

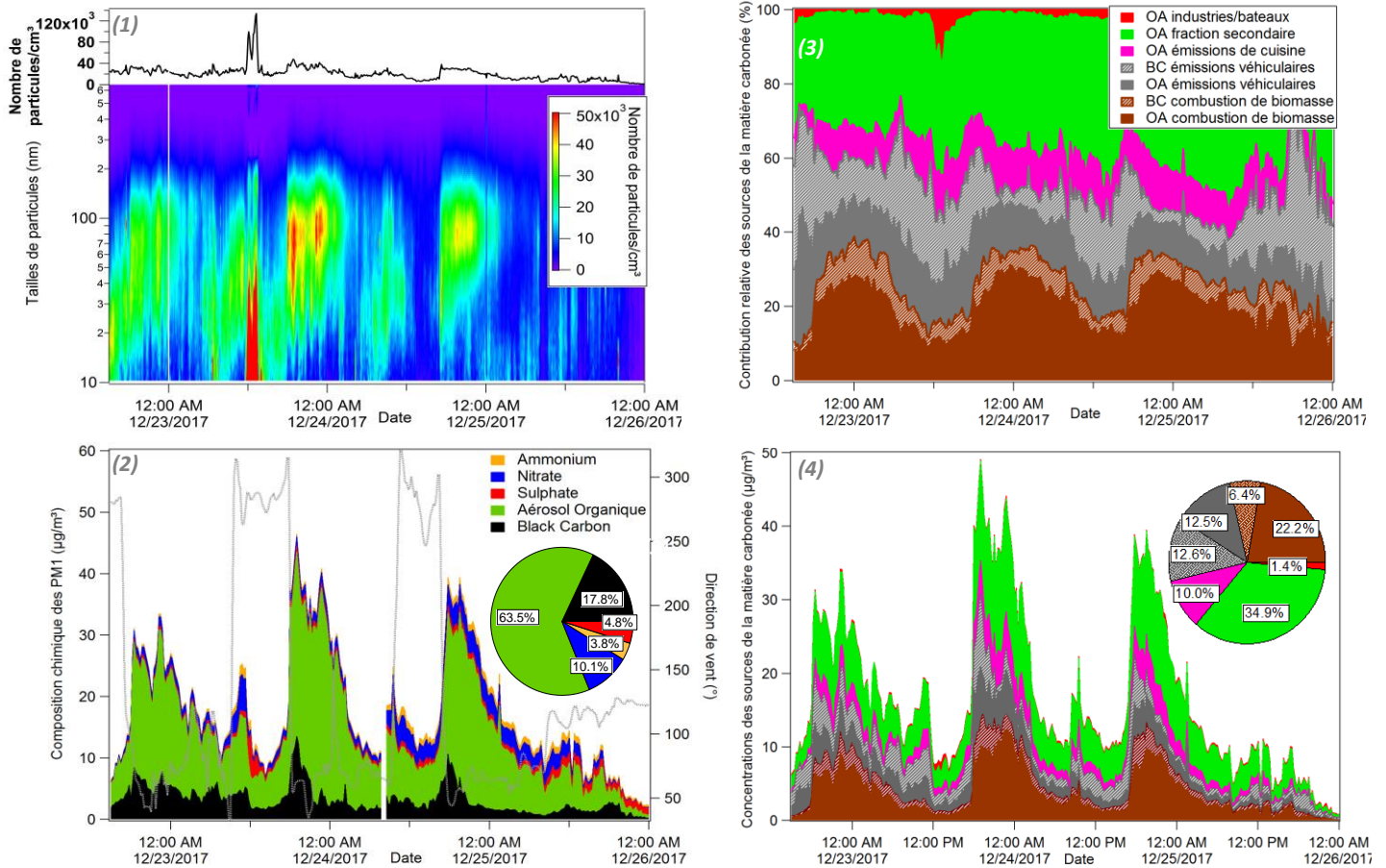
## Site de Marseille / Longchamp, un pont entre recherche fondamentale, surveillance opérationnelle de la qualité de l'air et citoyens

