intensité au cours de la journée du samedi 30 mars (Figure 8).

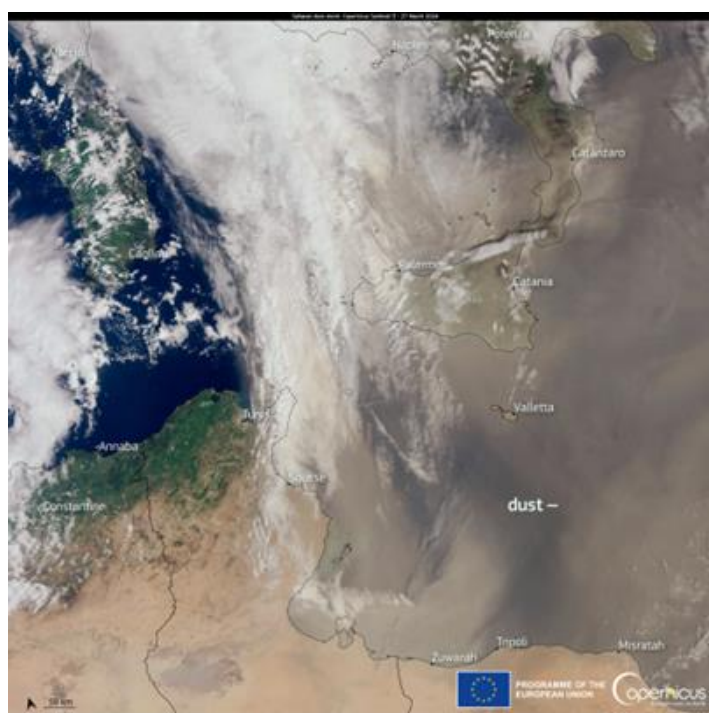


Figure 8 : image satellite de la remontée des particules désertiques au-dessus de la Méditerranée

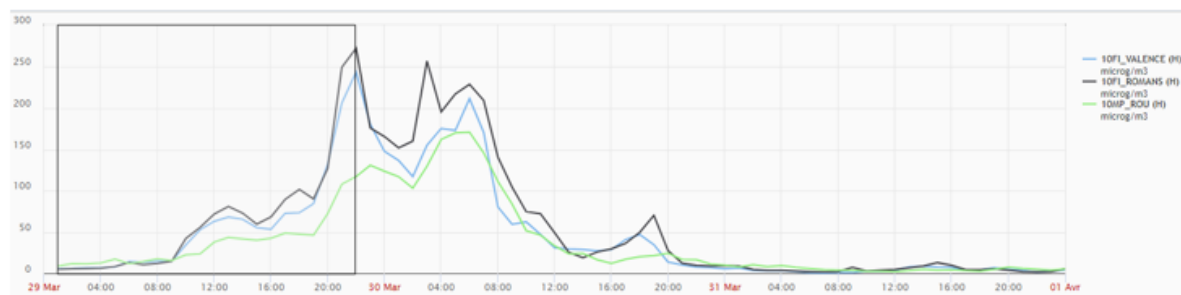
Dans les régions méridionales, des concentrations très élevées de particules PM₁₀ ont été observées. Dès le 29 mars, une concentration journalière de 219 µg/m³ est enregistrée à Bastia, le record y est atteint le lendemain avec une concentration journalière de 225 µg/m³. A noter qu'il faudra attendre le 1^{er} avril pour voir un retour à la normale en Corse. Au nord de notre région, des dépassements du seuil d'information ont également été enregistrés en Bourgogne-Franche-Comté, le 30 mars (Figure 9).

Maximum journalier de PM10 enregistré (en µg/m ³)			
	29 mars	30 mars	31 mars
Corse	219	225	115
Provence Alpes Côte d'Azur	128	149	Fin épisode
Bourgogne-Franche-Comté	41	60	Fin épisode

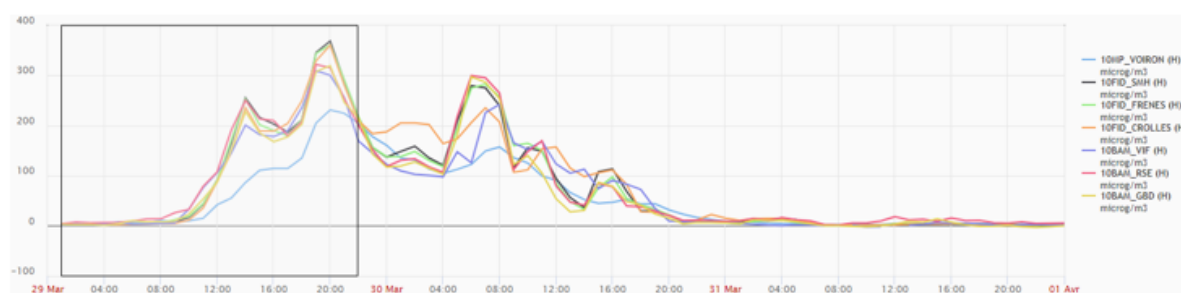
Figure 9 : Concentrations journalières maximales de PM10 dans les régions limitrophes

