

La météorologie et les pics de pollution.

Étude de cas de décembre 2013 et mars 2014

Meteorology and peaks of pollutions. Study of the cases of December, 2013 and March, 2014

Jean-Paul TONNELIER,¹ Sylvie GUIDOTTI,¹ Bruno LOSSEC,² Frank BARAER,³

Julien DESPLAT²

Résumé

L'analyse météorologique des pics de pollution aux particules de décembre 2013 et mars 2014 met en exergue le lien entre ces pics et des situations météorologiques particulières : principalement des situations anticycloniques très stables, qui perdurent sur plusieurs jours et empêchent ou limitent ainsi toute dispersion des particules. À cela peut s'ajouter un apport extérieur en particules, comme cela a été le cas en mars 2014.

Pour que l'épisode se termine, il faut que l'air puisse être nettoyé des particules ainsi accumulées, ce qui se fait par lessivage, soit avec l'arrivée d'une perturbation ou la combinaison des deux. Ainsi, en décembre 2013, la mise en place d'une situation perturbée avec un flux d'ouest permet de nettoyer la masse d'air : d'abord par un effet lié au vent qui initie une baisse des concentrations en particules, puis une chute importante de ces concentrations avec l'arrivée d'un front précipitant qui permet le lessivage de la masse d'air. En mars 2014, la baisse des concentrations en particule est liée à un changement d'influence et la mise en place d'un flux de nord-ouest, non précipitant mais bien établi, qui purge la masse d'air en continu sur plusieurs jours. Ces deux événements sont des exemples typiques des épisodes hivernaux de pollutions aux particules.

Mots-clés :

Météorologie, pollution atmosphérique, inversion thermique et rétro-trajectoire

Abstract

The pollution peaks of December 2013 and March 2014 highlight the relationship between particles pollution and meteorology. For both peaks, the meteorological situation was basically the same: an anticyclonic situation characterized by a high stability, which lasts for several days and thus limits or prevent any dispersion of the particles. In the March case an important import of particles did contribute to this peak. Added to the local pollution, it caused the overtaking of the threshold. Both episodes ended with the arrival of a new meteorological situation that cleaned the particles accumulated during the peak. The arrival of a disturbance in December 2013 rinsed the particles with some rain and in March 2014 a cold front brought new air from the ocean. Both situations are typical winter episodes of pollution to particles.

Keywords:

Meteorology, air pollution, thermal inversion and retro trajectory

Pic de pollution aux particules et météorologie

Situations météorologiques favorables à un pic de pollution

Pour provoquer des pics de pollution, il faut ajouter aux émissions polluantes et aux réactions chimiques des conditions météorologiques et géographiques particulières. Certaines situations météorologiques sont en effet propices à l'augmentation des concentrations de polluants par persistance d'une situation, qui peut ensuite conduire au dépassement de seuils et donc au pic de pollution. Bien que ces situations dépendent du type de polluant considéré, de la période de l'année et d'éléments de contexte (par exemple des émissions inhabituelles : fort trafic routier, épandage agricole, advection de poussières sahariennes, etc.), il est d'usage de considérer qu'il existe deux grands types d'épisodes de pollution : les pollutions hivernales et les pollutions estivales.

L'hiver, il s'agit de conditions généralement anticycloniques, avec des vents faibles et des inversions de température à basse altitude et persistant plusieurs jours. Ces conditions sont favorables aux pollutions par le NO_2 , le SO_2 et les PM_{10} et particulièrement fréquentes et dangereuses dans les villes « encaissées » et mal ventilées comme Grenoble, par exemple. Il s'agit alors de pollutions « locales » dues à l'accumulation sur un territoire de polluants, accumulation rendue possible ou causée par la situation météorologique. Ces épisodes sont limités géographiquement, à l'inverse d'épisodes liés à une contamination extérieure qui ont alors de manière générale une emprise géographique plus importante.

On peut aussi avoir des épisodes extrêmement locaux de pollution « directionnelle » (effet de panache) par le SO_2 , comme cela a été le cas lors de la récente éruption du volcan Bardarbunga en Islande, ou lorsque des particules sont directement émises par les installations industrielles.

L'été, c'est principalement l'association du soleil (rayonnement), de la température (action sur la cinétique chimique et sur les émissions) et des vents faibles (mauvaise dispersion) qui conduit aux pics d'ozone. Pour ces épisodes, l'effet d'encaissement et de mauvaise ventila-

tion accroît également les risques. Pour l'ozone enfin, un facteur important à prendre en compte est le transport à grande distance de la pollution photochimique. Les pollutions à l'ozone se caractérisent généralement par leur ampleur géographique, ce type de pollution ne se limitant pas à une ville. À l'échelle régionale, par exemple, il a été observé que les maximums de pollution ne se produisent pas dans les villes (où le NO détruit l'ozone) mais à quelques dizaines de kilomètres de celles-ci. À l'échelle continentale, le phénomène est le même.

Pour ce qui concerne les disparités géographiques d'apparition des pics de pollution, les villes d'une large moitié nord de la France sont susceptibles de dépasser le seuil d'information pour les pollutions aux particules PM_{10} , avec une pollution provenant d'un apport extérieur, alors que des villes comme Bordeaux et Toulouse, plus éloignées des zones industrielles importantes (Benelux, Nord Allemagne, Plaine du Pô), connaissent, de manière générale, plutôt des phénomènes locaux. En tout état de cause, l'occurrence de niveaux élevés d'ozone dépend de conditions météorologiques mais aussi de la présence de précurseurs NO_x et COV dans des proportions qui dépendent des contextes locaux. En outre, l'ozone est un phénomène diurne puisqu'il est lié à la photochimie mais aussi parce qu'il est détruit par les autres polluants qui s'accumulent sous l'inversion de rayonnement nocturne, sans oublier que l'ozone peut se déposer sous forme solide.

Fin des pics de pollution

Les épisodes de pollution atmosphérique cessent la plupart du temps avec un changement de situation météorologique: changement de direction du vent pour les épisodes directionnels, vents plus forts et stabilité de l'atmosphère moins marquée amenant une meilleure ventilation pour les épisodes anticycloniques, ou couverture nuageuse plus importante pour les situations à ozone, ou encore précipitations qui entraînent le lessivage des particules. Le point commun de ces situations est la mise en place d'un système météorologique permettant de « nettoyer » la masse d'air des polluants accumulés durant l'épisode de pollution, pour retrouver une masse d'air moins polluée.

Cas des pics de pollution de décembre 2013 et mars 2014

Bien qu'étant tous deux des pics « hivernaux », les pics de décembre 2013 (du 9 au 13) et de mars 2014 (du 11 au 14) diffèrent de par leurs caractéristiques, leurs origines, leur durée ou encore leur ampleur géographique. Une analyse détaillée des conditions météorologiques liées à ces pics est proposée ci-dessous afin de faire ressortir les points marquants pour ces deux épisodes récents, en se concentrant sur les facteurs météorologiques principaux dans ces épisodes de pollution, à savoir :

- la dispersion horizontale par l'analyse des conditions météorologiques globales ;
- la diffusion verticale par l'étude des radiosondages ;
- l'origine et le trajet des masses d'air via l'utilisation de rétro-trajectoires.

Épisode du 9 au 13 décembre 2013 : alerte aux PM₁₀

Cet épisode d'alerte aux PM₁₀ a touché une grande partie de la métropole (Ile de France, région Paca, Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais...), et en particulier les grandes métropoles. L'épisode a cependant été plus court et moins marqué dans le Sud de la France, et en particulier sur Toulouse, du fait de l'apparition du vent d'autan qui a contribué à disperser les particules polluantes.