Afin de répondre à cet enjeu majeur que constitue la pollution atmosphérique par les particules fines et ultrafines, Air PACA et le LCE (Laboratoire de Chimie de l'Environnement, Aix Marseille Université, CNRS, <https://lce.univ-amu.fr/>), se sont associés pour mettre en place un super site d'étude dédié à l'analyse en continu des propriétés physico-chimiques des particules atmosphériques submicronique (fraction pénétrant le plus profondément dans l'appareil respiratoire). Localisé au cœur du parc Longchamp de Marseille, ce site historique d'Air PACA de type fond urbain (c'est-à-dire représentatif de l'air moyen respiré par les habitants de Marseille) a été équipé en complément des instruments nécessaires à la mesure de l'ensemble des polluants réglementés (PM10, PM2.5, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) et de la mesure des principaux gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>), d'une instrumentation de dernière génération, jusqu'alors disponible uniquement dans les laboratoires de recherche. Cette nouvelle instrumentation, inaugurée en juin 2017, comprend :

- un **ToF-ACSM** (Time of Flight – Aerosol Chemical Speciation Monitor), un spectromètre de masse qui analyse en temps réel (résolution temporelle 15 min), la composition chimique de la fraction dite non réfractaire des PM1 (particules de moins de 1 µm), soit principalement la matière organique, le sulfate, le nitrate et l'ammonium.
- un **Aethalomètre**, installé depuis 2014 sur le site, mesure la principale fraction réfractaire : le *black carbon* (ou carbone suie) émis par les combustions et souvent associé aux émissions diesel, bien que ses sources soient plus complexes. En combinant les mesures de ces deux instruments, il est donc possible de déterminer en temps réel la composition chimique des PM1. Ces dernières représentent en moyenne 70 à 90% des PM2.5 (paramètre réglementé).
- un **SMPS** (Scanning Mobility Particle Sizer) mesure, quant à lui, le nombre de particules PM1, et leur distribution granulométrique (c'est-à-dire le nombre de particules en fonction de leur taille) dans la gamme de taille comprise entre 10 nm et 1 µm. A titre de comparaison, l'épaisseur d'un cheveu est de l'ordre de 70 µm. A l'heure actuelle, seule la masse (et non le nombre) des particules est soumise à réglementation. Cet instrument plus résolu en termes de gamme de taille vient compléter et à termes remplacer l'instrumentation (UFP 3031) déjà mis en place par Air PACA depuis 2015.

Cette instrumentation sera complétée courant juin 2018, par **un analyseur de métaux**, cofinancé par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, permettant la mesure d'une trentaine de métaux (Pb, As, Ni, V, Hg, Cr, Sb, Fe, Mn, Al...) associé aux PM1 avec une résolution temporelle comprise entre 30 et 60 min.

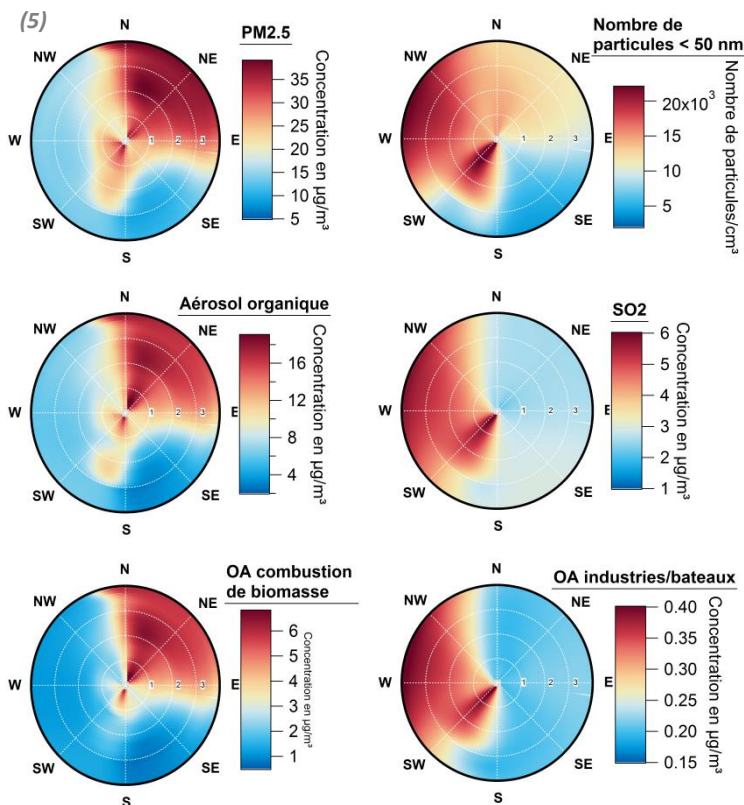
## Une période de Noël chargée en particules fines et ultrafines



