

## Recherche des sources de PM<sub>10</sub> dans les villes de Nice, Marseille et Port-de-Bouc

### Contexte

Depuis 2014, Air PACA s'intéresse à la composition chimique fine des particules atmosphériques sur trois sites : Nice, Marseille et Port-de-Bouc. Cette spéciation a pour but d'identifier et de quantifier la contribution des sources de particules dans ces trois villes. En 2017, grâce à sa collaboration avec l'IGE<sup>1</sup> et le LCME<sup>2</sup>, la composition géochimique des particules prélevées dans ces sites a été étudiée et différentes sources de PM<sub>10</sub> ont été identifiées.

### Bilan des mesures

Les prélèvements des PM<sub>10</sub> ont été effectués de juin 2014 à décembre 2016 à Nice, Marseille et Port-de-Bouc et près de 250 filtres ont été analysés pour chaque site. Les analyses de la matière carbonée, des ions, des sucres, des éléments traces métalliques et de divers composés organiques ont été réalisées par l'IGE et le LCME.

### Composition chimique des PM<sub>10</sub>

#### Composition globale des PM<sub>10</sub>

L'étude a montré que la composition des PM<sub>10</sub> ne présente que très peu de différence entre les trois villes, à l'exception de Port-de-Bouc (Figure 1). Ce site se distingue du fait de sa typologie différente. En effet, Nice et Marseille sont de typologie urbaine tandis que Port-de-Bouc est un site sous influence industrielle. Les concentrations en éléments traces métalliques sont plus élevées sur ce site, influençant alors la contribution attribuée aux poussières minérales mais qui peuvent, sur ce site, provenir de sources industrielles. Il en est de même pour la contribution en sels marins, plus importante à Port-de-Bouc, mais dont les composants peuvent également être émis par l'activité industrielle.

L'étude montre que les PM<sub>10</sub> sont constituées en grande partie de matière organique (OM). Elle représente entre 34 % en période estivale et 53 % en période hivernale de la masse des PM<sub>10</sub>. La composition de l'OM varie suivant les saisons mais très peu suivant les sites. En période hivernale, elle est majoritairement constituée de monosaccharides anhydres, traceurs de la combustion de la biomasse (environ 70 % de l'OM). En période estivale, ce sont les traceurs d'aérosols secondaires (l'oxalate représente plus de 45 % de l'OM et l'acide méthanesulfonique (MSA) plus de 15 %) et les traceurs de l'activité biogénique des sols (les polyols représentent 12 % de l'OM) qui dominent.

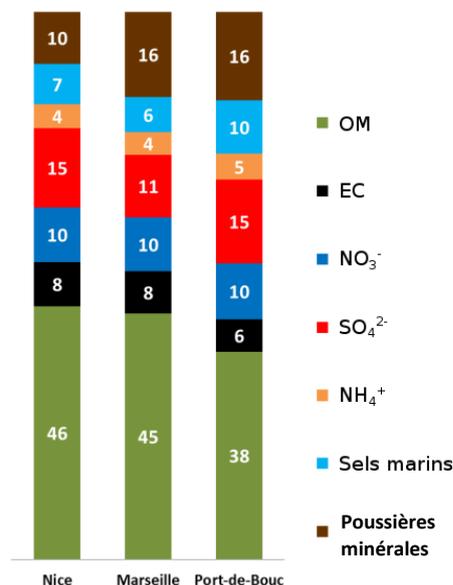


Figure 1 : Bilan massique des PM<sub>10</sub> sur toute la période de l'étude

### Caractéristiques des trois sites

La composition chimique des particules présente des spécificités en fonction des sources et de l'environnement des sites de mesure. L'étude qualitative des différents marqueurs spécifiques de sources permet de mieux appréhender

<sup>1</sup> Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) - CNRS, Université Grenoble Alpes (UGA), IRD, Grenoble INP - Grenoble, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME) - Université Savoie Mont Blanc - Le Bourget du Lac, France

l'identification des sources par le modèle Positive Matrix Factorization (PMF) mis en œuvre dans cette étude. En effet, pour chaque source de particules, il existe des traceurs tels que :