Description du contexte synoptique pour la période du 8 au 14 décembre : en début de période, à partir du 8 décembre, des conditions anticycloniques se mettent en place sur le Nord de la France. De ce fait, les particules émises au niveau des principales métropoles ou axes routiers restent autour de ces derniers et s'accumulent. La persistance sur plusieurs jours d'une situation anticyclonique stable génère un pic de pollution (accumulation des polluants émis et création de particules secondaires), pic qui perdure tant qu'un nouveau phénomène météoro-

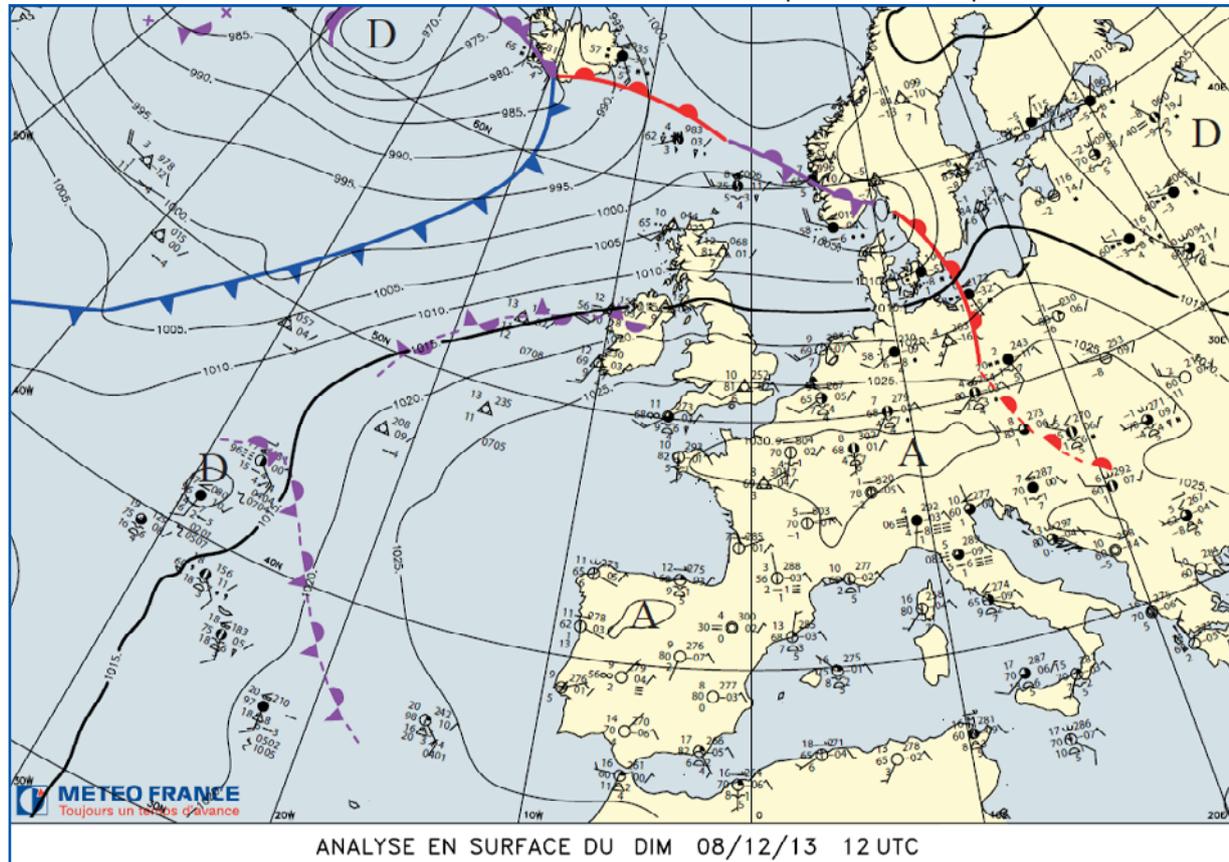


Figure 1.

Situation météorologique du 8 décembre 2013 : isobares et systèmes frontaux.
[Weather condition, 8th December 2013: isobars and frontal systems.](#)

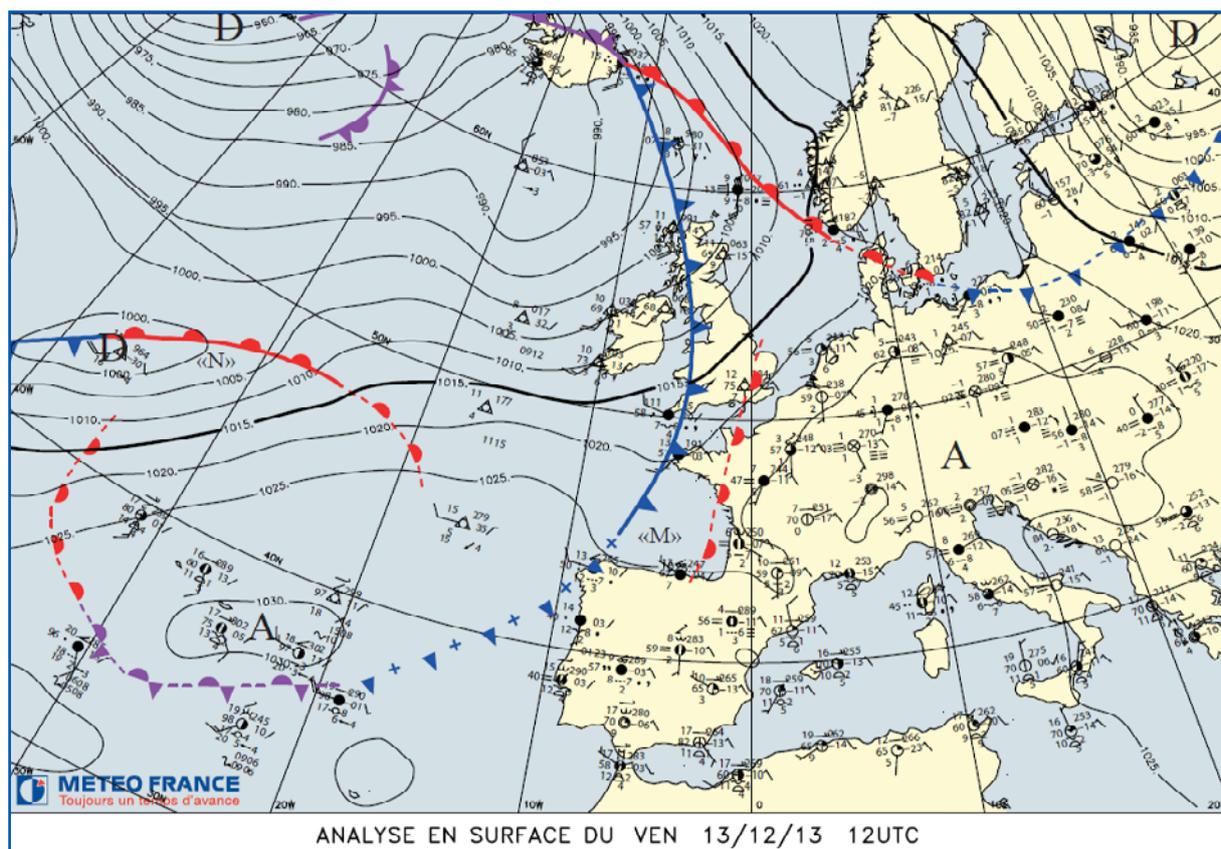


Figure 2.

Situation météorologique du 13 décembre 2013 : isobares et systèmes frontaux.

Weather condition, 13th December 2013.

logique ne vient pas nettoyer cette atmosphère chargée en particules.

C'est ce qui se produit pour cet épisode, avec un déblocage qui intervient dans la nuit du 13 au 14 décembre, grâce au passage d'un front froid, et la mise en place d'un flux d'ouest océanique sur la France, en marge du lit perturbé, positionné au nord du 50° parallèle.

Les cartes ci-dessous, issues des sorties du modèle de prévision numérique de Météo-France Arpège pour une résolution de 0.5°, illustrent ces situations en début et fin de période (figure 1 : situation anticyclonique du 8 décembre, et figure 2 : arrivée d'un front froid le 13 décembre). Elles décrivent les champs de pression au sol et la position des différentes perturbations (fronts chauds et froids).