En région AuRA, l'épisode s'est avéré brutal et de courte durée. La dynamique horaire atteste de retombées particulières particulièrement importantes durant une trentaine d'heures, entre vendredi 29 à 10h et samedi 30 à 16h. Les taux de particules PM₁₀ ont entamé leur ascension le 29 mars peu après 10h, essentiellement sur la Drôme, la Vallée du Rhône, le Bassin grenoblois et le Bassin Lyonnais (Figure 10).

Vallée du Rhône



Bassin Grenoblois



Bassin lyonnais

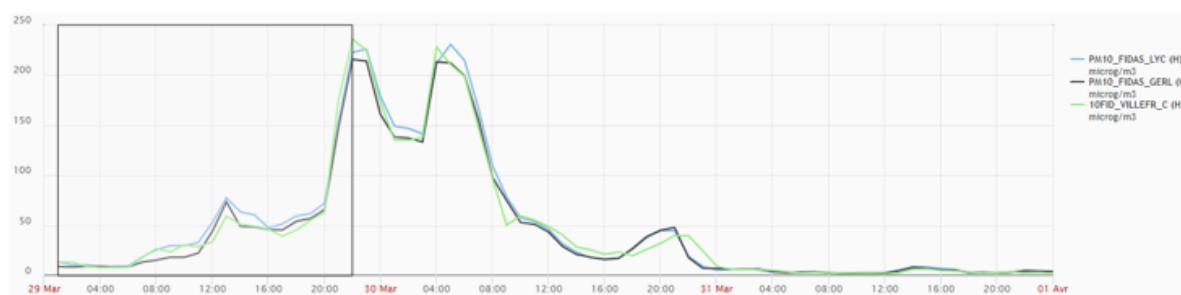
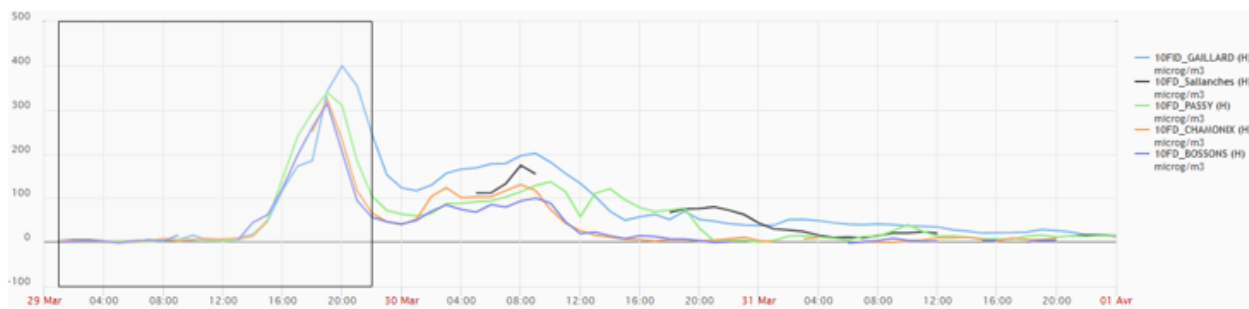


Figure 10 : évolution des concentrations horaires de PM10 dans le sud et le centre de la région du 29 au 31 mars

Sur les zones situées plus au nord-est de la région, Pays de Savoie et Bassin lémanique, l'épisode a débuté aux alentours de midi, parfois de manière extrêmement brutale (augmentation de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 3 heures à Albertville) (Figure 11).

Bassin lémanique



Pays de Savoie

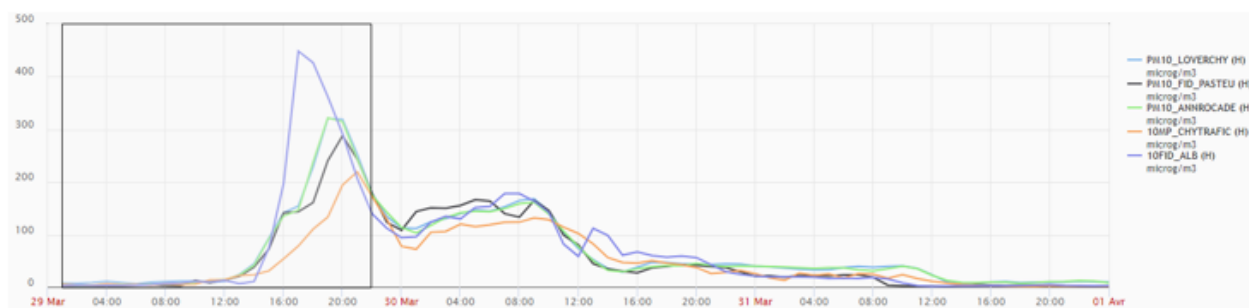


Figure 11 : évolution des concentrations horaires de PM10 dans le quart nord-est de la région du 29 au 31 mars