- pour la combustion de la biomasse : le lévoglucosan et les méthoxyphénols présentant une évolution saisonnière marquée et identique entre les trois sites (Figure 2)
- pour le trafic routier : les hopanes. Ces composés peuvent être également émis par des sources industrielles, ce qui fait que Port-de-Bouc se distingue par des épisodes ponctuels de concentrations très élevées
- pour toute source de combustion : les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) où Port-de-Bouc se distingue par des concentrations moyennes plus importantes
- pour les émissions biogéniques primaires : les polyols où les concentrations moyennes sont plus élevées à Nice
- pour les émissions biogéniques secondaires : le MSA présentant une évolution saisonnière marquée et identique entre les trois sites (maxima en été)
- pour les émissions industrielles : les HAP soufrés et certains métaux tels que l'arsenic, le molybdène ou le plomb (Figure 3) dont les concentrations sont nettement supérieures à Port-de-Bouc comparées aux deux autres sites
- pour d'autres sources : les ions majeurs ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ).

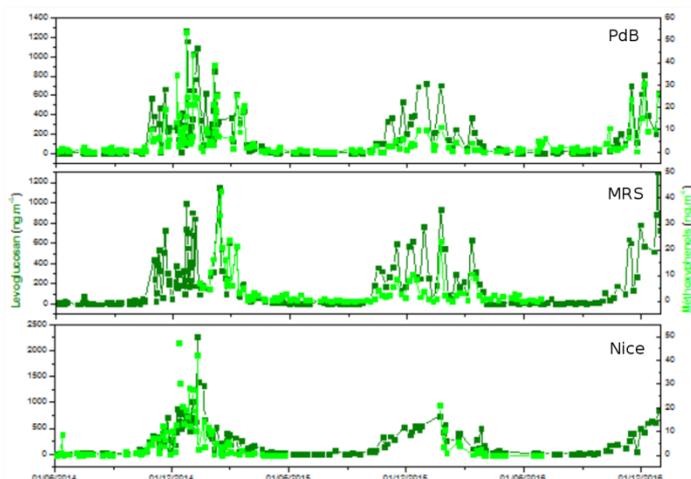


Figure 2 : Évolution des concentrations en lévoglucosan et en méthoxyphénols

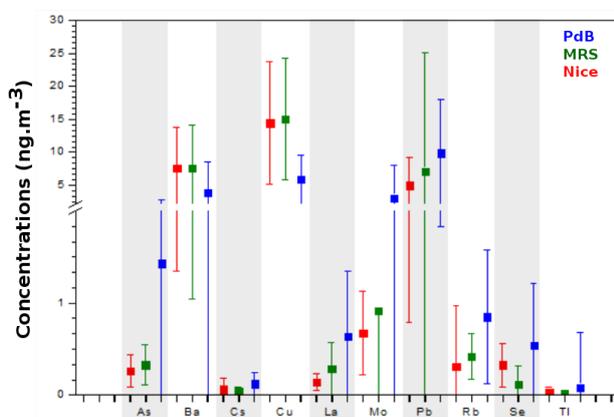


Figure 3 : Moyenne et écart-type de plusieurs métaux analysés

## Détermination des sources de $\text{PM}_{10}$

L'identification des sources de particules a été effectuée grâce au modèle statistique PMF. Cette modélisation permet, à partir des concentrations des espèces chimiques mesurées et de leurs incertitudes, d'obtenir des profils chimiques des sources et leur contribution à la masse des  $\text{PM}_{10}$ . Les variables d'entrée utilisées ont été choisies pour leur intérêt géochimique : la matière carbonée (carbone organique (OC) et carbone élémentaire (EC)), les ions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ), certains métaux (Fe, Cd, Cu, V et Ni) et des marqueurs organiques (MSA, polyols, lévoglucosan, quelques méthoxyphénols, hopanes, HAP, alcanes et HAP soufrés).