- (1) Evolution temporelle du nombre total de particules PM1 (moins de 1 µm) du 23 au 26 Décembre – évolution du nombre selon la taille de particules (de 10 nm à 1000 nm).
- (2) Composition chimique des PM1 (en µg/m³) et évolution temporelle de la direction du vent.
- (3) Contributions relatives des sources de particules issues de la matière carbonée (aérosol organique + black carbon).
- (4) Concentration (en µg/m³) des sources de la matière carbonée.

Le potentiel offert par le site de Marseille / Longchamp est illustré au travers de l'exemple de la période de Noël 2017. Cet exemple est très caractéristique des phénomènes complexes de pollution par les particules impactant Marseille, déjà mis en évidence par des campagnes de mesures intensives réalisées ponctuellement dans un passé récent.

D'abord, les **phénomènes de pollution ne sont pas homogènes au cours d'une journée et présentent une dynamique souvent très liée aux directions de vent**. En fin de journée, l'établissement des brises nocturnes canalisées à Marseille par la vallée de l'Huveaune, engendrent une brusque augmentation des concentrations. Elles peuvent être multipliées par un facteur 4 à 5 en l'espace de simplement quelques minutes (Figure 2). Cette augmentation est très visible les 23 et 24 décembre. Pour les particules submicroniques, cette augmentation se traduit essentiellement par une hausse des concentrations de la fraction carbonée de l'aérosol. Cette **fraction carbonée est sur l'ensemble de la période la fraction majoritaire représentant 80 % de la masse des PM1. Cette fraction peut atteindre 90% pendant les épisodes nocturnes**. La matière carbonée correspond à la contribution de l'aérosol organique (OA - 63.5%) et celle du *black carbon* (BC - 17.8%). Au cours de ces épisodes nocturnes, le nombre total de particules submicroniques est de l'ordre de 40 000 particules/cm<sup>3</sup>, majoritairement constituées de particules d'environ 100 nm de diamètre (mode d'accumulation, Figure 1). Au cours de cette période, nous pouvons également mettre en évidence un panache intense de particules ultrafines (< 50 nm) aux environs de midi le 23 décembre (figure 1).



(5) Roses de pollution de différents polluants et sources d'émissions sur la période du 23 au 26 Décembre. Les coordonnées angulaire et radiale représentent respectivement la direction et la vitesse du vent.

**fraction représentant 80% de la masse des PM1.** Pour la matière organique, l'utilisation d'outils statistiques poussés est nécessaire.

Ces études statistiques nous permettent de quantifier les principales sources de l'OA : les **émissions véhiculaires**, la **combustion de biomasse** (combustion de bois, de déchets verts, feux agricoles ou de forêts), les émissions liées à la **cuisson des aliments** (principalement les cuissons de viande), les **émissions industrielles comprenant celles des navires**, et la fraction secondaire (c'est-à-dire celle formée in situ dans l'atmosphère à partir de composés émis sous forme gazeuse). Cette **fraction secondaire de l'aérosol organique est, comme dans la grande majorité des environnements, la principale fraction représentant durant cette période 35% de la concentration de la matière carbonée des PM1** (Figures 3 et 4). A l'heure actuelle, il est impossible de connaître l'origine des précurseurs gazeux responsables de cette fraction secondaire, mais des études récentes, notamment menées à Marseille, couplant ce type d'analyse avec des mesures de carbone 14 mettent clairement en évidence le caractère prépondérant des sources d'origine non-fossile (émissions de composés organiques volatils par la végétation et combustions de biomasse, principalement).