Les niveaux atteints sont exceptionnellement élevés (jusqu'à 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière dans le Rhône) et, dans certains territoires, il faut remonter jusqu'à 2007 pour retrouver des concentrations au moins équivalentes. Cet épisode a donc été d'une intensité peu commune. Le seuil d'alerte (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) a été dépassé dans 6 départements de la région. Quant au seuil d'information (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), il a été franchi dans 9 départements (seuls l'Allier, le Cantal et le Puy-de-Dôme ont été épargnés) (Figure 12).

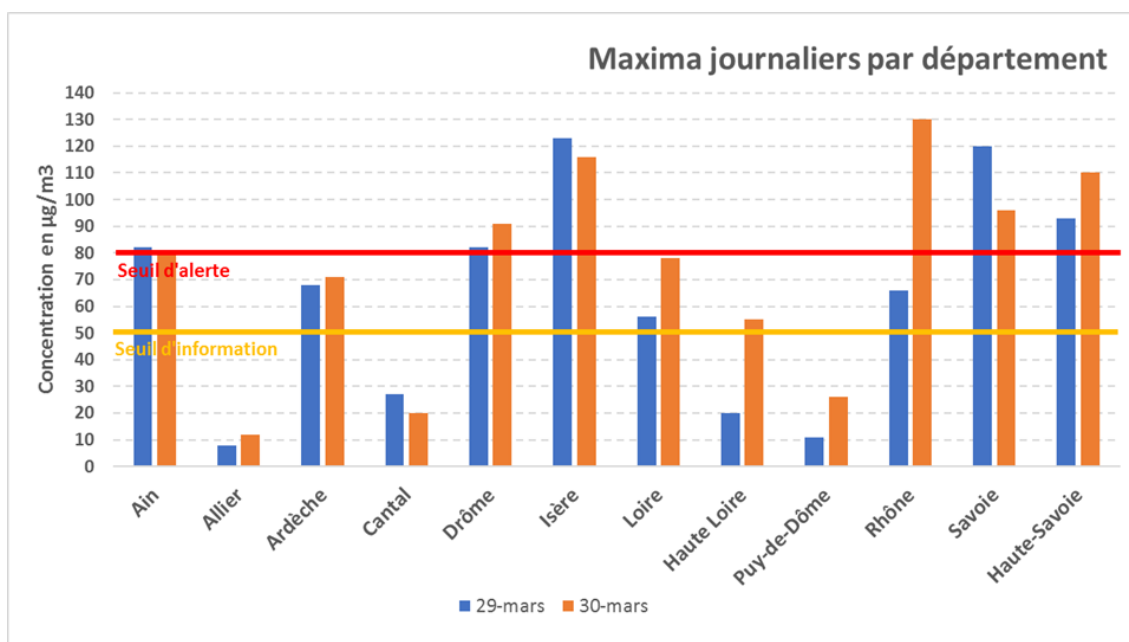


Figure 12 : concentrations journalières maximales relevées les 29 et 30 mars 2024