Sept facteurs (mathématiques) ont été obtenus et attribués à différentes sources (ou typologie de source) d'émission. Cette attribution respecte les connaissances scientifiques géochimiques présentes dans la littérature. Les caractéristiques suivantes ont été prises en compte :

- la contribution des espèces chimiques caractérisant chaque profil (présence ou non des marqueurs de sources),
- les ratios élémentaires, entre espèces, plus ou moins caractéristiques,
- l'évolution temporelle des sources.

Certaines sources se retrouvent sur les trois sites : marine (biogénique) secondaire, combustion de fioul lourd (HFO)/marine (biogénique) secondaire, combustion de la biomasse/secondaire et émissions biogénique des sols. D'autres sources n'ont été identifiées que sur les sites de Marseille et Port-de-Bouc : émissions secondaires inorganiques, ou seulement à Port-de-Bouc : émissions de l'activité de sidérurgie. Un exemple de profil de sources est illustré dans la Figure 4. De plus, à Nice, le modèle arrive à faire la distinction entre les émissions véhiculaires directes et indirectes alors que sur les deux autres sites ces deux sources de particules sont regroupées dans un même facteur.

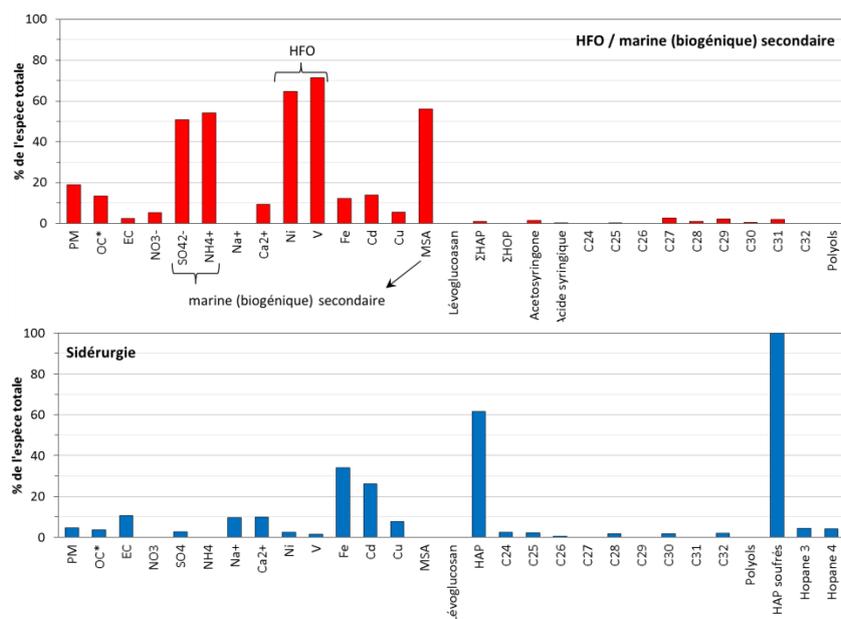


Figure 4 : Profil « HFO/marine (biogénique) secondaire » identifié à Nice et profil « sidérurgie » identifié à Port-de-Bouc

Cette étude a finalement permis de quantifier l'influence des différentes sources de particules présentes sur les sites de Nice, Marseille et Port-de-Bouc (Figure 5). Ainsi, sur la période de l'étude (2014-2016), les sources naturelles (émissions biogéniques des sols, source marine (biogénique) secondaire et, pour Marseille et Port-de-Bouc, émissions secondaires inorganiques) représentent :

- à Nice : 32 % des PM<sub>10</sub> (24 % en période hivernale et 41 % en période estivale),
- à Marseille : 52 % des PM<sub>10</sub> (38 % en période hivernale et 66 % en période estivale),
- à Port-de-Bouc : 57 % des PM<sub>10</sub> (46 % en période hivernale et 71 % en période estivale).

