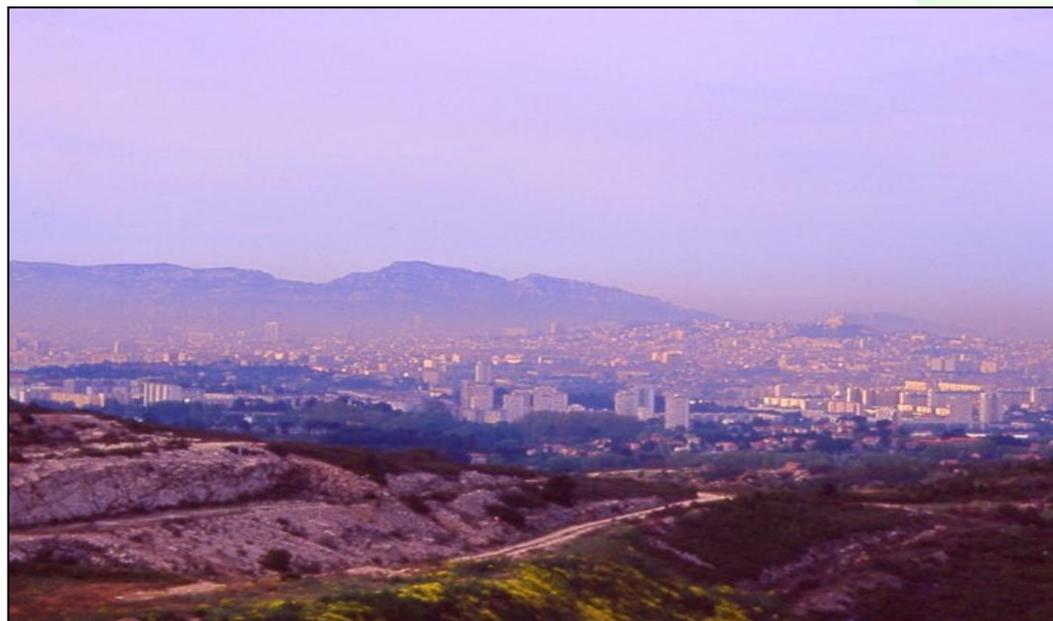


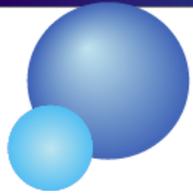
Thèse CIFRE de **Benjamin Chazeau**

Directeurs de thèse:
Dr. Nicolas Marchand
Pr. Henri Wortham

Référent AirPACA:
Dr. Boualem Mesbah

Phénoménologie, sources et dynamique de la pollution atmosphérique par les particules fines : observatoire de Marseille

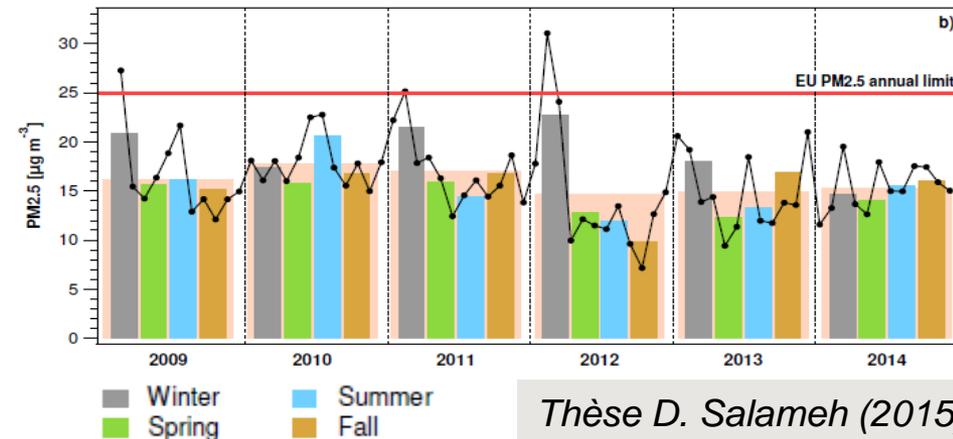




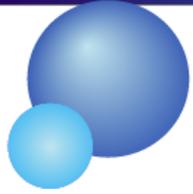
Marseille, deuxième ville française, est très largement impactée par la pollution par les particules. Elle est considérée comme **la ville la plus polluée de France**.



Les concentrations en PM2.5 (ou PM10) sont constantes au cours de l'année, **mais avec des situations très variées**.



Singularités de la ville: Fort ensoleillement (photo oxydation), multitudes de sources (anthropiques, naturelles), orographie et circulation de masses d'air particulières, présence d'un port et d'une zone industrielle à proximité



Seule la **concentration massique (PM2.5, PM10)** est réglementée.

Pas de prise en compte de la **composition chimique ou des propriétés physiques**. Or, des études ont montré l'hétérogénéité complexe des particules à Marseille.



Marseille, Juin 2017

➔ **Nécessité de mettre en place des mesures sur le long terme de la composition chimique afin d'évaluer les sources**, et d'avancer les connaissances sur l'impact sanitaire

Développement d'une nouvelle génération d'instruments permettant d'assurer des mesures en continu et ainsi de réaliser un suivi sur le long terme de la composition des particules fines et de leurs sources (Ng et al, 2011, Fröhlich et al, 2013)

➔ **Super site d'études des particules atmosphériques de Marseille, 5 avenues**

Un super site !

Inauguration le 22 Juin 2017

Site historique d'AirPACA (22 ans), station de fond urbain

But ➔ devenir un site de référence au niveau européen combinant à la fois un fort caractère opérationnel et à la fois la recherche fondamentale.

Des instruments de très haute technicité sont déployés grâce à la solide collaboration entre AirPaca et le LCE



Inauguration de la station « Air + », 5 Avenues – 22 Juin 2017

1. Mettre en place les instruments et développer les protocoles de transfert de données de l'instrumentation de l'observatoire vers les serveurs d'AirPACA et l'interface dédiée au grand public
2. Etablir **la phénoménologie** de la pollution par les particules fines sur Marseille. Cette phénoménologie s'appuiera sur la composition chimique, les sources, les tailles des particules et la dynamique atmosphérique
3. Affiner les approches statistiques de **quantification des sources** de particules avec un focus sur l'influence des sources industrielles et l'origine de la fraction secondaire

1. Mise en place des instruments et transfert des données



Aethalomètre
AE33

ToF-ACSM

SMPS



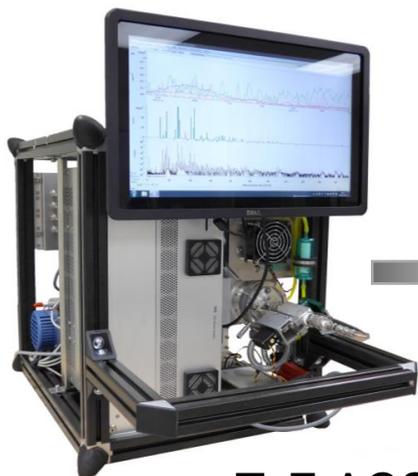
01/02/2017

21/06/2017



Black Carbon

AETHALOMETRE AE33

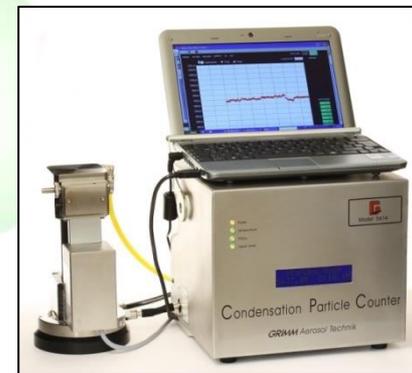


OA, Nitrate,
Sulfate,
Ammonium

ToF-ACSM

Accès en temps réel à :

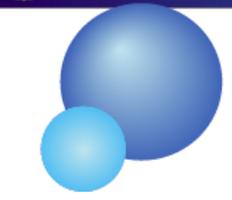
Composition des PM_{10}
Contribution relative des
sources (Trafic, combustion de
biomasse, SOA, industries,..)



SMPS

Nombre et
distribution
granulométrique
des PM_{10}

1. Mise en place des instruments et transfert des données



Aethalomètre AE33



ToF-ACSM



SMPS



Anémomètre Sonic 3D



→ Vitesse et direction du vent, température, pression

Analyseur de métaux Xact625I



→ ~30 métaux en ligne

Nouveau SMPS dédié



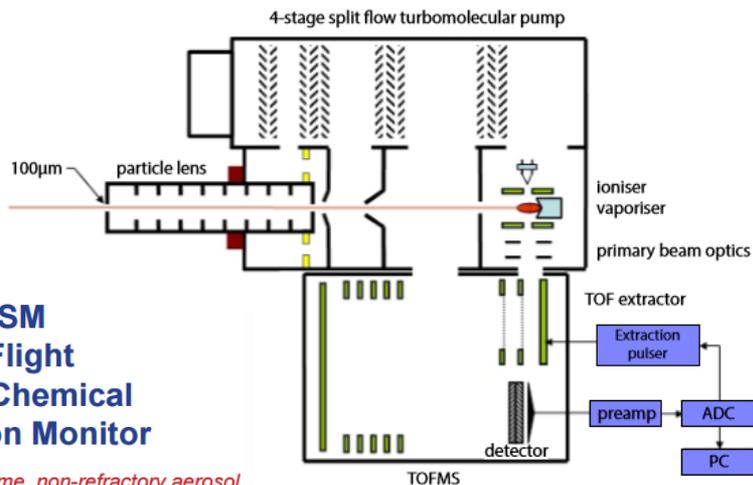
C14 (Cerege), PO (IGE)



→ Paramètres réglementés (NOx, O3, SO2, PMx,...)