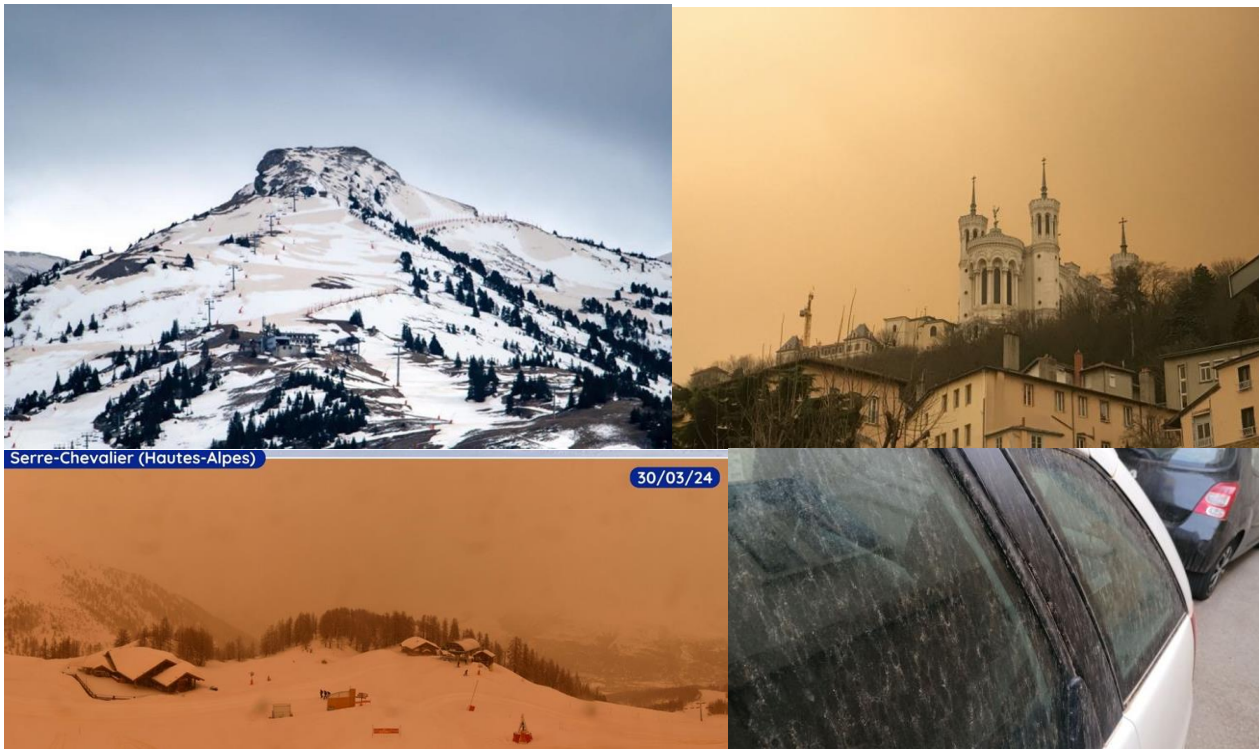


Figure 13 : impacts visuels de l'épisode. Dépôt sur les pistes de ski à Villard-de-Lans (en haut à gauche), ciel chargé de poussières à Lyon (en haut à droite), station de Serre-Chevalier (en bas à gauche), dépôts de poussières sur les voitures (en bas à droite)

3. Éléments de chimie des particules durant les épisodes de poussières désertiques

3.1. Méthodologie

Cette analyse de la chimie de particules a consisté à comparer les données (en ligne et différées) recueillies lors des épisodes sahariens et à les comparer avec les données recueillies dans les jours précédents et suivants. Ceci afin de déterminer les changements de compositions chimiques des particules survenant lors du passage des poussières désertiques.

Trois sources de données ont été analysées :

- La part des principaux éléments métalliques dans les PM₁₀ sur le site de Grenoble Les Frênes (données en ligne fournies un appareil XAct 625i).
- Part des espèces ioniques dans la PM₁ (données en ligne de l'ACSM de Grenoble les Frênes)
- Part des espèces ioniques dans la PM₁₀ à Lyon Centre (analyses différées de prélèvements sur filtres)

La principale difficulté de cette partie a été de collecter suffisamment de données. En effet, les épisodes sahariens étant généralement très courts et souvent très localisés sur le territoire, il est assez rare de disposer d'une mesure au bon endroit, au bon moment. Les résultats présentés ici reposent par conséquent sur des jeux de données assez limités et doivent donc être considérés avec prudence :

- Données métaux : 10 dates « désertiques » et 14 dates « témoins ».
- Données ions en ligne : 6 dates « désertiques » et 11 dates « témoins ».
- Données ions sur prélèvements : 9 dates « désertiques » et 9 dates « témoins ».

3.2. Part des métaux (données en ligne XAct)

Lorsque l'on considère la part totale des métaux (et métalloïdes) dans les PM₁₀ sur le site de Grenoble Les Frênes, le premier constat est que celle-ci augmente considérablement lors des passages de poussières désertiques. Celle-ci passe de 9% en temps normal à 20% en épisodes désertiques (Figure 14).