Évolution de la masse d'air sur la région parisienne entre le 8 et le 14 décembre. Cet épisode peut être analysé de manière plus précise, à l'aide de données observées de type radiosondage⁴, permettant de mieux appréhender le comporte-

ment vertical de l'atmosphère en un lieu donné. Les radiosondages de Trappes du 8 décembre de la figure 3 illustrent un pied convectif de 1 500 m environ avec, au-dessus, une masse d'air plus sèche et subsidente. Ce type de profil est significatif d'une inversion de subsidence, particulièrement marquée à 1 500 m d'altitude en raison de l'installation d'une situation anticyclonique.

La mise en place de conditions anticycloniques débute par l'arrivée en altitude d'une masse d'air sèche et « chaude » associée à une dorsale (terme de topographie). Dans ce contexte, les vitesses verticales à grande échelle sont « descendantes » ; on parle alors de subsidence. Dans ce type de cas, le profil vertical montre généralement 2 couches : une couche dans les niveaux supérieurs, sèche et chaude, au-dessus d'une couche plus froide et souvent plus humide, en particulier en hiver. À la limite de ces deux couches, il y a donc une inversion appelée un peu schématiquement « inversion de subsidence ». Au fur et à mesure que les conditions anticycloniques se renforcent, la couche du haut s'étend vers le bas, et l'inversion de subsidence

descend. Dans certains cas, elle descend très bas jusqu'à quelques centaines de mètres. Là, elle peut alors se confondre avec la couche d'inversion radiative qui se forme la nuit. Ces conditions météorologiques sont fréquentes l'hiver, ce sont les cas où il fait plus chaud en montagne qu'en plaine.

Ainsi, le 10, la masse d'air s'est complètement « affaissée » et l'inversion de subsidence s'est confondue avec l'inversion radiative de très basses couches : les particules sont alors bloquées dans ces très basses couches, incapables de passer dans les couches supérieures atmosphériques.

Cette situation perdure plusieurs jours, comme le montrent les figures 4 et 5 des radiosondages des 10 et 12 décembre, dans des conditions de vents très faibles. La pollution reste prisonnière sous cette très forte inversion de très basses couches (vers 300 m d'altitude) et, en raison de cette zone d'inversion et de faibles vents, aucune

dilution sur la verticale ou sur l'horizontal n'est possible. En effet, à cette saison, le réchauffement diurne est pratiquement absent.

Cet effet cyclique de réchauffement diurne est dû au fait que le sol, comme tout corps, émet des rayonnements infrarouges. En cas de nuit claire, une faible partie de ces rayonnements est absorbée par l'atmosphère, et l'atmosphère restitue trop peu de rayonnement infrarouge pour compenser la perte. Le bilan radiatif à la surface de sol est donc très déficitaire : la température baisse. Cette baisse est freinée par les remontées du sol (flux de conduction), voire par d'éventuels changements d'état de l'eau (flux de chaleur latente). La nature de la surface du sol joue aussi un rôle ; ainsi, si le sol est recouvert d'une matière avec un bon pouvoir isolant – sable ou neige par exemple – la baisse de température n'est pas limitée par un flux de conduction trop faible. Les nuits sont donc très froides dans le désert et glaciales lorsqu'il y a de la neige. Cette baisse de la température du sol provoque la baisse de la température de la couche de l'atmosphère à son contact.

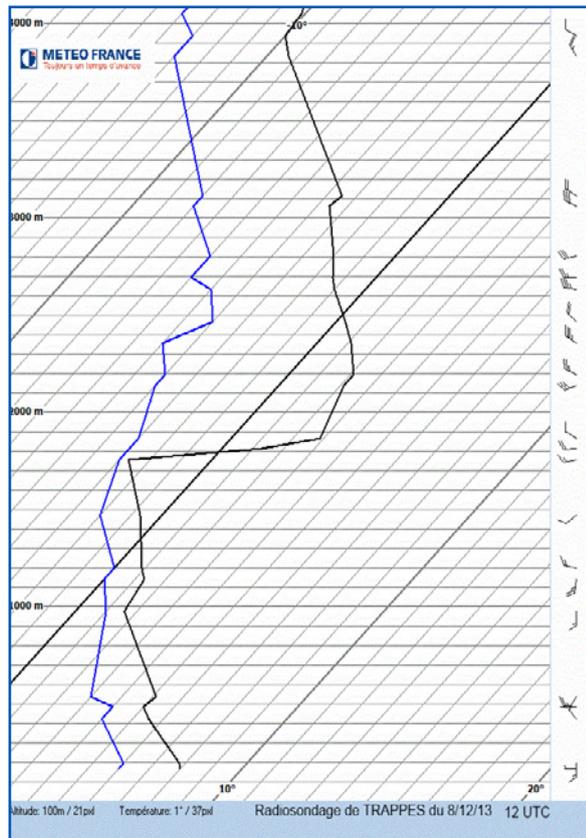


Figure 3.

Radiosondages de Trappes du 8 décembre 2013 (12UTC).

Trappes radiosounding of 8th December 2013 (12UTC at right).

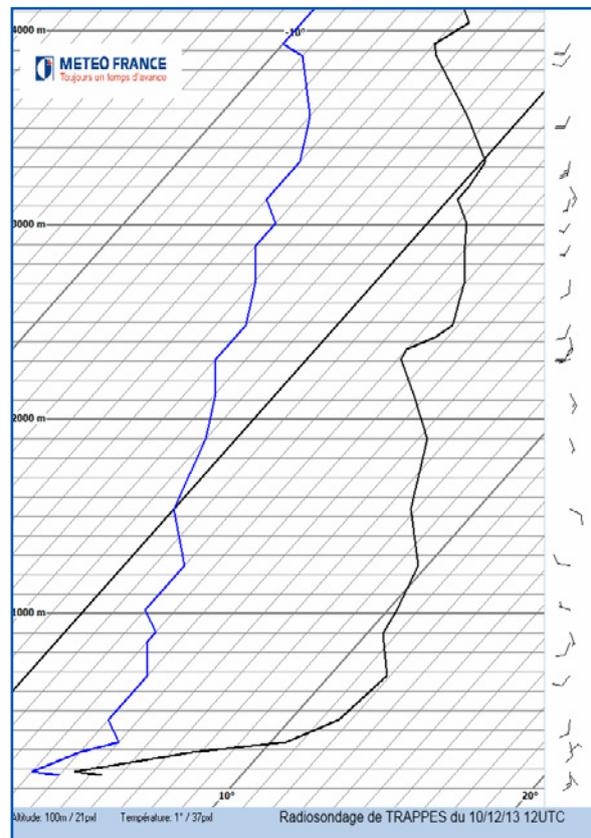


Figure 4.

Radiosondages de Trappes du 10 décembre (12UTC).

Trappes radiosounding of 10th December 2013 (12UTC).

Il se forme alors une inversion dite « radiative ». La baisse de température peut ensuite se répercuter sur 200 ou 300 m d'épaisseur. En cas de présence de nuages, ceux-ci absorbent le rayonnement infrarouge du sol et émettent un rayonnement vers le sol qui l'absorbe à son tour. Dans ce cas, le bilan radiatif est quasiment équilibré (cela dépend de la hauteur des nuages et de leur opacité), et il n'y a en conséquence qu'une faible baisse des températures nocturnes.

En journée, avec la présence du soleil, le rayonnement qui arrive au sol surcompense largement celui perdu en infrarouges. Le bilan radiatif est excédentaire : la température augmente. La couche d'atmosphère à proximité du sol chauffe. Cet apport d'énergie peut se propager encore plus haut dans l'atmosphère grâce à la convection qui sera plus ou moins importante en fonction du type de la masse d'air. La situation est particulière pour le cas des sols enneigés, le rayonnement solaire étant réfléchi en grande partie du fait de l'albedo de la neige.