Les sources anthropiques (émissions véhiculaires directes et indirectes, combustion de la biomasse, combustion de fioul lourd et, dans le cas de Port-de-Bouc, émissions de l'activité de sidérurgie), représentent quant à elles :

- à Nice : 68 % des PM<sub>10</sub> (76 % en période hivernale et 59 % en période estivale),
- à Marseille : 48 % des PM<sub>10</sub> (62 % en période hivernale et 34 % en période estivale),
- à Port-de-Bouc : 43 % des PM<sub>10</sub> (54 % en période hivernale et 29 % en période estivale).

Toutefois la contribution des sources anthropiques (combustion de la biomasse et source HFO) semble être surestimée par le modèle notamment due aux fortes concentrations en ions secondaires (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) attribuées à ces sources.

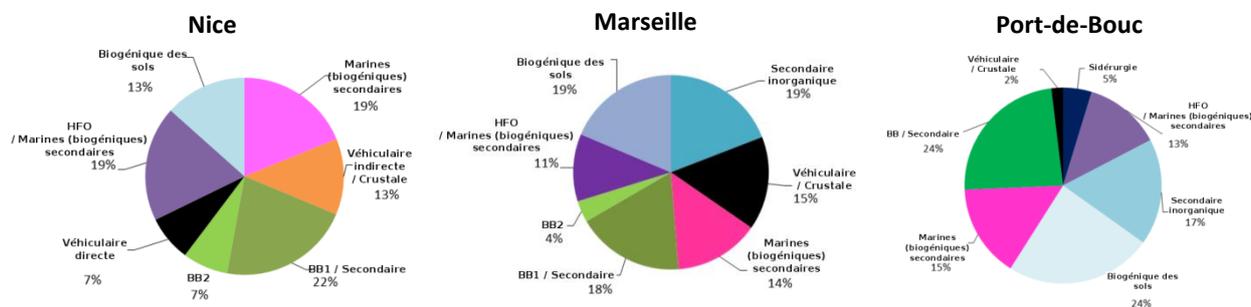


Figure 5 : Contribution des différentes sources de PM<sub>10</sub> pour la période de 2014 à 2016

## ► À retenir

### • Composés permettant l'identification des sources :

#### • sources anthropiques :

- **combustion de la biomasse** : lévoglucosan, méthoxyphénols, HAP
- **émissions véhiculaires directes (pot d'échappement)** : hopanes, HAP
- **émissions véhiculaires indirectes (abrasion des pneus, des freins ou de la route)** : Cd, Cu, Fe, Ca<sup>2+</sup>
- **combustion de fioul lourd (HFO)** : Ni, V
- **émissions de l'activité de sidérurgie** : HAP soufrés, HAP, Fe

#### • sources naturelles :

- **émissions biogéniques des sols** : polyols
- **source marine biogénique secondaire** : acide méthanesulfonique (MSA)
- **poussières crustales** : Ca<sup>2+</sup>, Fe
- **émissions secondaires** : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

### • Contributions des sources :

|                             | Nice | Marseille | Port-de-Bouc |
|-----------------------------|------|-----------|--------------|
| <b>Sources anthropiques</b> | 68 % | 48 %      | 43 %         |
| <b>Sources naturelles</b>   | 32 % | 52 %      | 57 %         |
| <b>Sources primaires</b>    | 59 % | 49 %      | 44 %         |
| <b>Sources secondaires</b>  | 41 % | 51 %      | 56 %         |

### • État actuel de l'identification des sources :

- **sources clairement identifiées** : émissions de l'activité de sidérurgie, émissions biogéniques des sols
- **sources mélangées** : combustion de la biomasse / émissions secondaires, émissions véhiculaires / poussières crustales, combustion de fioul lourd / émissions marines biogéniques secondaires

Le bilan détaillé de l'étude est en ligne sur [www.airpaca.org](http://www.airpaca.org) [Rubrique : *Données & publications*].