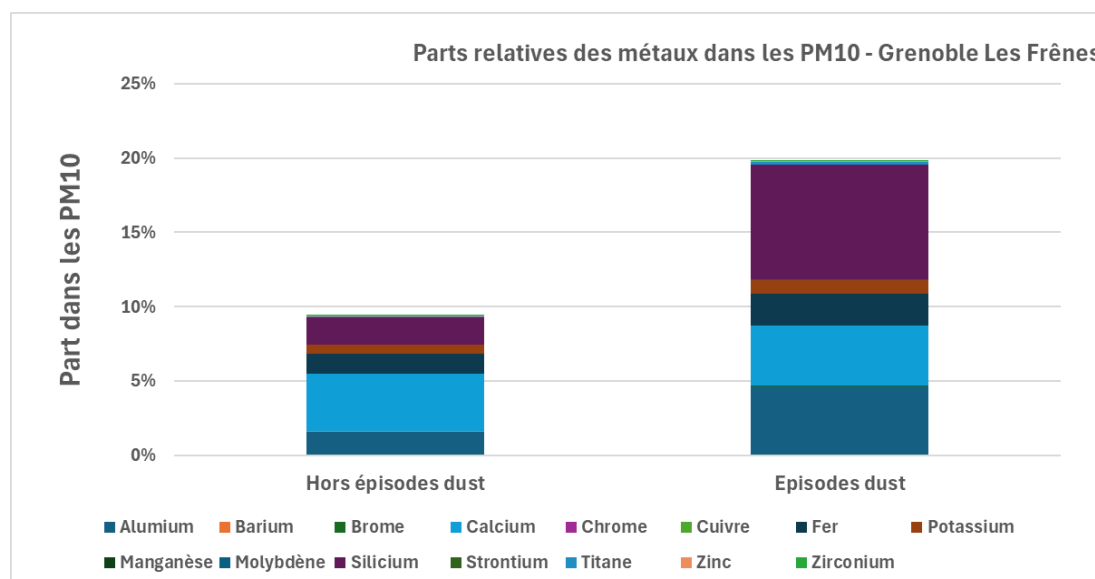


Figure 14 : part des métaux dans les particules PM10 - Grenoble Les Frênes

La répartition des différents éléments montre que cette hausse est principalement due au silicium (passant de 20% à 40% dans le mix). On note également une hausse significative de l'aluminium (de 16 à 23%) (Figure 15).

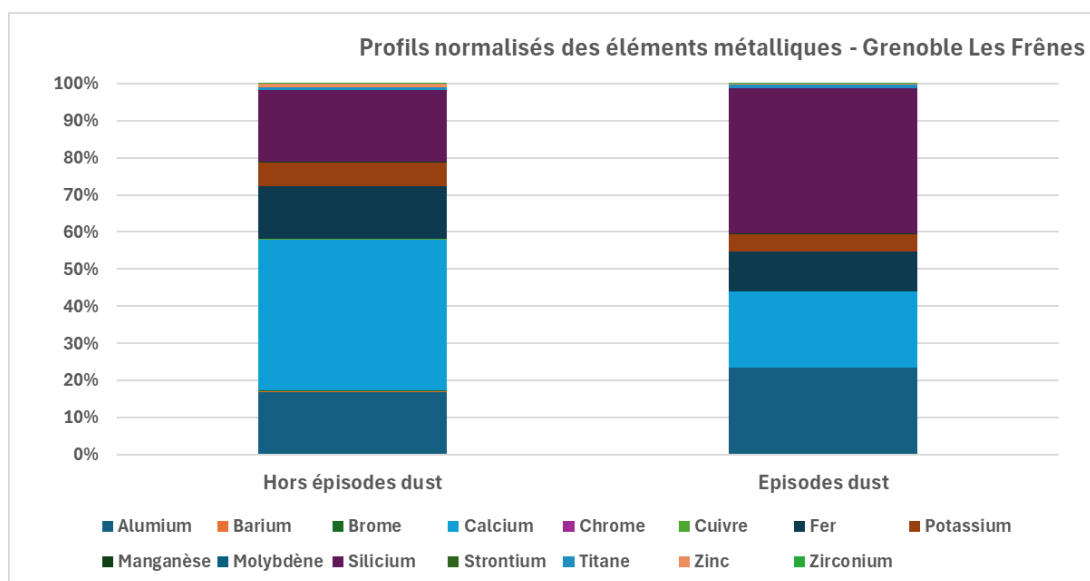


Figure 15 : profils normalisés des différents éléments métalliques dans les PM10 - Grenoble Les Frênes

Ces données confirment en partie ce que l'on trouve dans la littérature. L'augmentation de la part d'aluminium permet d'estimer la provenance des particules désertiques lors de ces épisodes, à savoir sud et centre du Sahara, plus riche en kaolinite^[17].

3.3. Part des ions (données en ligne ACSM)

Contrairement aux éléments métalliques, les données de l'ACSM de Grenoble montrent que la part des ions ammonium, chlorure, nitrate et sulfate ainsi que la fraction organique diminuent lors des épisodes de poussières désertiques (Figure 16). Ce résultat est là aussi attendu dans la mesure où la littérature indique que les poussières désertiques se caractérisent surtout par une part plus riche en métaux et éléments crustaux et que la fraction inorganique secondaire proviendrait seulement d'interactions avec les polluants locaux.