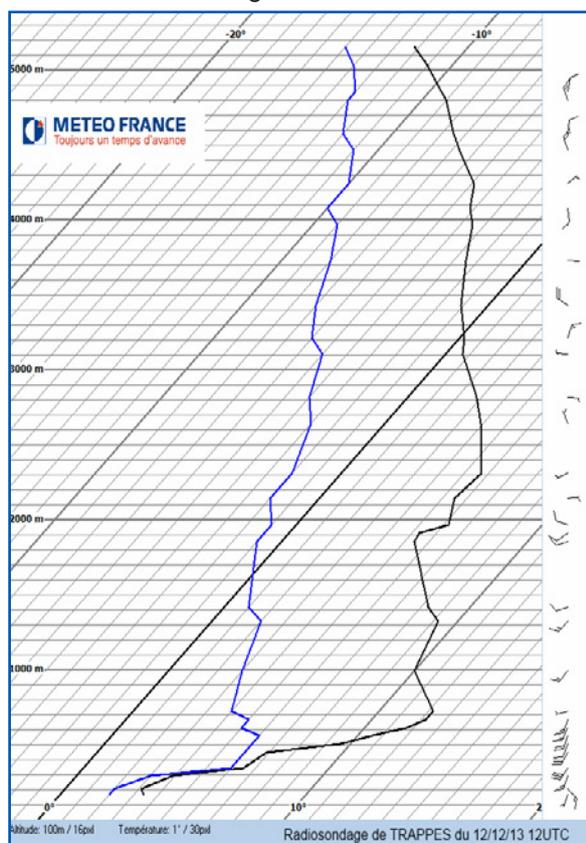


Figure 5 :

Radiosondages de Trappes du 12 décembre (12UTC).

Trappes radiosounding of 12th December 2013 (12UTC).

Le 14 à 00UTC, le front froid passe sur la région parisienne, le radiosondage très saturé de Trappes est caractéristique du passage d'un corps pluvieux. Ce front froid permet, via un processus de lessivage, de nettoyer l'atmosphère des particules accumulées les jours précédents et met fin à la situation d'inversion de subsidence qui empêchait un bon brassage vertical de l'air.

Le radiosondage du 14 à 12UTC (Figure 6) illustre un retour à des caractéristiques météorologiques non propices à un pic de pollution : on retrouve une masse d'air avec un pied légèrement convectif et un vent d'ouest bien établi en surface. La masse d'air polluée a été ainsi lessivée et purgée.

Rétro-trajectoires⁵

Le vent étant faible, la pollution des 9 et 10 décembre est une pollution locale, sans apports extérieurs avec un ensemble de rétro-trajectoires restant proches de la zone finale (Paris dans ce cas présent) et ceci durant une période de 24 h.

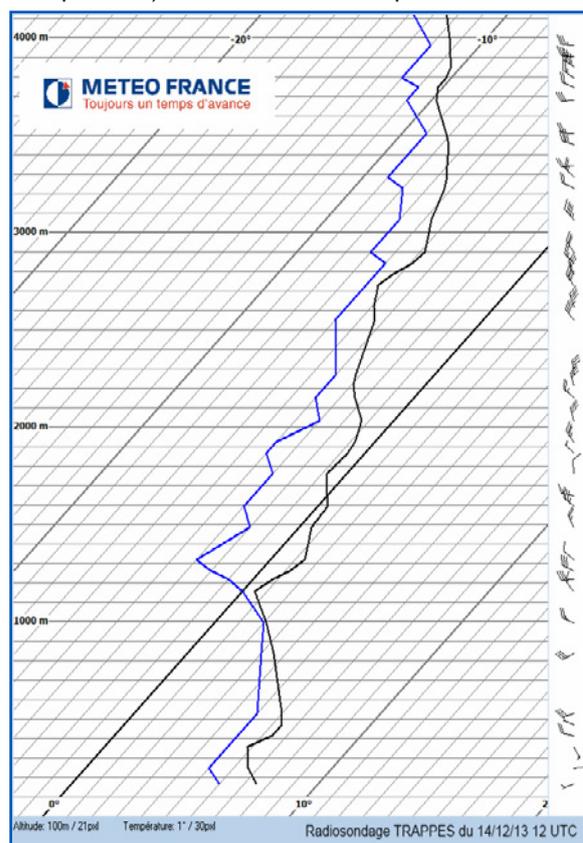


Figure 6.

Radiosondages de Trappes du 14 décembre (12UTC).

Trappes radiosounding of 14th December 2013 (12UTC).

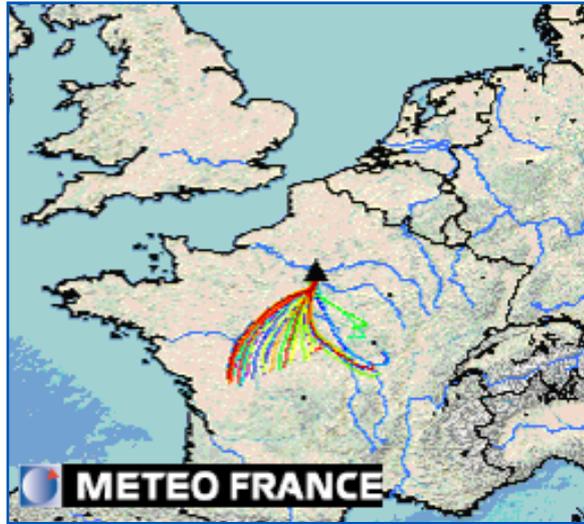


Figure 7.

Rétro-trajectoire du 10 décembre sur les 24 dernières heures.

Retro trajectory of 10th December 2013 on the previous 24 hours.

Les figures 7 à 9 suivantes illustrent bien le caractère avant tout local (ou restant sur un domaine France) de cet épisode de pollution.

Fin de l'épisode

Le vent de sud-ouest des jours suivants ne suffit pas à nettoyer complètement l'atmosphère des aérosols, il faudra attendre le 14 avec le passage d'un front pluvieux pour que l'air soit lessivé et débarrassé des particules en suspension.

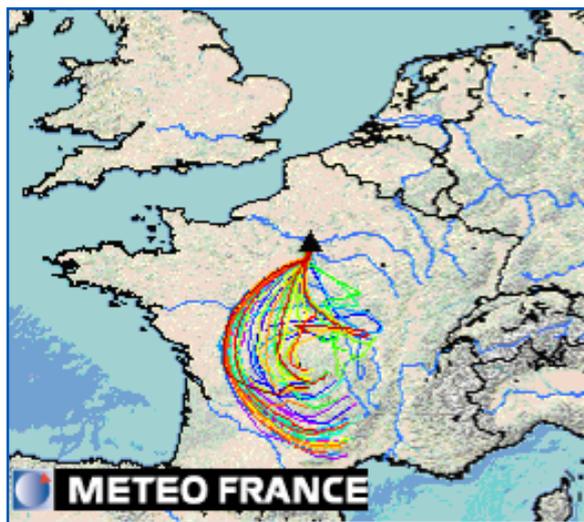


Figure 8.

Rétro-trajectoire du 10 décembre sur 48 h.

Retro trajectory of 10th December 2013 on the previous 48 hours.

Épisode du 11 au 14 mars 2014 : alerte aux PM₁₀

Le second épisode analysé ici est celui du 11 au 14 mars 2014, à savoir un épisode de pollution aux particules PM₁₀ avec des niveaux de concentrations de particules très élevés, en particulier sur les métropoles et le couloir rhodanien.

Description du contexte synoptique pour la période du 11 au 17 mars

De la même manière que pour l'épisode de décembre, une cellule anticyclonique se positionne progressivement sur le Nord de l'Europe les 11 et 12 mars. Comme le montre la figure 10, un flux de nord-est se met alors en place sur le Nord de la France.

Une partie de la pollution constatée sur le Nord de la France est due à l'import de polluants *via* ce flux de nord-est.