1. Mise en place des instruments et transfert des données

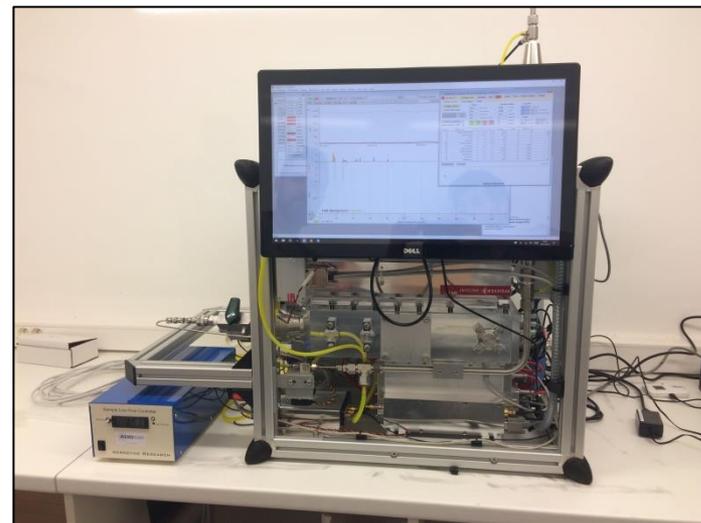
ToF-ACSM



TOF - ACSM
Time-of-Flight
Aerosol Chemical
Speciation Monitor

Measure real-time, non-refractory aerosol particle mass and chemical composition.

Frohlich et al., 2013

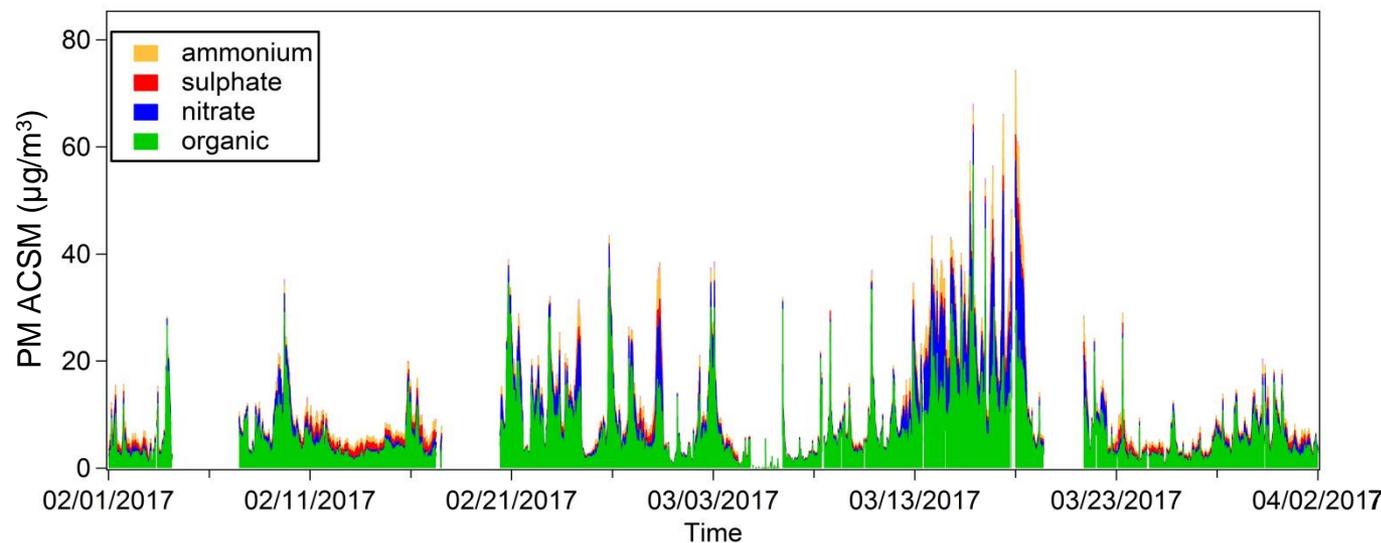
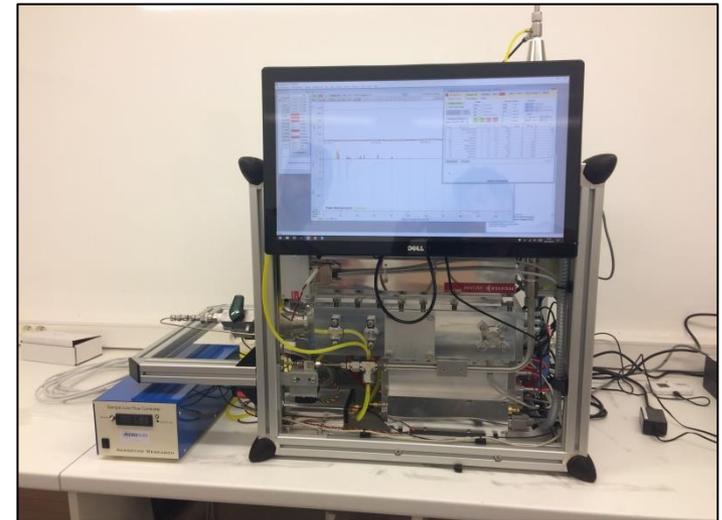
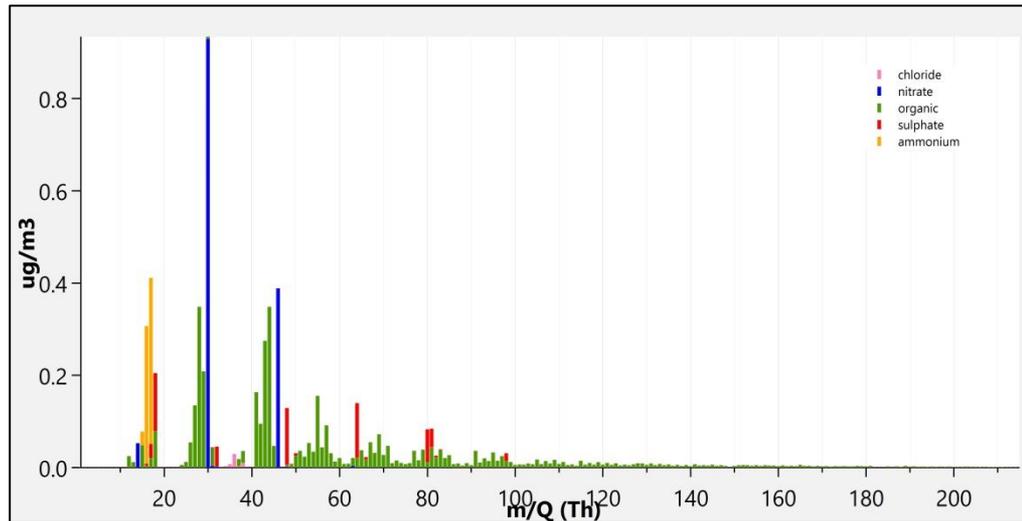


➔ Vaporisation thermique (~ 600°C) suivi d'une ionisation par impact électronique et d'une détection par spectrométrie de masse haute résolution



1. Mise en place des instruments et transfert des données

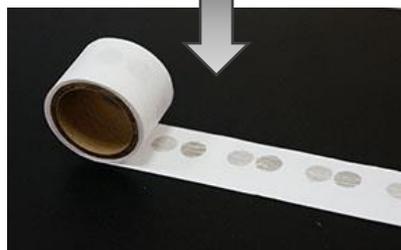
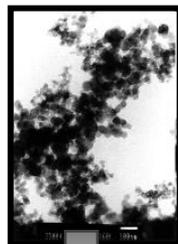
Mesure des ions majeurs NO₃, SO₄, NH₄ et Org (PM₁ non réfractaires)



1. Mise en place des instruments et transfert des données

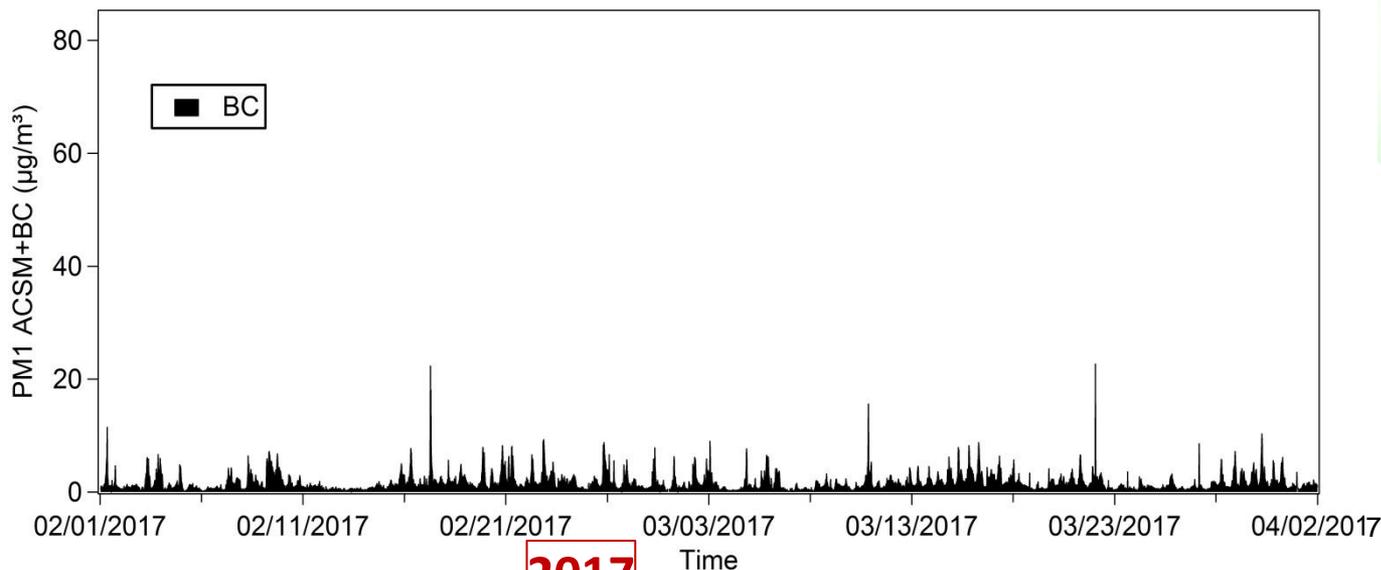


Aethalomètre AE33



Mesure du **Black Carbon** par mesure de l'atténuation optique à 7 longueurs d'onde