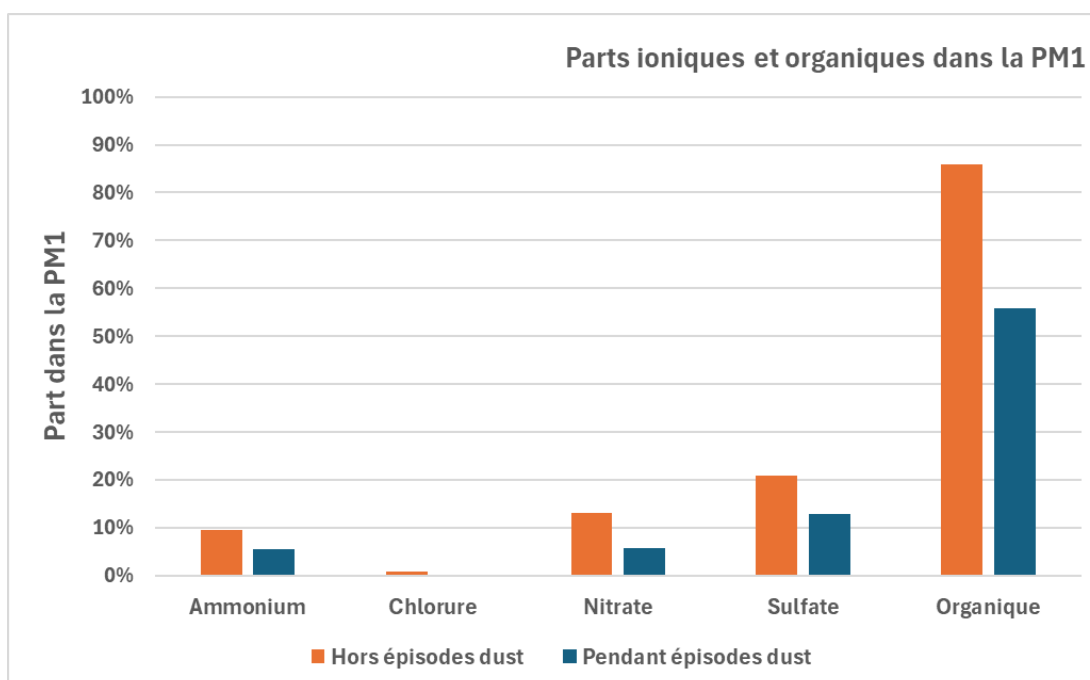


Figure 16 : part des ions et de la fraction organique dans les PM1 - Grenoble les Frênes

3.4. Part des ions (analyses sur filtres)

Les analyses sur filtres à Lyon centre corroborent cette observation. La part des ions dans les PM₁₀ passant d'environ 24% hors épisode à 8% lors du passage de poussières désertiques (Figure 17).

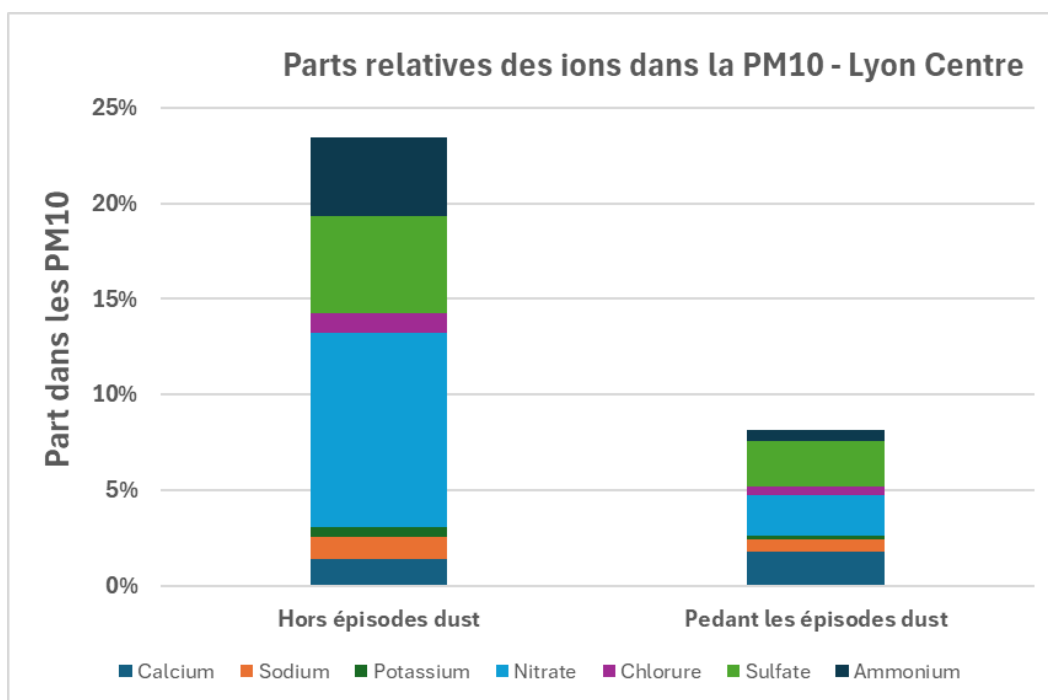


Figure 17 : part des ions dans la PM₁₀ - Lyon Centre

Le mix de la fraction ionique varie sensiblement pendant et hors épisodes désertiques (Figure 18). Les analyses à Lyon Centre révèlent une part plus importante d'ions sulfates et ammonium dans le mix lors du passage des poussières désertiques. La littérature suggère que la présence de ces espèces pourrait être due à des interactions avec des polluants émis localement (NO₂, SO₂) et ne renseigne pas forcément sur l'origine de la particule.