Les 13 et 14, la cellule anticyclonique se décale sur les îles britanniques puis le proche atlantique le 14. On peut noter la particularité, pour les 13 et 14, d'une absence de gradient sur le pays et donc des vents très faibles. Les conditions sont donc réunies pour un défaut de brassage/lessivage de l'air, une accumulation des polluants au niveau des zones d'émissions (ou leur transformation en aérosols secondaires)

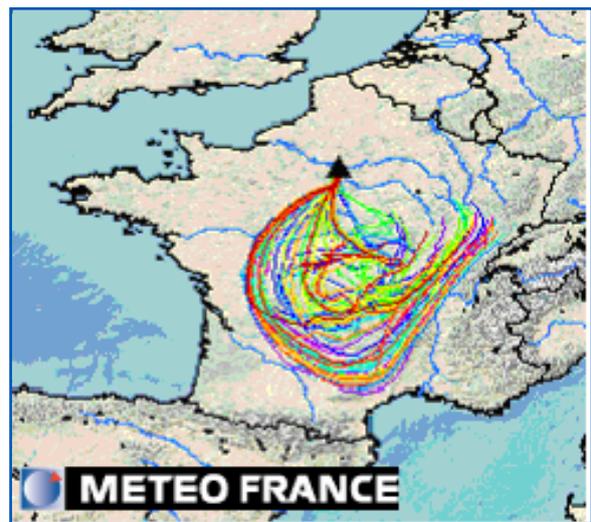
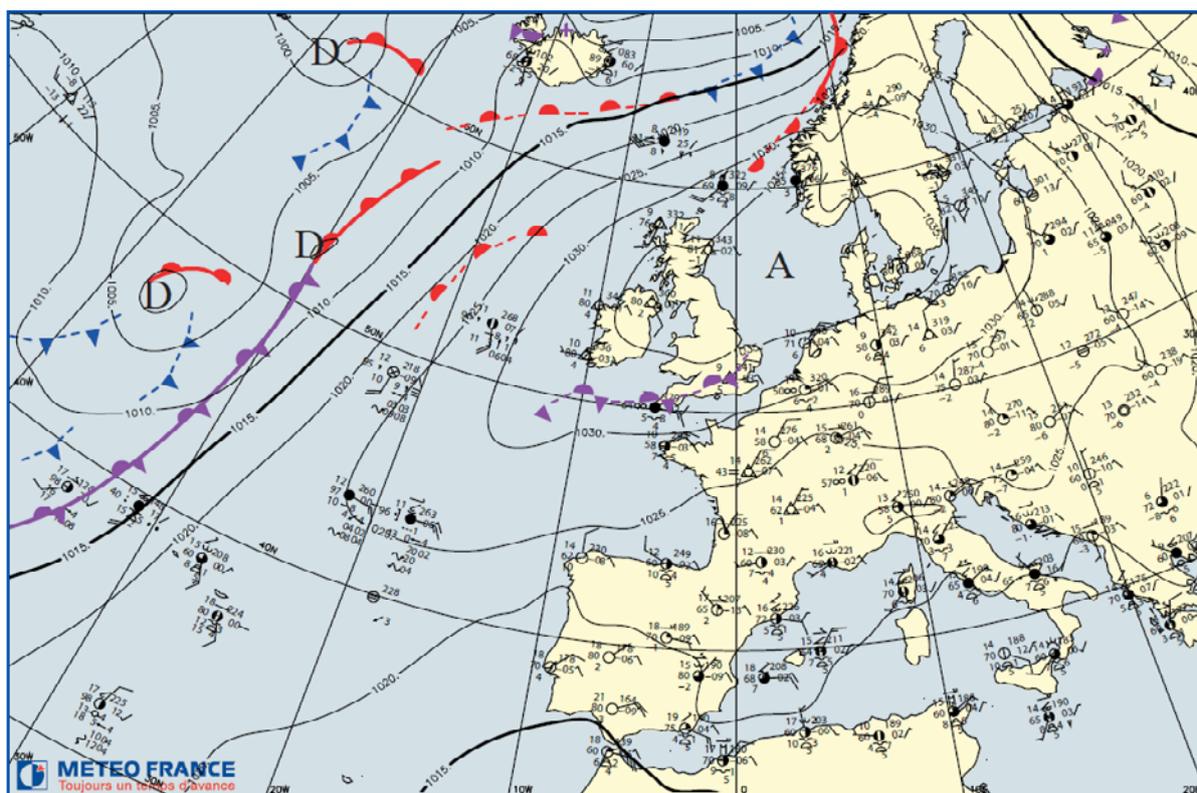


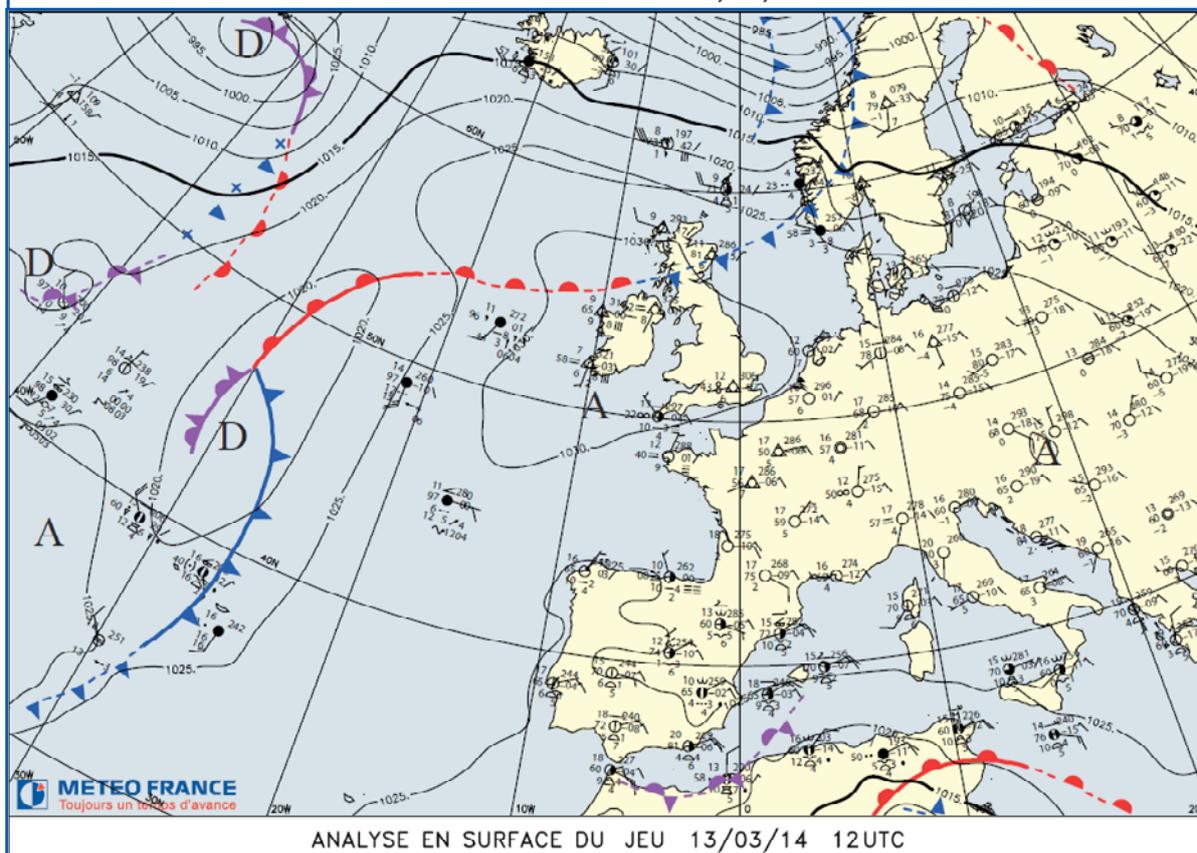
Figure 9.

Rétro-trajectoire du 10 décembre sur 72 h.

Retro trajectory of 10th December 2013 on the previous 72 hours.



ANALYSE EN SURFACE DU MAR 11/03/14 12UTC



ANALYSE EN SURFACE DU JEU 13/03/14 12UTC

Figure 10.

Situation météorologique des 11 et 13 mars 2014.

Weather condition, 11th and 13th March 2014.