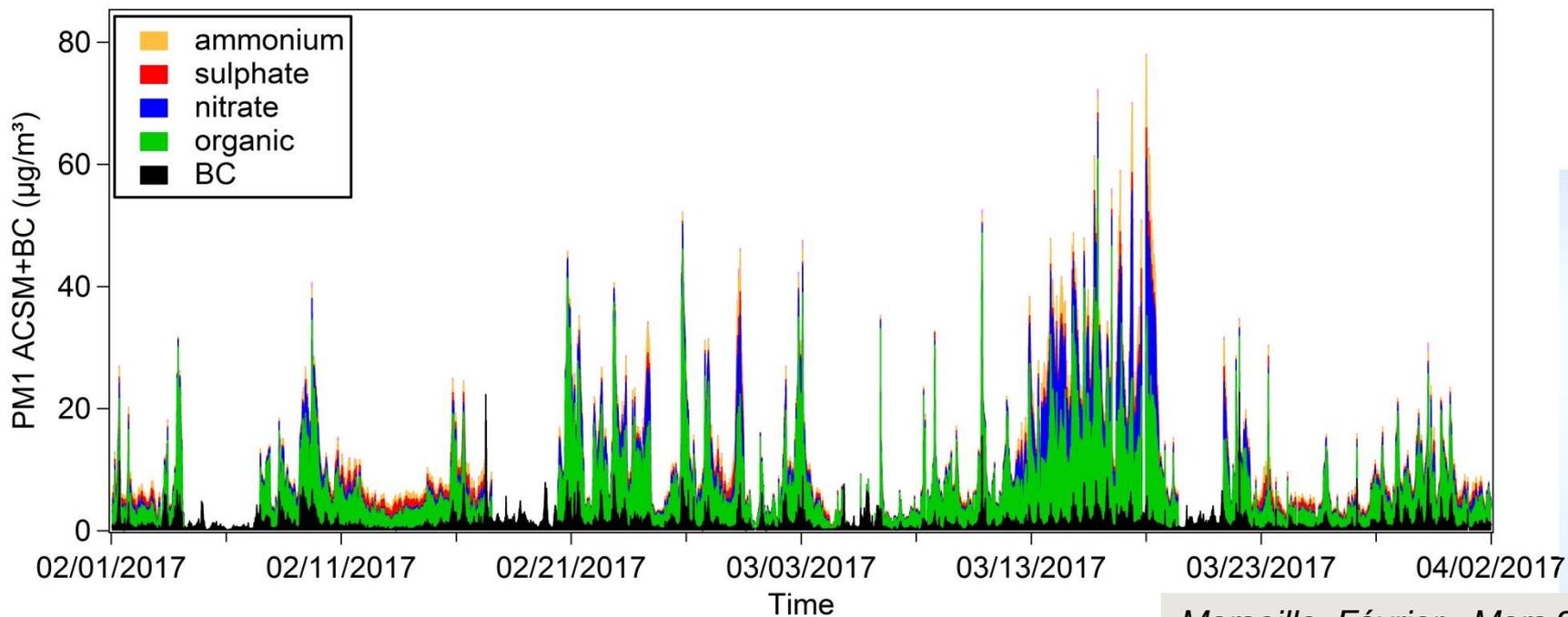
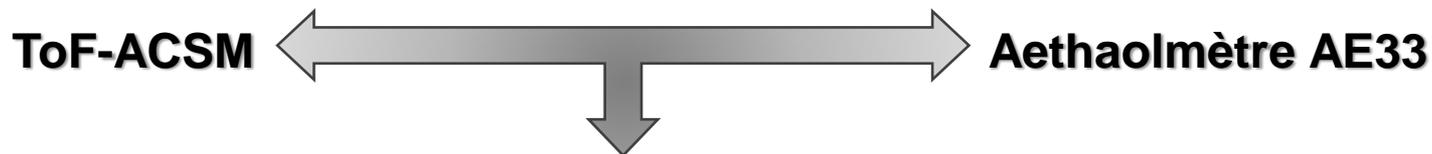
Mesure le **Brown Carbon** et permet de séparer source de combustion de bois et source véhiculaire



Marseille, Février - Mars 2017

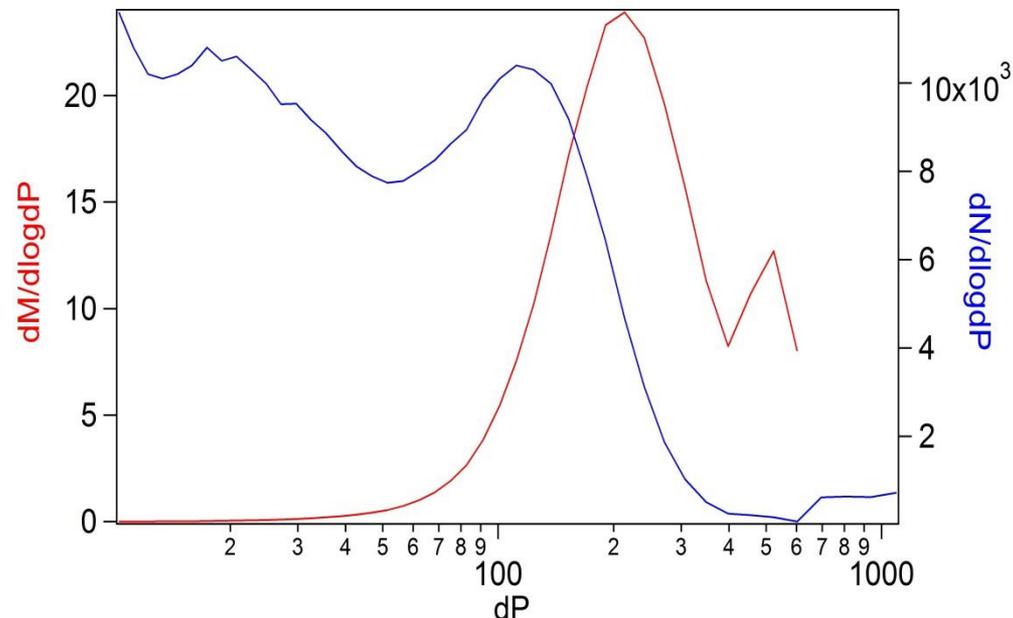
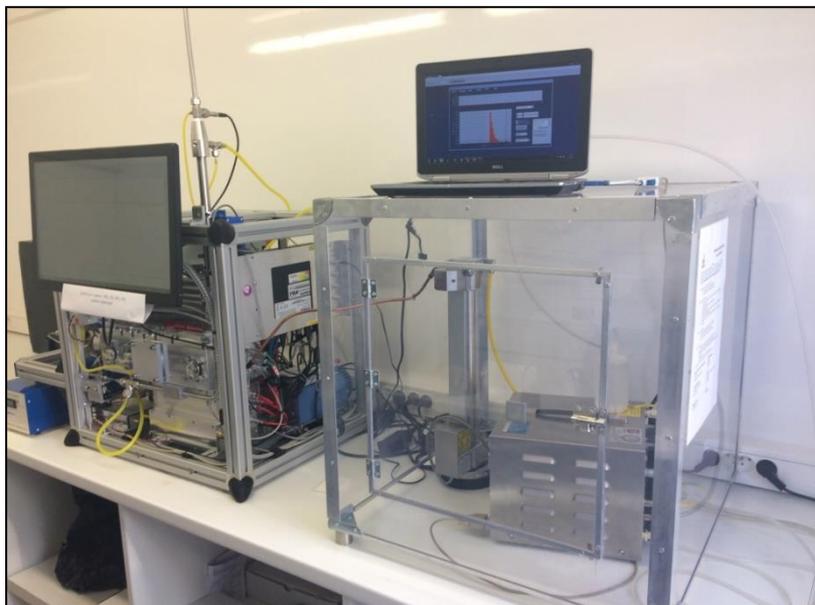


1. Mise en place des instruments et transfert des données



1. Mise en place des instruments et transfert des données

Installation du **SMPS** du LCE le 21 Juin 2017



Concentration en nombre et en masse des particules le 15 -16 Juillet à Marseille

➔ Analyse en nombre des PM1 selon leur taille (10 → 1000 nm)

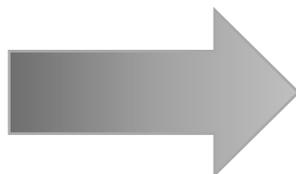


1. Mise en place des instruments et transfert des données

Mise en place des protocoles de transfert de données de l'aethalomètre, l'ACSM, et prochainement du SMPS



serveur XR d'AirPACA



AirPACA Association de surveillance de la qualité de l'air
QUALITÉ DE L'AIR agréée par le ministère de l'environnement

LAIR DE MA RÉGION | TOUT COMPRENDRE SUR L'AIR | AGIR ENSEMBLE | DONNÉES & PUBLICATIONS | AIR PACA

Accueil > Données & publications > Bases de données > Stations de mesures et données