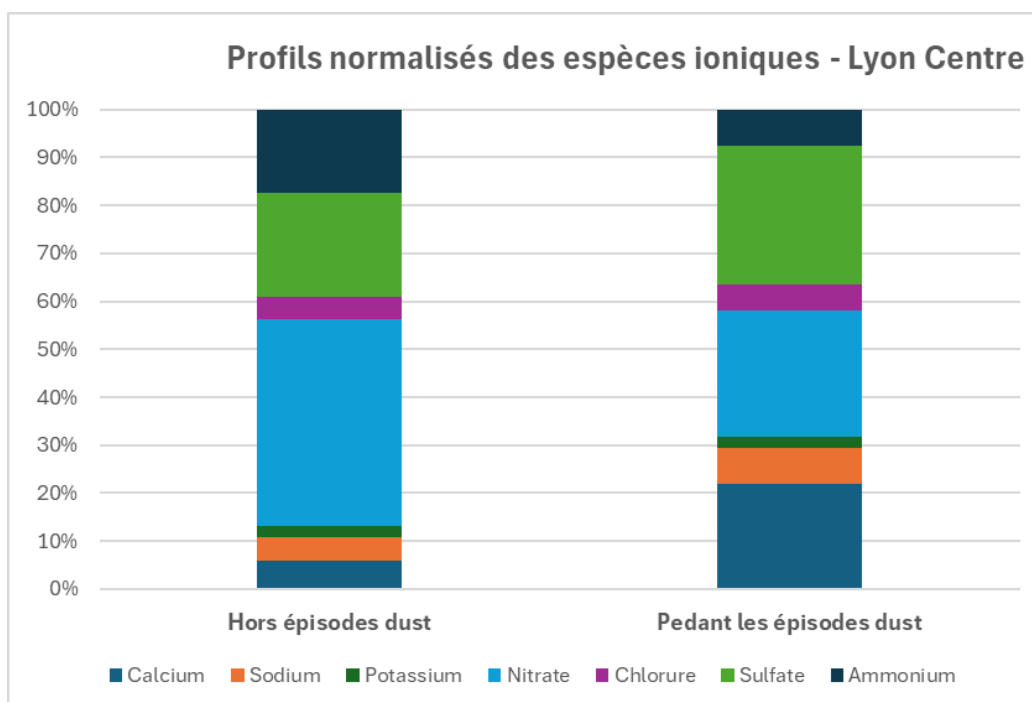


Figure 18 : Profils normalisés des différentes espèces ioniques dans les PM₁₀ - Lyon Centre

4. Conclusion

Les épisodes de poussières désertiques sont un phénomène récurrent en région Auvergne-Rhône-Alpes. Entre 2017 et 2025, ces poussières ont entraîné des centaines de journées de vigilance (cumulées sur les 21 zones du dispositif de surveillance du territoire). On estime ainsi qu'environ 30% des situations de vigilance sur notre région sont dues à cette pollution.

Le territoire est cependant diversement impacté. Les zones alpines de l'Est de la région enregistrent le plus d'épisodes de poussières désertiques, ces territoires montagneux étant plus vulnérables à ces phénomènes arrivant des hautes altitudes.

Bien que le recul temporel soit encore assez faible (2017-2025) et que les variations interannuelles soient importantes, le nombre d'épisode désertiques semble en nette hausse. Les deux dernières années sont même parmi les plus touchées (en nombre d'activations de vigilances).

Les analyses de la chimie de ces particules ont globalement confirmé ce que l'on trouve dans la littérature. Les poussières désertiques traversant la région Auvergne-Rhône-Alpes se caractérisent par des éléments métalliques et métalloïdes présents en plus grandes quantités. Plus précisément, les analyses ont montré des teneurs en silicium et aluminium en forte hausse durant les épisodes désertiques.

Cette première étude spécifique aux poussières désertiques en Auvergne-Rhône-Alpes devra faire l'objet d'un complément lorsque la profondeur temporelle sera suffisante, afin de consolider les conclusions. De nouveaux paramètres pourront également être investigués, comme le potentiel oxydant, afin de préciser l'éventuel impact sanitaire de ces phénomènes. Enfin, ces données pourront compléter et enrichir les outils de qualification des épisodes de pollution, notamment dans le cadre des travaux sur l'analyse des sources.