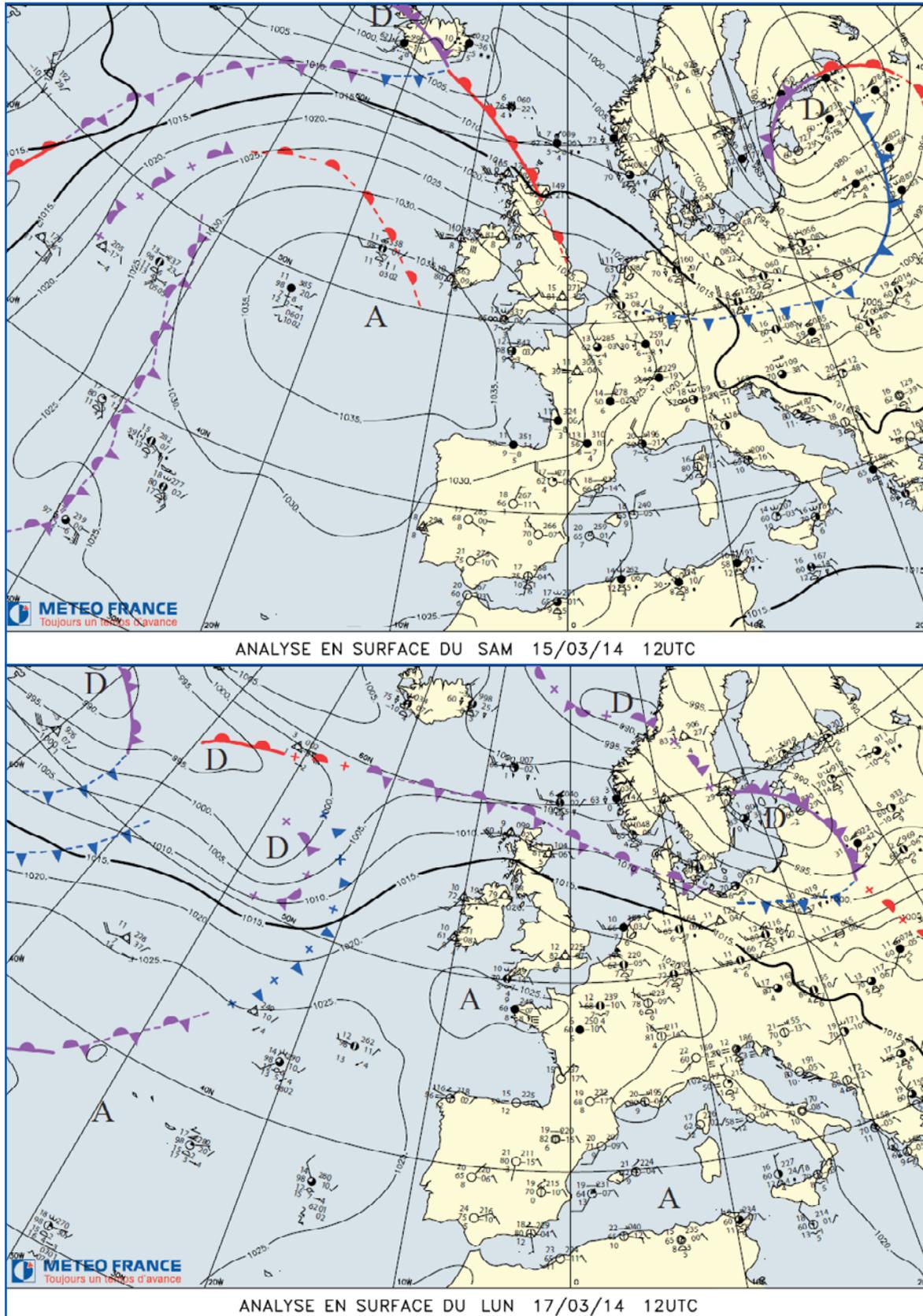


Figure 11.

Situation météorologique des 15 au 17 mars 2014.
Weather condition, 15th and 17th March 2014.

et une conservation des polluants apportés par le flux des jours précédents.

À partir du 15 mars (cf. figure 11), la France est soumise à un flux de nord-ouest faible mais durable puisqu'il se poursuit les 16 et 17. Ce flux suffit à nettoyer l'air en surface et à faire passer les concentrations de PM₁₀ en dessous des seuils d'alerte.

Comme dans le cas précédent, les radiosondages, illustrés dans les figures 12 à 14, indiquent pour le 10, une masse d'air subsidente. En cours de journée, le réchauffement des basses couches et le brassage de l'air lié à l'ensoleillement sont faibles. Le 11, le poids de la couche d'inversion à 500 mètres d'altitude environ ne permet pas suffisamment de diluer les particules.

Le 12, la masse d'air s'est à nouveau « affaïssée », avec une inversion de subsidence très basse, qui empêche à nouveau une dilution de la pollution.

Le 13, par contre, en journée, le radiosondage de Trappes de la figure 15 met en évidence une masse d'air propice à de la convection en

thermique pur ; aux heures les plus chaudes de l'après-midi, le mélange peut se faire sur 600 à 700 m d'épaisseur, ce qui contribue à une baisse des concentrations en particules en surface.

Le 14, la masse d'air est à nouveau peu propice aux mélanges sur la verticale. Le 15, finalement, la mise en place d'un flux de nord-ouest et une inversion nocturne importante (vers 1 000 m) permettent de purger la masse d'air des particules accumulées durant l'épisode. Le 17, on retrouve une hauteur de mélange à 800 m sous une inversion marquée, mais le vent de nord-ouest bien établi permet l'advection d'une masse d'air propre et repousse la pollution locale vers le sud-est.

Rétro-trajectoires pour le 14 et le 17 mars 2014

Le 14 mars, les rétro-trajectoires confirment que la région parisienne a été soumise à un flux d'est continental.

Les particules d'air qui ont touché Paris le 14 ont eu, pendant les 24 heures qui ont précédé, un parcours assez court puisque toutes étaient en

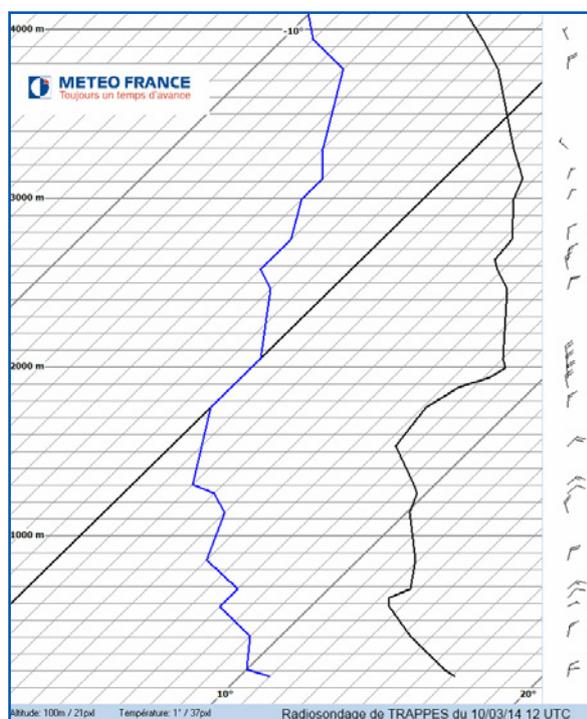


Figure 12.

Radiosondages de Trappes du 10 mars 2014 (12UTC).

Trappes radiosounding of 10th March 2014 (12UTC).

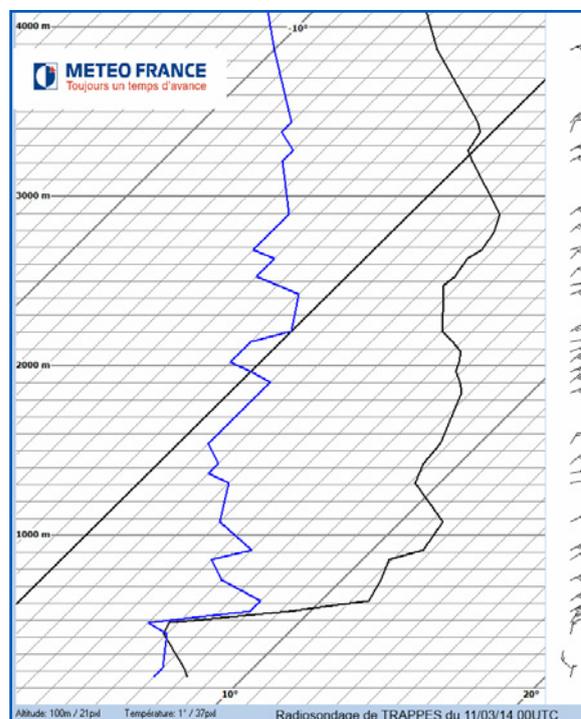


Figure 13.