Stations de mesures et données

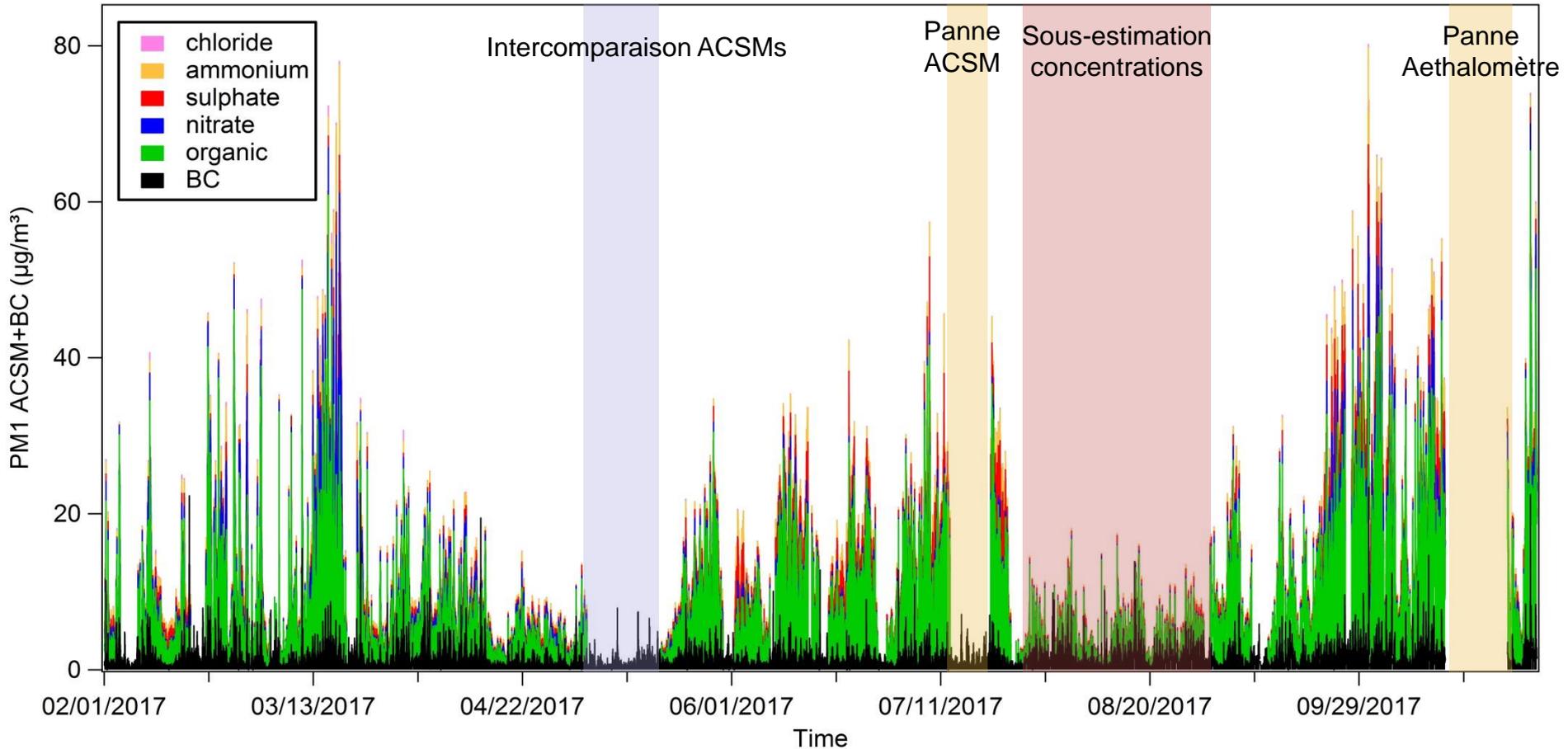
Accès par station | **Accès par polluant** | Télécharger les données

Les dernières données affichées en temps réel sur ce site n'ont pas été contrôlées par les équipes techniques : ces valeurs sont représentées en pointillées sur les courbes ou entre parenthèses dans les tableaux. Pour toute demande de précision, n'hésitez pas à [nous contacter](#). Le nombre de courbes peut être important selon le polluant choisi : vous pouvez sélectionner les mesures à afficher en cliquant sur le nom de la station dans la légende. Pour certains polluants, les mesures ne sont disponibles que pour les périodicités " mois " et "années".

Mesures par polluant: Choisir un polluant | Période: Choisir une périodicité | Choisir un département: Choisir un département

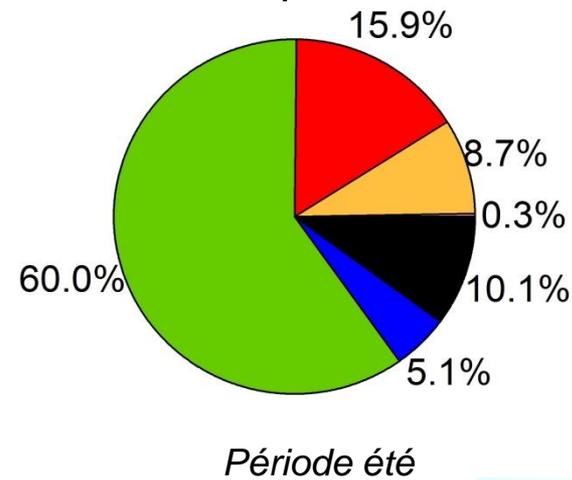
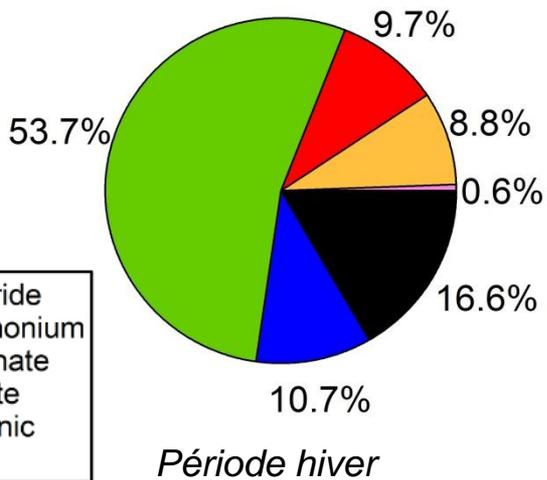
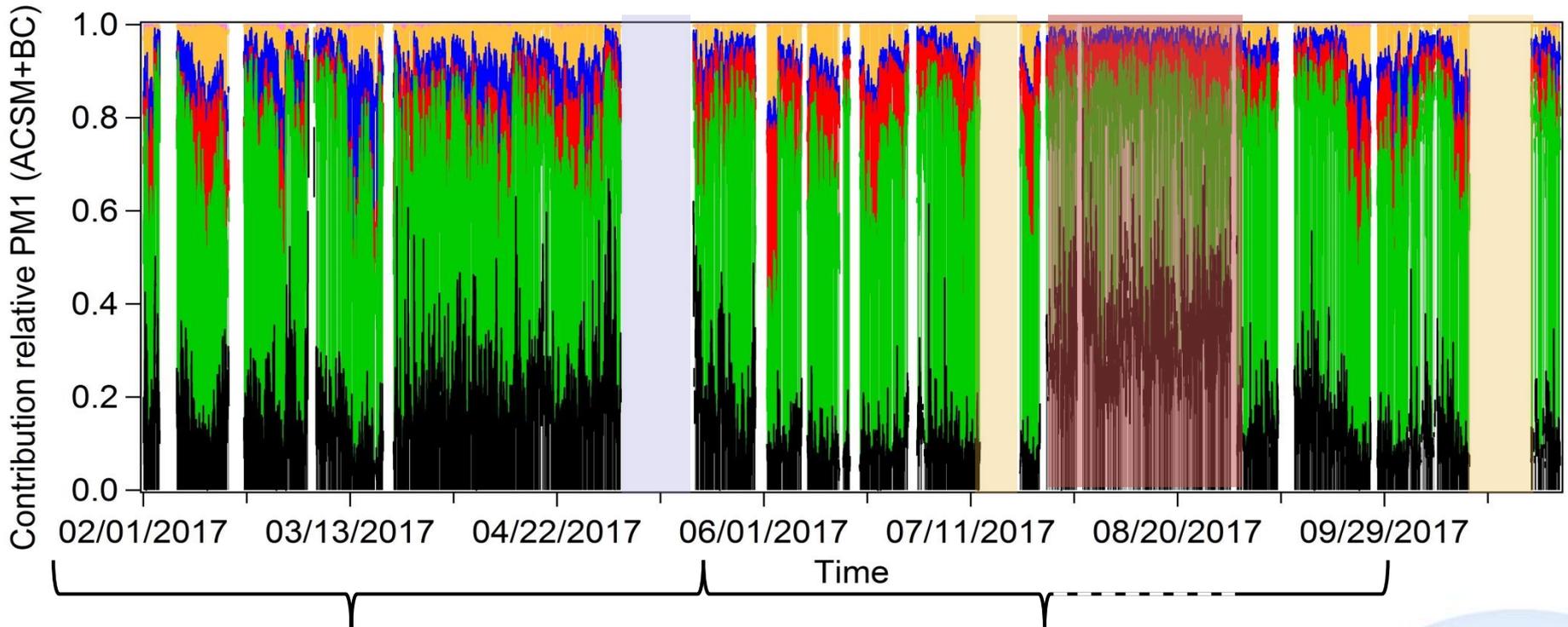
Site internet d'AirPACA dédié au grand public