5. Bibliographie

1. **Programme (UNEP) UNE, Organization (WMO) WM, Desertification (UNCCD) UNC to C.** *Global Assessment of Sand and Dust Storms* <https://library.wmo.int/records/item/35074-global-assessment-of-sand-and-dust-storms>
2. **Laurent B.** *Simulation des émissions d'aérosols désertiques à l'échelle continentale : analyse climatologique des émissions du nord-est de l'Asie et du nord de l'Afrique.* Paris 12 2005 <https://theses.fr/2005PA120050>
3. **Ginoux P, Chin M, Tegen I, Prospero JM, Holben B, Dubovik O, et al.** *Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model.* Journal of Geophysical Research : Atmospheres. 2001 ; 106(D17) : 20255-73.
4. **Huneus N, Schulz M, Balkanski Y, Griesfeller J, Prospero J, Kinne S, et al.** *Global dust model intercomparison in AeroCom phase I.* Atmospheric Chemistry and Physics. 3 août 2011 ; 11(15) : 7781-816.
5. **Prospero JM, Ginoux P, Torres O, Nicholson SE, Gill TE.** *Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Soil Dust Identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (toms) Absorbing Aerosol Product.* Reviews of Geophysics 2002 ; 40(1) : 2-1-2-31.
6. **Washington R, Todd MC, Engelstaedter S, Mbainayel S, Mitchell F.** *Dust and the low-level circulation over the Bodélé Depression, Chad: Observations from BoDEx 2005.* Journal of Geophysical Research : Atmospheres. 2006 ; 111(D3) : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2005JD006502>
7. **Engelstaedter S, Tegen I, Washington R.** *North African dust emissions and transport.* Earth-Science Reviews 1 nov 2006 ; 79(1) : 73-100.
8. **Middleton NJ, Goudie AS.** *Saharan dust: sources and trajectories.* The Transactions of the Institute of British Geographers 2001 ; 26(2) : 165-81.
9. **Prasad AK, El-Askary H, Kafatos M.** *Implications of high altitude desert dust transport from Western Sahara to Nile Delta during biomass burning season.* Environmental Pollution 1 nov 2010 ; 158(11) : 3385-91.
10. **Ansmann A, Bösenberg J, Chaikovsky A, Comerón A, Eckhardt S, Eixmann R, et al.** *Long-range transport of Saharan dust to northern Europe: The 11–16 October 2001 outbreak observed with EARLINET.* Journal of Geophysical Research : Atmospheres. 2003 ; 108(D24). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2003JD003757>
11. **Escudero M, Castillo S, Querol X, Avila A, Alarcón M, Viana MM, et al.** *Wet and dry African dust episodes over eastern Spain.* Journal of Geophysical Research : Atmospheres. 2005 ; 110(D18) : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2004JD004731>
12. **Perez L, Tobías A, Querol X, Pey J, Alastuey A, Díaz J, et al.** *Saharan dust, particulate matter and cause-specific mortality : A case-crossover study in Barcelona (Spain).* Environment International 1 nov 2012 ; 48 : 150-5.
13. **Varga G, Meinander O, Rostási Á, Dagsson-Waldhauserova P, Csávicz A, Gresina F.** *Saharan, Aral-Caspian and Middle East dust travels to Finland (1980–2022).* Environment International. 1 oct 2023 ; 180 : 108243.
14. **Rodríguez-Arias RM, Rojo J, Fernández-González F, Pérez-Badia R.** *Desert dust intrusions and their incidence on airborne biological content. Review and case study in the Iberian Peninsula.* Environmental Pollution. 1 janv 2023 ; 316 : 120464.
15. **Cuevas-Agulló E, Barriopedro D, García RD, Alonso-Pérez S, González-Alemán JJ, Werner E, et al.** *Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation.* Atmospheric Chemistry and Physics 8 avr 2024 ; 24(7) : 4083-104.

16. **Salvador P, Pey J, Pérez N, Querol X, Artiñano B.** *Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020.* Nature Publishing Group ; 2022. <https://digital.csic.es/handle/10261/360107>
17. **Karanasiou A, Moreno M, Moreno T, Viana M, de Leeuw F, Querol X** *Health effects from Sahara dust episodes in Europe : Literature review and research gaps* Environment International 47 (2012) 107–114
18. **Georgakopoulou V E, Taskou C, Diamanti A, Beka D, Papalexis P, Traka N, Spandidos D A** *Saharan dust and respiratory health : Understanding the link between airborne particulate matter and chronic lung diseases (Review)* EXPERIMENTAL AND THERAPEUTIC MEDICINE 28 : 460, 2024
19. **Dumont M et al.** *Spatial variability of Saharan dust deposition revealed through a citizen science campaign* Earth system science Data, 15, 3075–3094, 2023 <https://doi.org/10.5194/essd-15-3075-2023>