La part liée aux particules directement émises par la **combustion de biomasse constitue pour cette période de Noël la seconde source de matière carbonée des PM1 et représente en moyenne près de 29%**. Ce pourcentage augmente significativement pendant les épisodes nocturnes (Figure 3 et 4). L'impact de la combustion de biomasse dépasse donc, pendant cette période, celui des **émissions véhiculaires qui représentent en moyenne 25% de la fraction carbonée des PM1**. Enfin les **émissions liées à la cuisine représentent 10%**, et les **émissions industrielles/maritimes 1.4%**. Ces dernières constituent une faible part de la masse des PM1, même au cours de l'épisode du 23 décembre (<10%), confirmant l'impact de ces émissions sur le nombre de particules et non sur leur masse. Toutefois l'impact de ces sources sur les concentrations en sulfate, fraction de l'aérosol pouvant devenir très significative l'été, doit encore être déterminé.

La figure 5 illustre bien l'impact des différents régimes de vents et donc l'origine des masses d'air sur les caractéristiques de la pollution par les particules fines et ultrafines à Marseille. A la différence **des émissions de combustion de biomasse (et plus généralement des concentrations massiques en PM2.5) advectées sur Marseille par les brises nocturnes, canalisées par la vallée de l'Huveaune, les particules ultrafines (<50 nm)**

Au cours de cet événement, le nombre total de particules dépasse les 120 000 particules/cm<sup>3</sup>. **Ce panache est très clairement lié à l'impact des sources industrielles du golfe de Fos et aux émissions des navires** (port de Fos et/ou port de Marseille). A l'heure actuelle nous ne pouvons pas faire la distinction entre ces deux sources (industries et navires). Le déploiement de l'analyseur de métaux, nous permettra, dans un avenir proche de pouvoir faire cette distinction. Il est important de noter que ce panache n'a cependant pas eu d'impact sur les concentrations massiques des PM1 (Figure 2). Ces particules ultrafines (diamètre inférieur à 50 nm) étant tellement petites qu'elles ne participent que marginalement à la masse totale des PM1. L'observation de ce type d'épisodes est relativement rare en hiver, mais beaucoup plus fréquent l'été lorsque les régimes de brises de mer se mettent en place.

Au-delà de ces informations sur la composition chimique, l'étude approfondie des spectres de masses du ToF-ACSM ou des propriétés optiques d'absorption du *black carbon* permettent de **quantifier les principales sources de la matière organique (OA) et du black carbon, respectivement,**

**proviennent d'une tout autre direction. Les panaches de particules ultrafines, hautement corrélées avec le SO<sub>2</sub> et les émissions industrielles du golfe de Fos (associées au trafic maritime), sont eux advectés sur la ville de Marseille sous l'effet de conditions de type mistral de faible intensité (Nord-Ouest) et/ou suite à la mise en place des brises de mer en début de journée (Sud-Ouest).**

Cet exemple de la période de Noël 2017 illustre le potentiel unique des informations pouvant être recueillies de ce vaste effort mis en place en collaboration étroite entre Air PACA et le LCE. Ces informations seront dans un avenir proche à la disposition directe des autorités publiques et des citoyens. Elles constitueront une aide précieuse à la décision et permettront une meilleure information sur les causes des épisodes de pollution et une évaluation plus précise de l'efficacité des actions mises en place dans le cadre des plans de protection de l'atmosphère (PPA).

Auteurs :

Benjamin Chazeau<sup>1,2</sup>, Nicolas Marchand<sup>1</sup>, Boualem Mesbah<sup>2</sup>, Grégory Gille<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Aix Marseille Université, CNRS, LCE, Marseille, France*

<sup>2</sup>*Air PACA*