2. Phénoménologie: résultats préliminaires

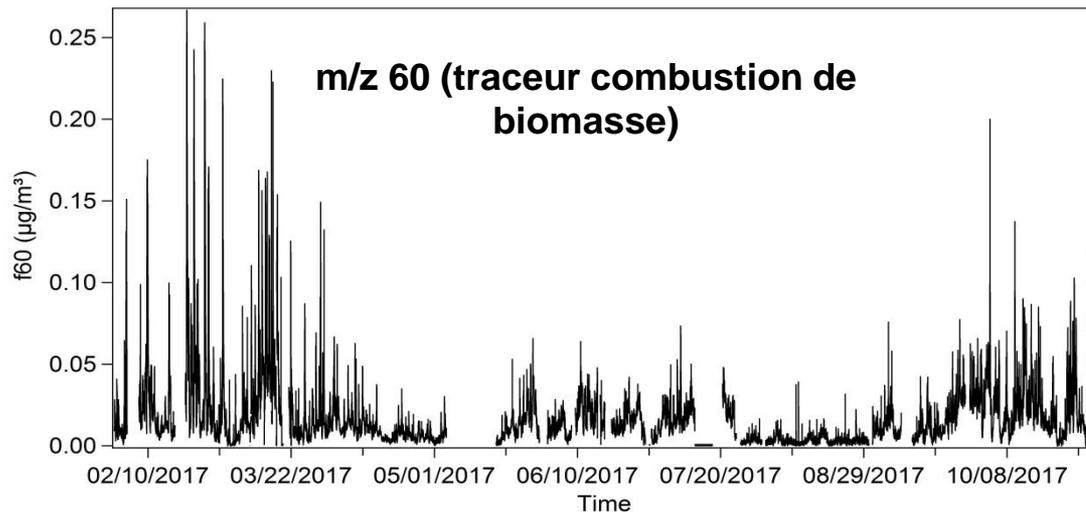


Concentrations de PM_1 reconstitués de Février à Novembre 2017 à 5 Avenues

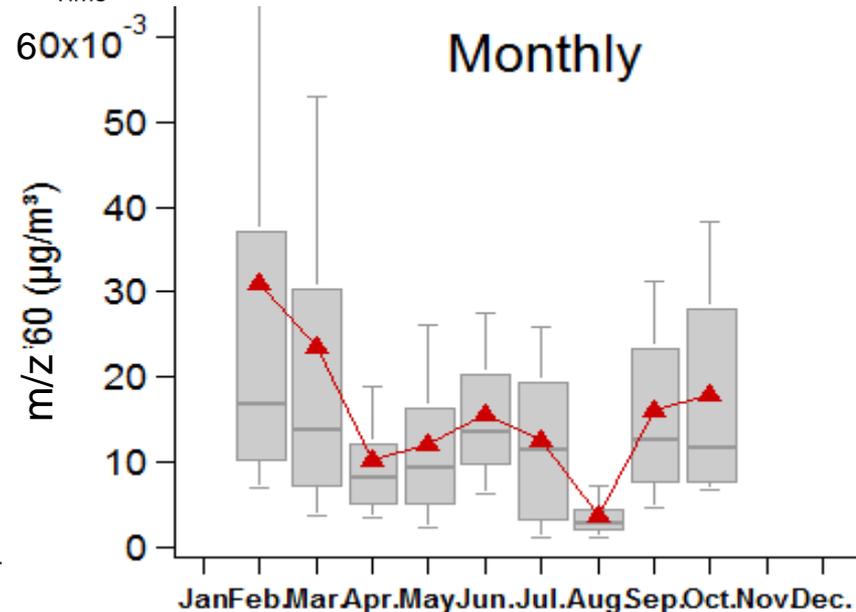
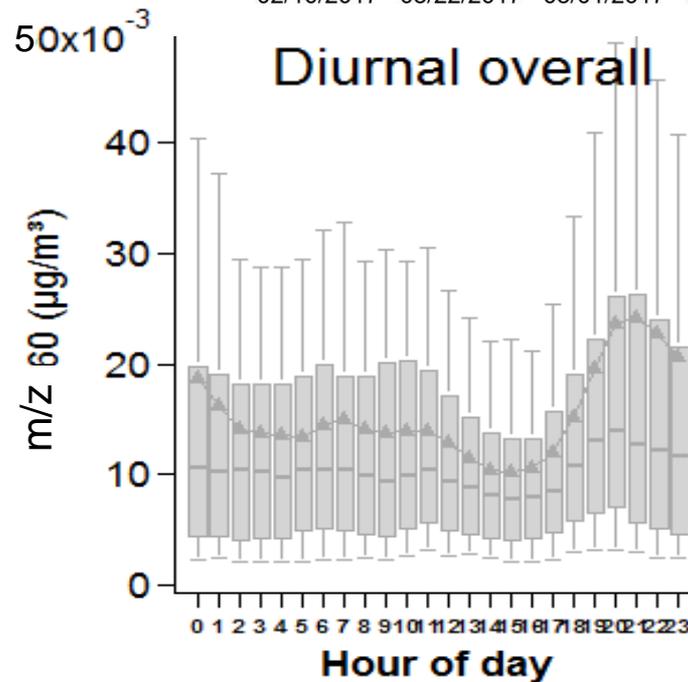
2. Phénoménologie: résultats préliminaires



2. Phénoménologie: résultats préliminaires



Concentrations de m/z 60 de Février à Novembre 2017 à 5 Avenues



Variations saisonnières, diurnes...

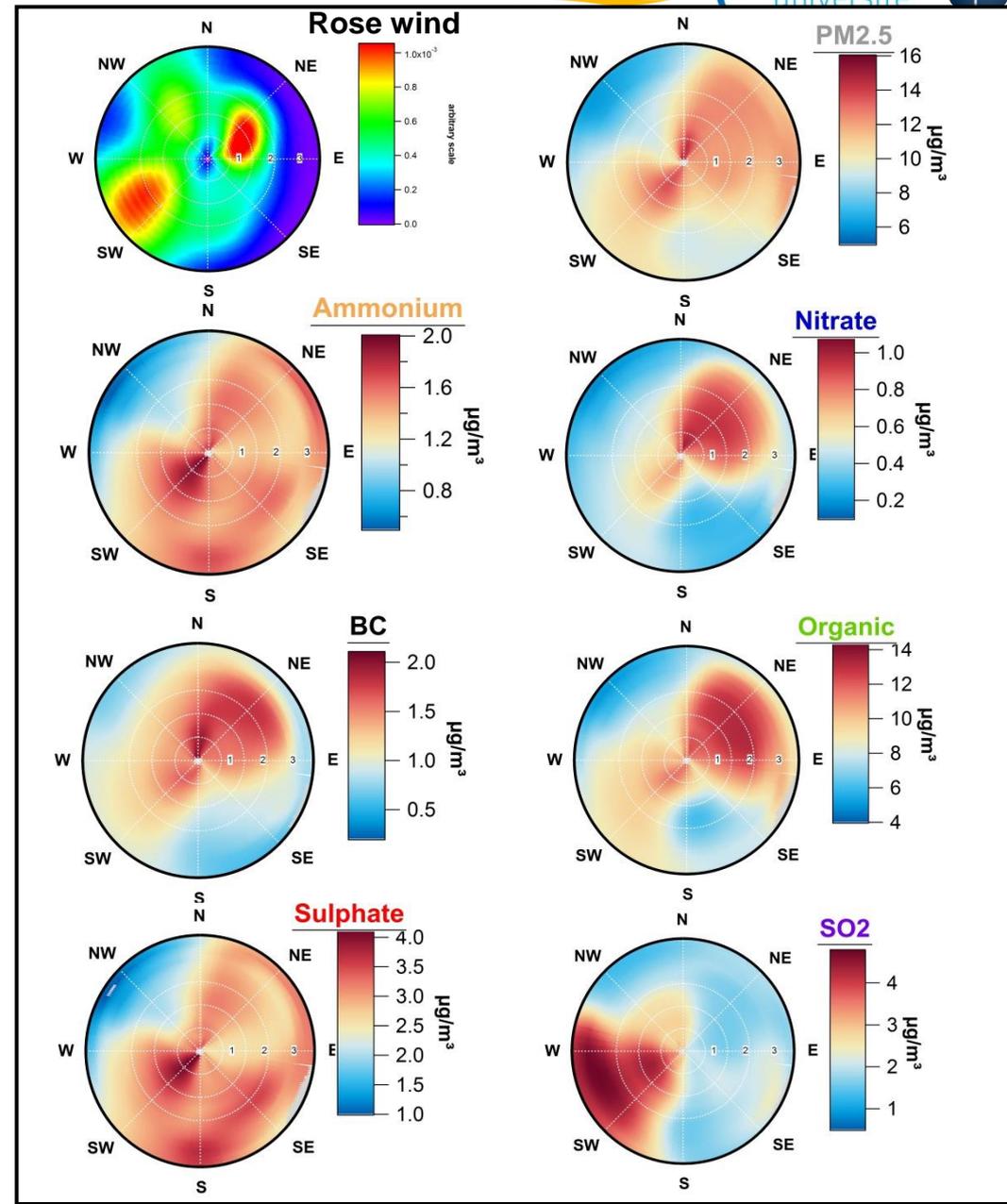


Outils qui vont permettre d'établir une **phénoménologie de la pollution de l'air**

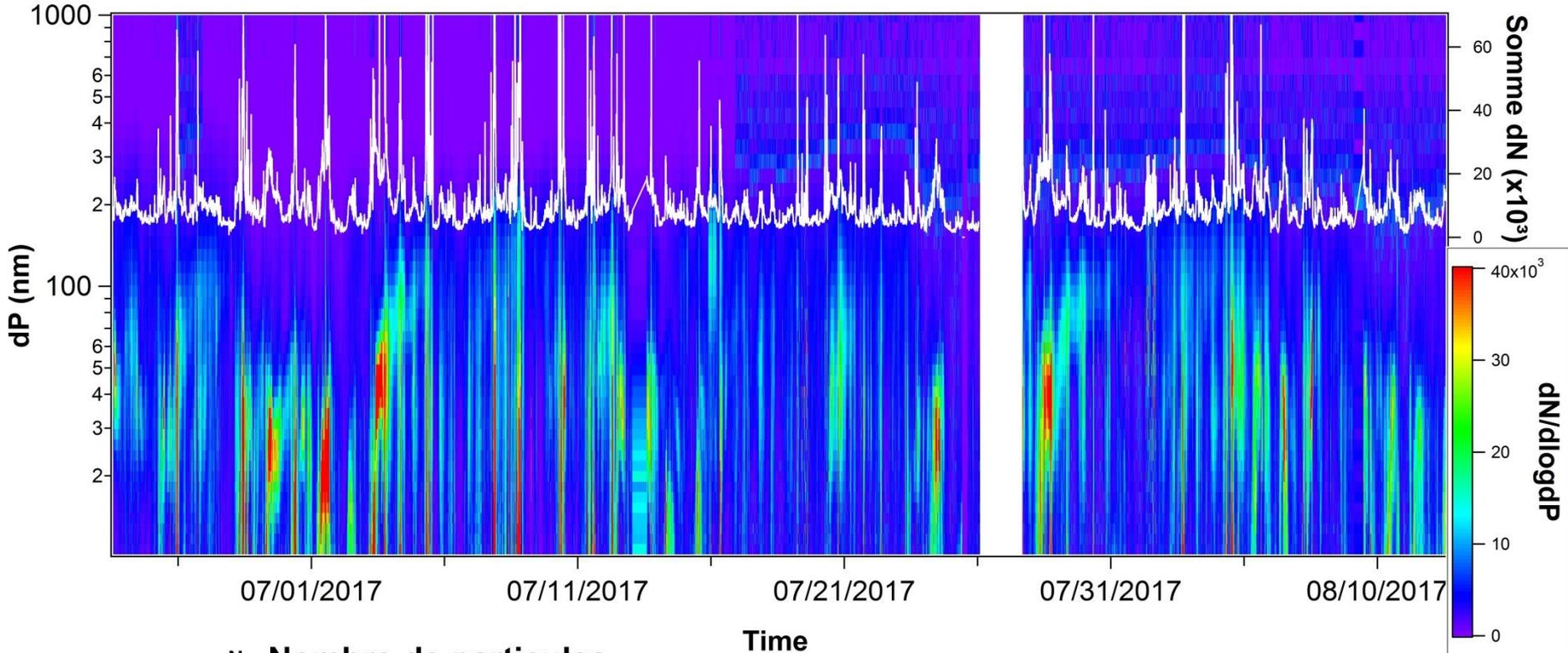
2. Phénoménologie: résultats préliminaires