Radiosondages de Trappes du 11 mars 2014 (00UTC).

Trappes radiosounding of 11th March 2014 (00UTC).

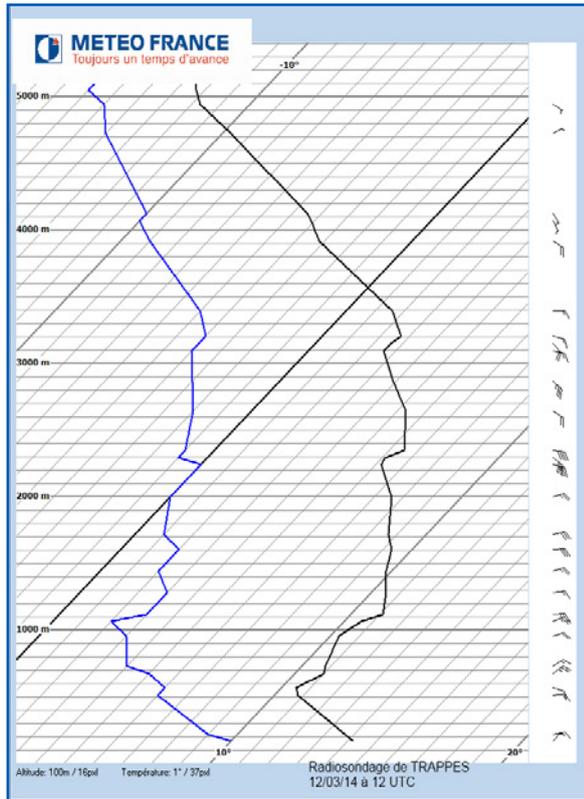


Figure 14.

Radiosondages de Trappes du 12 mars 2014 (12UTC).

Trappes radiosounding of 12th March 2014 (12UTC).

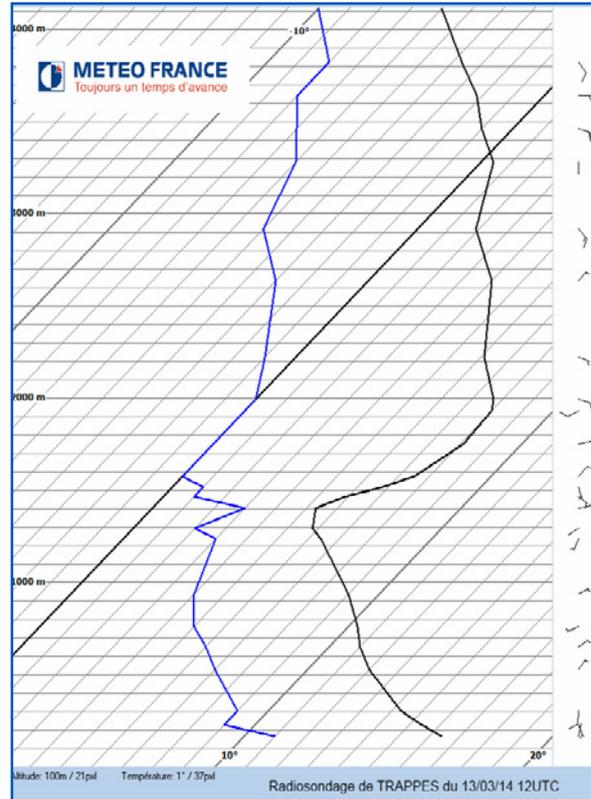


Figure 15.

Radiosondages de Trappes du 13 mars 2014 (12UTC).

Trappes radiosounding of 13th March 2014 (12UTC).

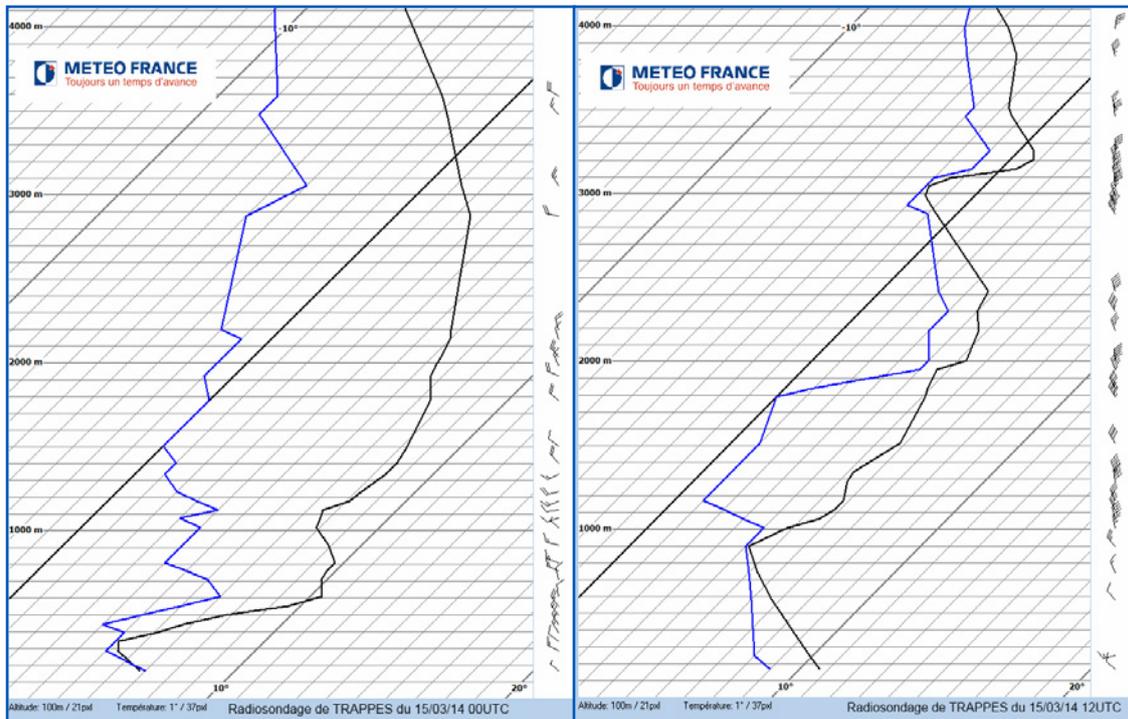


Figure 16.

Radiosondages de Trappes du 15 mars (00UTC à gauche et 12UTC à droite).
Trappes radiosounding of 15th March 2014 (00UTC at left and 12UTC at right).

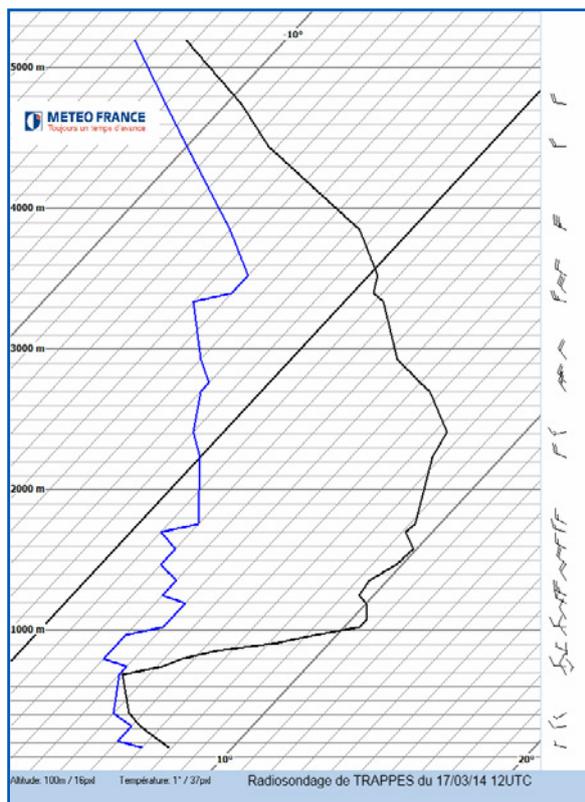


Figure 17.