Polar plots sur la période de Juin/Juillet 2017

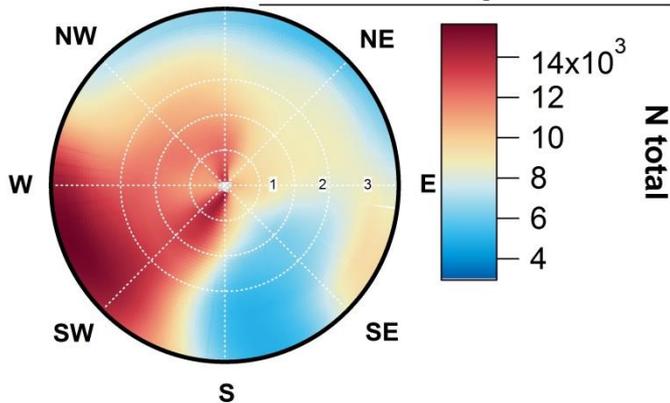
- Région source différente selon les espèces considérées
- BC, Organic, Nitrate proviennent d'un apport NE
- **Sulphate** émis localement et associé au **SO₂**



2. Phénoménologie: résultats préliminaires

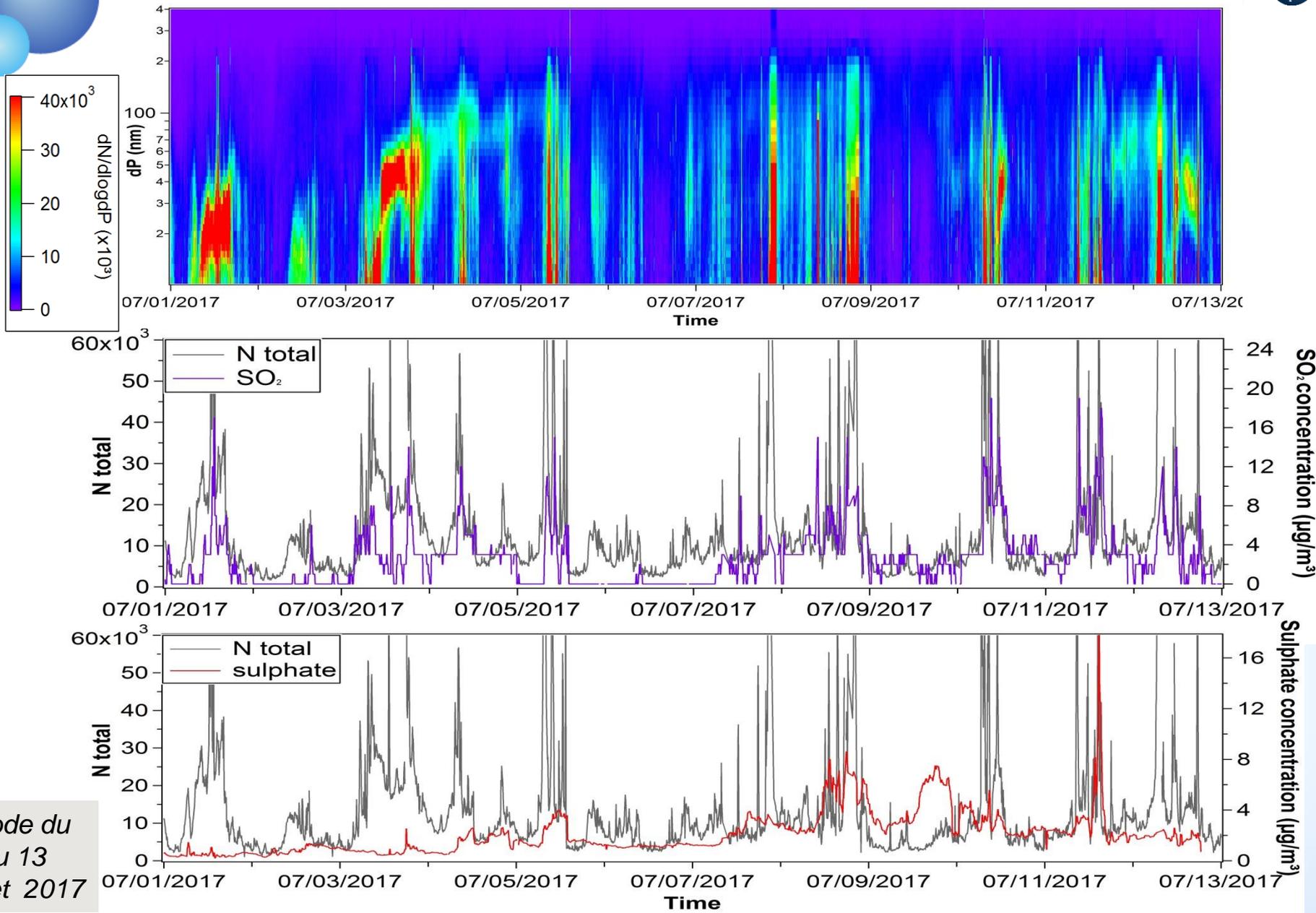


N Nombre de particules



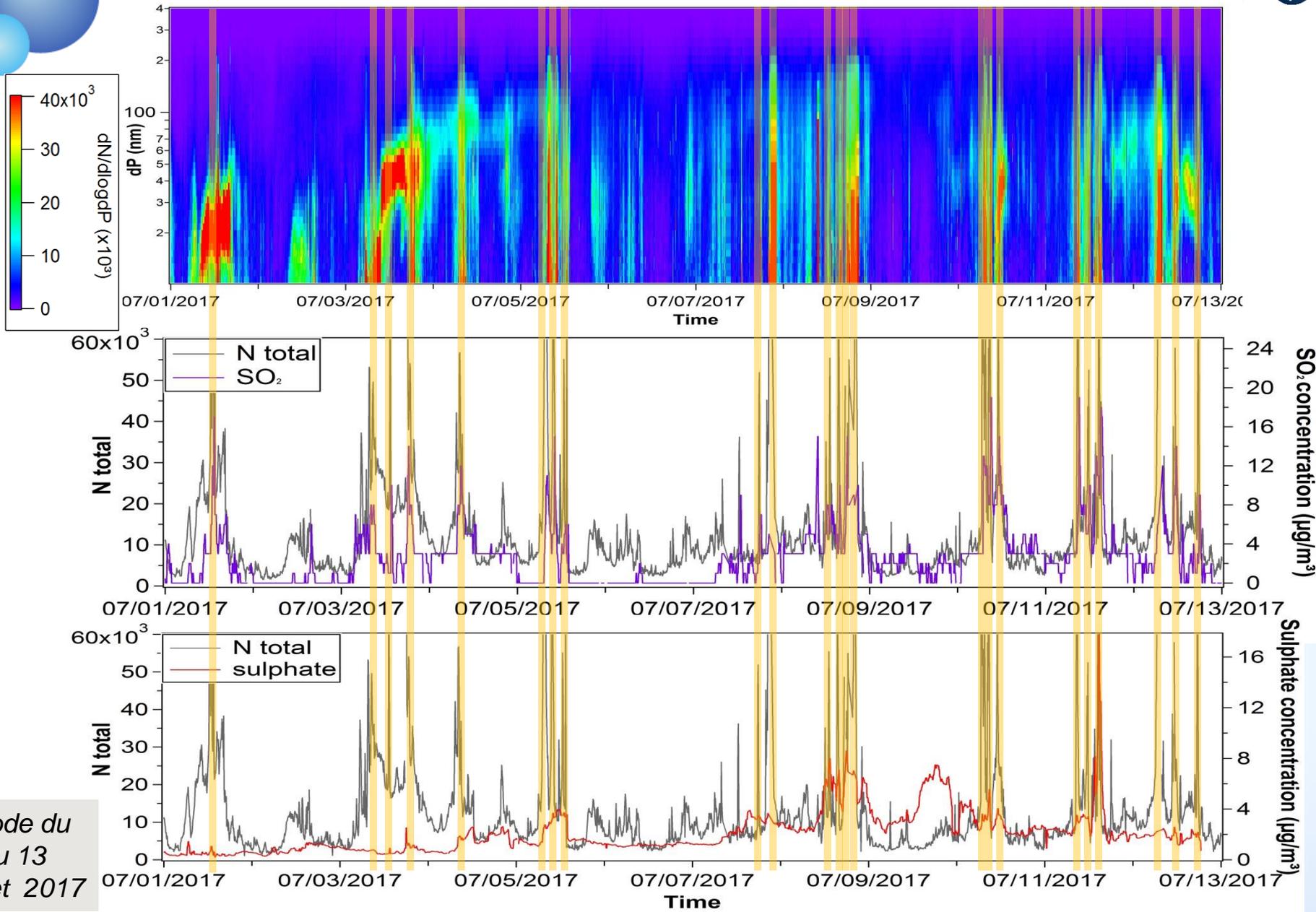
Nombre de particules mesuré par le SMPS du 23 juin au 13 août 2017

2. Phénoménologie: résultats préliminaires



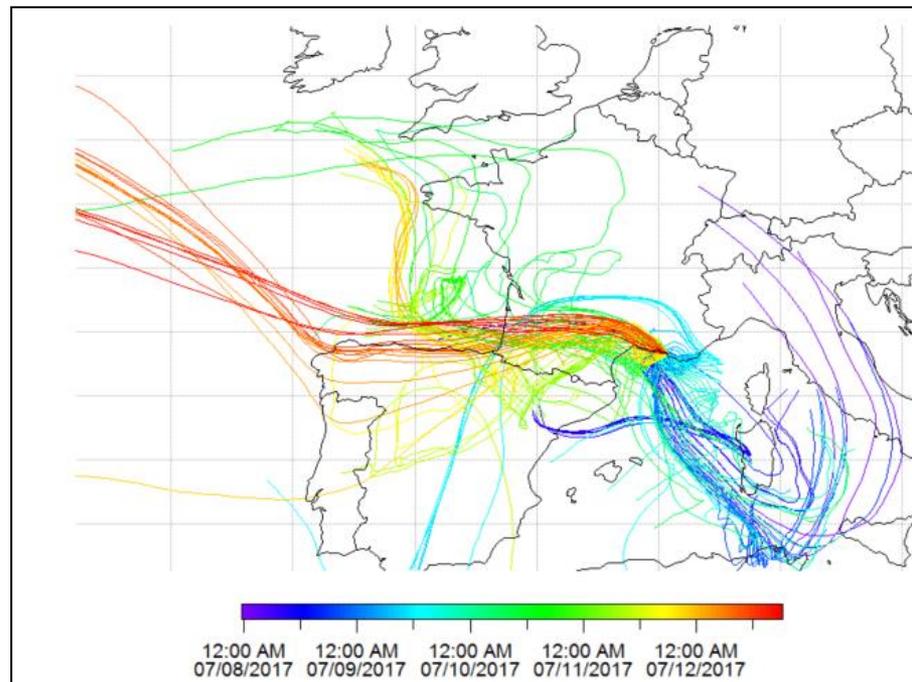
Période du
1^{er} au 13
Juillet 2017

2. Phénoménologie: résultats préliminaires



Période du
1^{er} au 13
Juillet 2017

2. Phénoménologie: résultats préliminaires



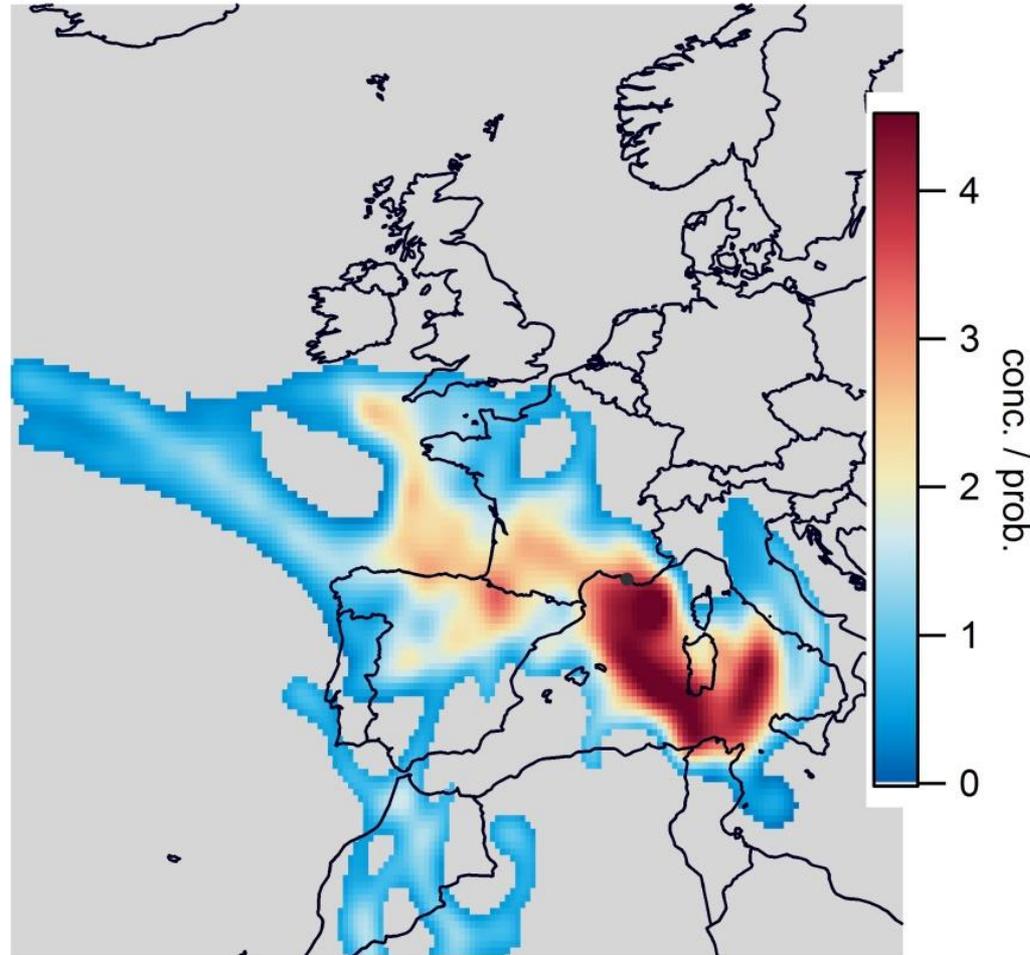
Analyse des rétro-trajectoires du 8 au 12 Juillet 2017

Dans cet exemple, l'ensemble des rétro-trajectoires de 72h sur une période de 5 jours est présenté.

Les concentrations en **Sulphate** mesurées à 5 avenues sont couplés à ces masses d'air.

2. Phénoménologie: résultats préliminaires

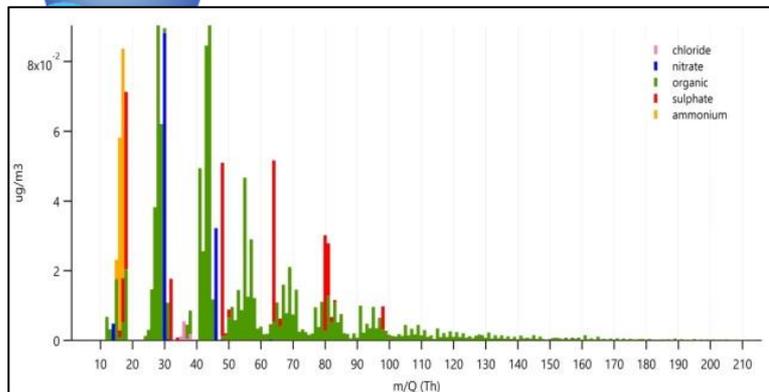
Rétro-trajectoires du **sulphate** en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (du 8 au 12 juillet 2017)



Modèle CWT

Somme des **concentrations** de polluant qui est pondéré par le temps de résidence des rétro-trajectoires

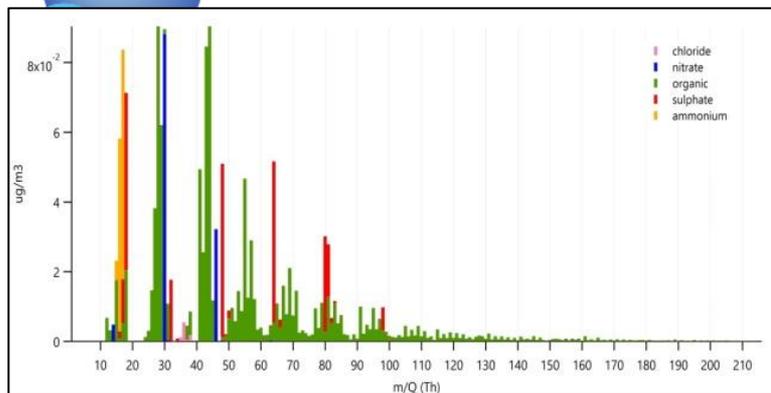
3. Quantification des sources de particules



Prochains objectifs...