Radiosondages de Trappes du 17 mars (12UTC).

Trappes radiosounding of 17th March 2014 (12UTC).

France le 13 à 12 h. Plus tôt dans le temps, les calculs à 48 et 72 heures montrent l'origine purement continentale de la masse d'air qui touche Paris le 14, comme illustré dans les figures 18 à 20.



Figure 18.

Retro-trajectoires du 14/03 sur 24 h.

Retro trajectory of 14th March 2014 on the previous 24 hours.

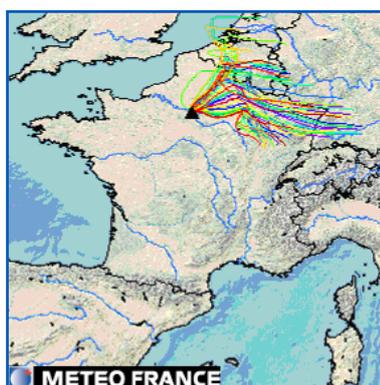


Figure 19.

Retro-trajectoires du 14/03 sur 48 h.

Retro trajectory of 14th March 2014 on the previous 48 hours.

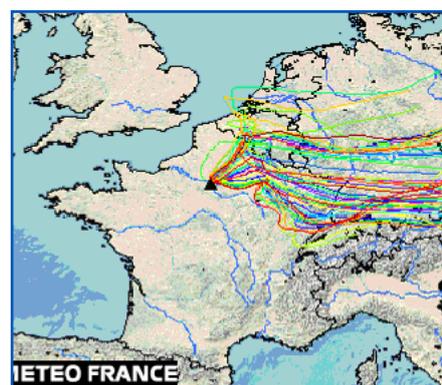


Figure 20.

Retro-trajectoires du 14/03 sur 72 h.

Retro trajectory of 14th March 2014 on the previous 72 hours.

Le 17 mars, la France est soumise à un flux d'ouest-nord-ouest. Les particules d'air ont contourné la cellule anticyclonique positionnée sur la Bretagne et le proche Atlantique par le nord, avant d'arriver en France (voir les figures 21 et 22). Cet air est un « air propre » non chargé en aérosol.

Pour résumer, le 14, le flux permet l'advection d'une masse d'air polluée par un long et assez lent parcours continental dans un contexte anticyclonique (inversion basse), alors que le 17, la masse d'air advectée est au contraire propre car d'origine océanique.

Bilan et Fin de l'épisode

Il ressort de l'analyse météorologique de cet épisode que les conditions météorologiques ne correspondaient pas au « pire cas » de blocage possible, bien que les basses couches aient été très stables et le vent au sol faible. L'ampleur de cet épisode s'explique surtout par l'importance des sources locales ou exogènes (émissions par le trafic routier, apport agricole, transport de polluants d'origine continentale...). La fin de cet épisode est due en grande partie à la mise en place d'un vent de nord-ouest qui a permis la dispersion des polluants accumulés sur la France et l'arrivée de masses d'air moins polluées.

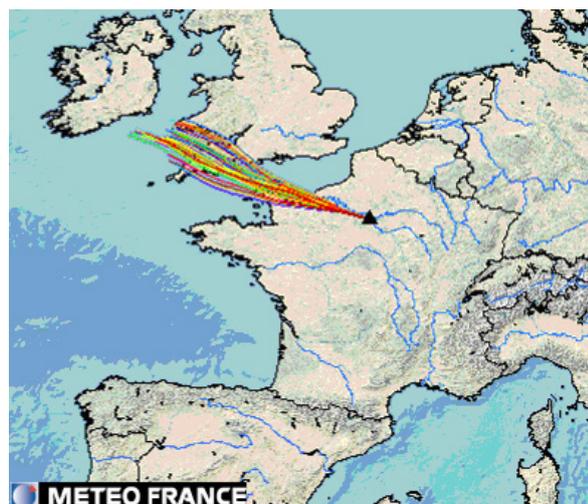


Figure 21.

Retro-trajectoires du 17/03 sur 24 h.

Retro trajectory of 17th March 2014 on the previous 24 hours.

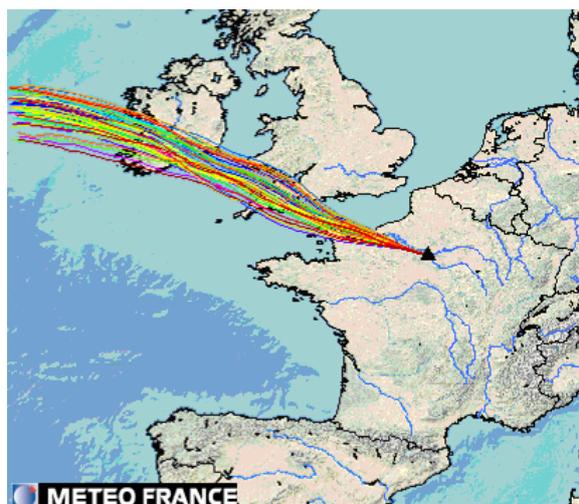


Figure 22.

Retro-trajectoires du 17/03 sur 48 h.

Retro trajectory of 17th March 2014 on the previous 48 hours.

Conclusion

Les éléments présentés ici portent sur deux cas de pollution :

- d'une part, un cas de pollution locale, générée en grande partie par des sources locales (particules primaires ou secondaires) et dont l'ampleur s'explique par une situation météorologique très stable de type anticyclonique ;

- d'autre part, un cas de pollution plus généralisée, avec une situation météorologique moins pénalisante mais avec un apport extérieur important qui va générer le dépassement du seuil d'alerte pour les concentrations en PM_{10} .

L'étude de ces deux situations met en évidence l'importance du facteur météorologique dans la mise en place d'un épisode de pic de pollution et surtout dans la fin de cet épisode. La modification de la situation météorologique (lessivage par la pluie ou dispersion par le vent) favorise le nettoyage de l'air chargé en particules, marquant ainsi souvent la fin des épisodes.

La variété des situations météorologiques qui génèrent les épisodes de pollution doit être prise en compte dans la gestion de ces « pics » de pollution dont l'origine et la nature des polluants sont différents.

1. Direction de la Production, Météo-France.
2. Direction d'Ile-de-France/Centre, Météo-France.
3. Direction Ouest, Météo-France.
4. Un radiosondage est le résultat d'une mesure verticale de l'atmosphère dans la troposphère représentée ici sur un émagramme depuis le sol jusqu'à 4 000 m environ. Les paramètres mesurés sont pression, température, humidité et vent. L'axe des ordonnées de gauche correspond au niveau pression (hpa) avec indication de l'altitude correspondante en m. Les données de vent sont présentées sur la droite.
La courbe noire représente la température de l'air et la courbe bleue celle du thermomètre mouillé, leur écart indique l'humidité de la masse d'air (faible en cas d'écart important).
Une courbe noire inclinée vers la gauche correspond à une masse d'air instable ; inversement, inclinée vers la droite, elle indique une masse d'air stable. La présence d'une inversion de température est matérialisée par une hausse de la température avec l'altitude.
5. Le calcul de rétro-trajectoires consiste à déterminer d'où proviennent les particules retrouvées en un point donné un jour donné. Les calculs se basent sur un modèle météorologique de prévision numérique (ici le modèle Météo-France Arpège 0.5°) et s'attachent à suivre les déplacements d'un grand nombre de particules soumises aux champs de vent issus du modèle de prévision. Ces rétro-trajectoires permettent donc, de manière qualitative, d'estimer l'origine et le trajet des particules à 24, 48 ou 72 heures d'échéance.

Références

- Site Prevoir : <http://www2.prevoir.org/>
- Bilan de la qualité de l'air en France 2012 et principales tendances observées au cours de la période 2000-2012. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.