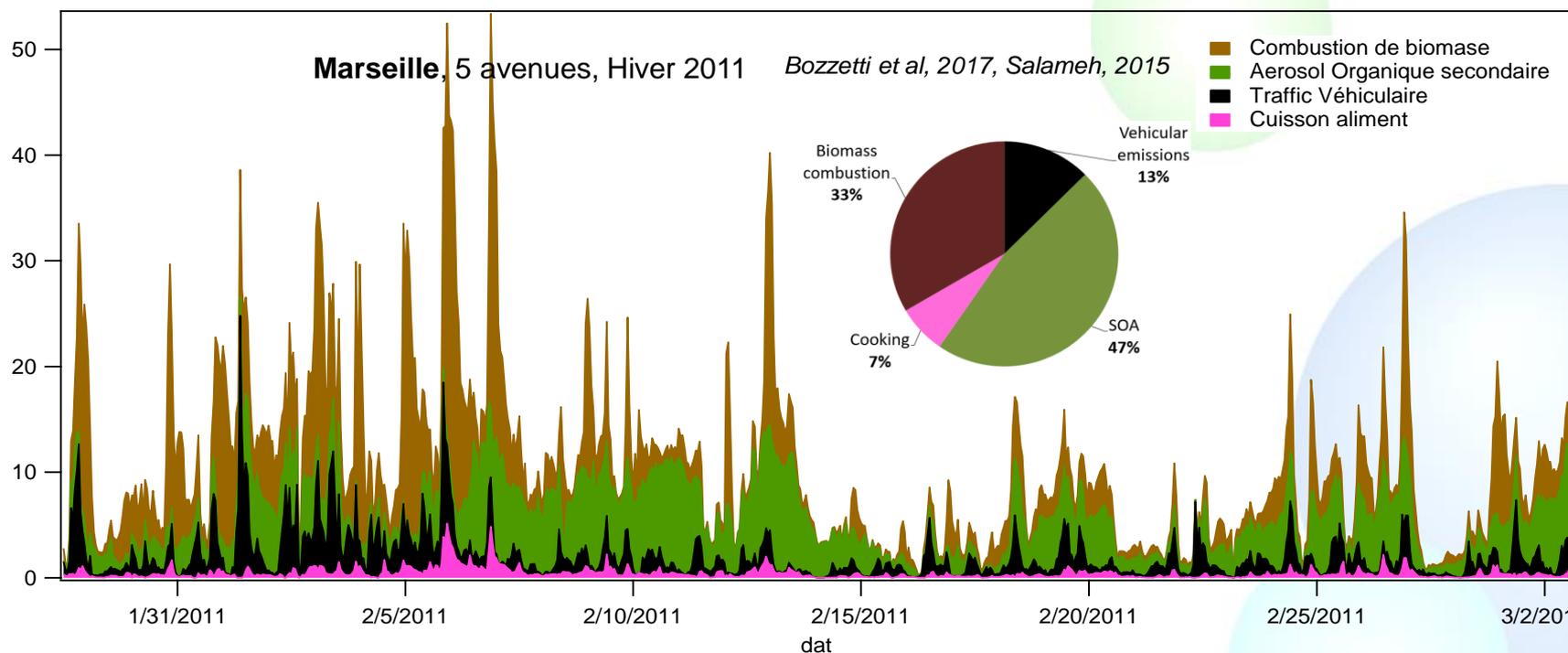
Modele Source récepteur (ex. PMF, approche Me-2)

3. Quantification des sources de

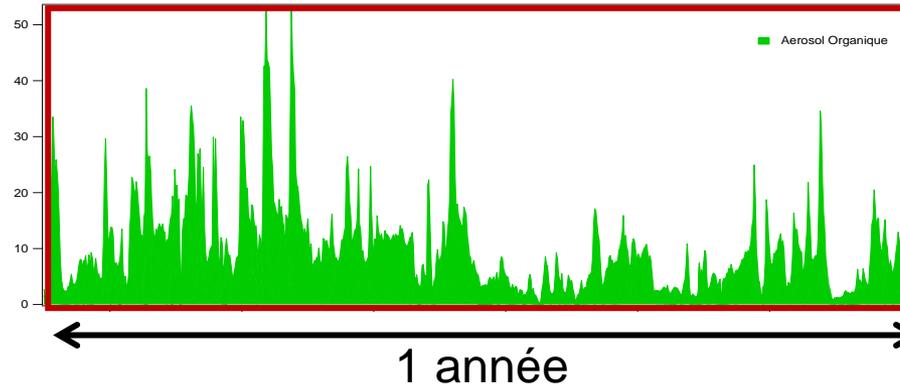


Prochains objectifs...

Modele Source récepteur (ex. PMF, approche Me-2)

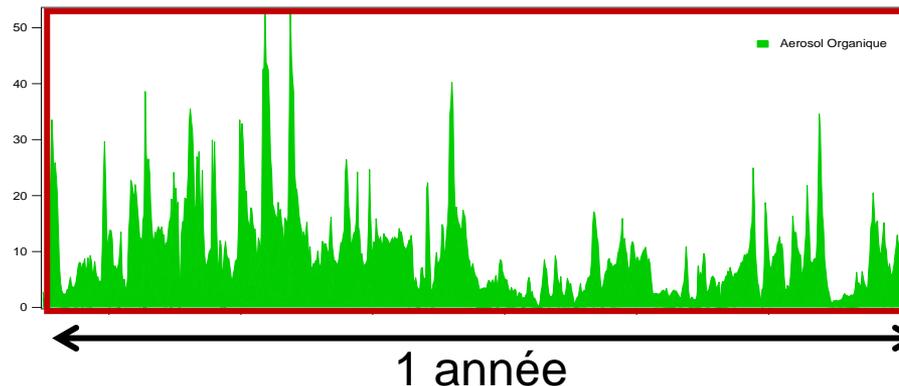


3. Quantification des sources de particules

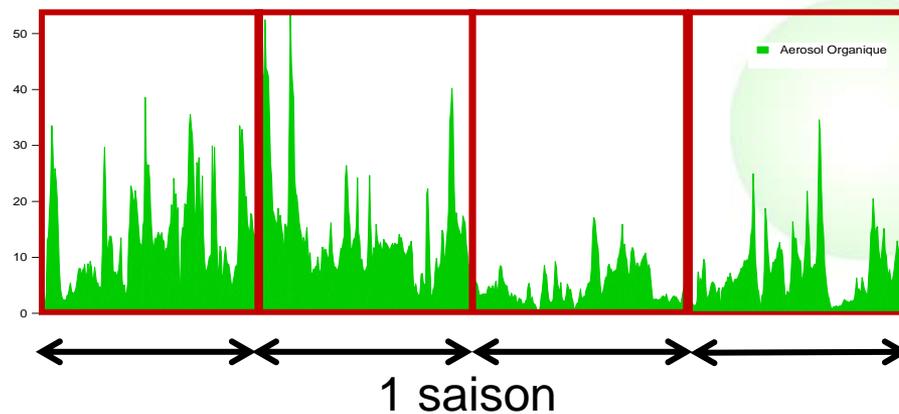


Pas de prise en compte de la
saisonnalité des sources

3. Quantification des sources de particules

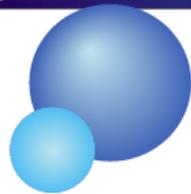


Pas de prise en compte de la saisonnalité des sources

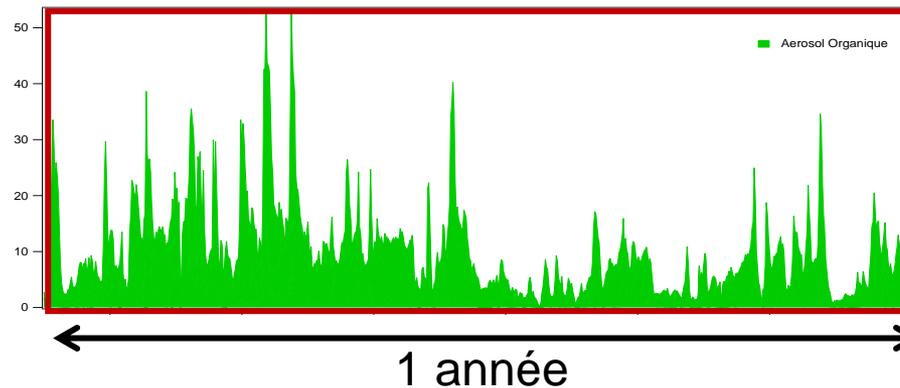


Meilleurs analyses de sources,
Mais : discontinuités

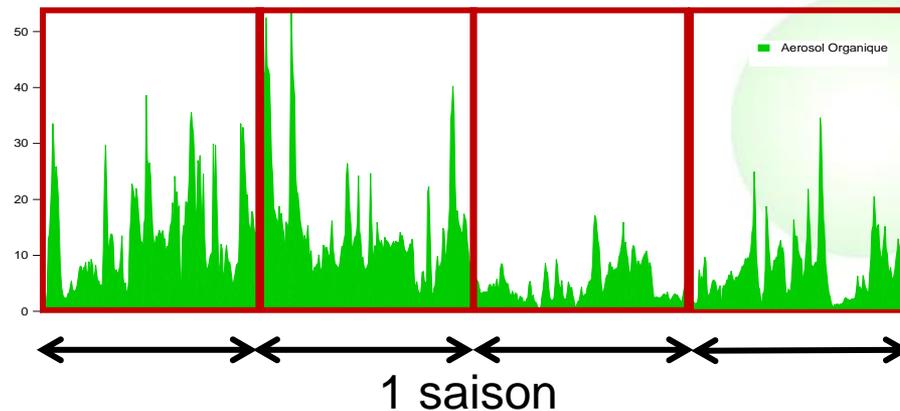
3. Quantification des sources de particules



Pas de prise en compte de la saisonnalité des sources

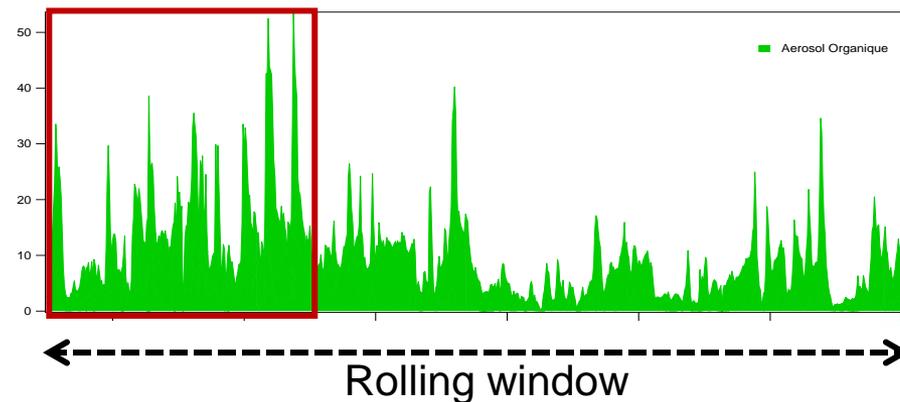


Meilleures analyses de sources,
Mais : discontinuités

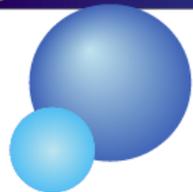


A terme, l'objectif est de réaliser des PMF sur un temps continu.

Algorithme plus adapté aux données !

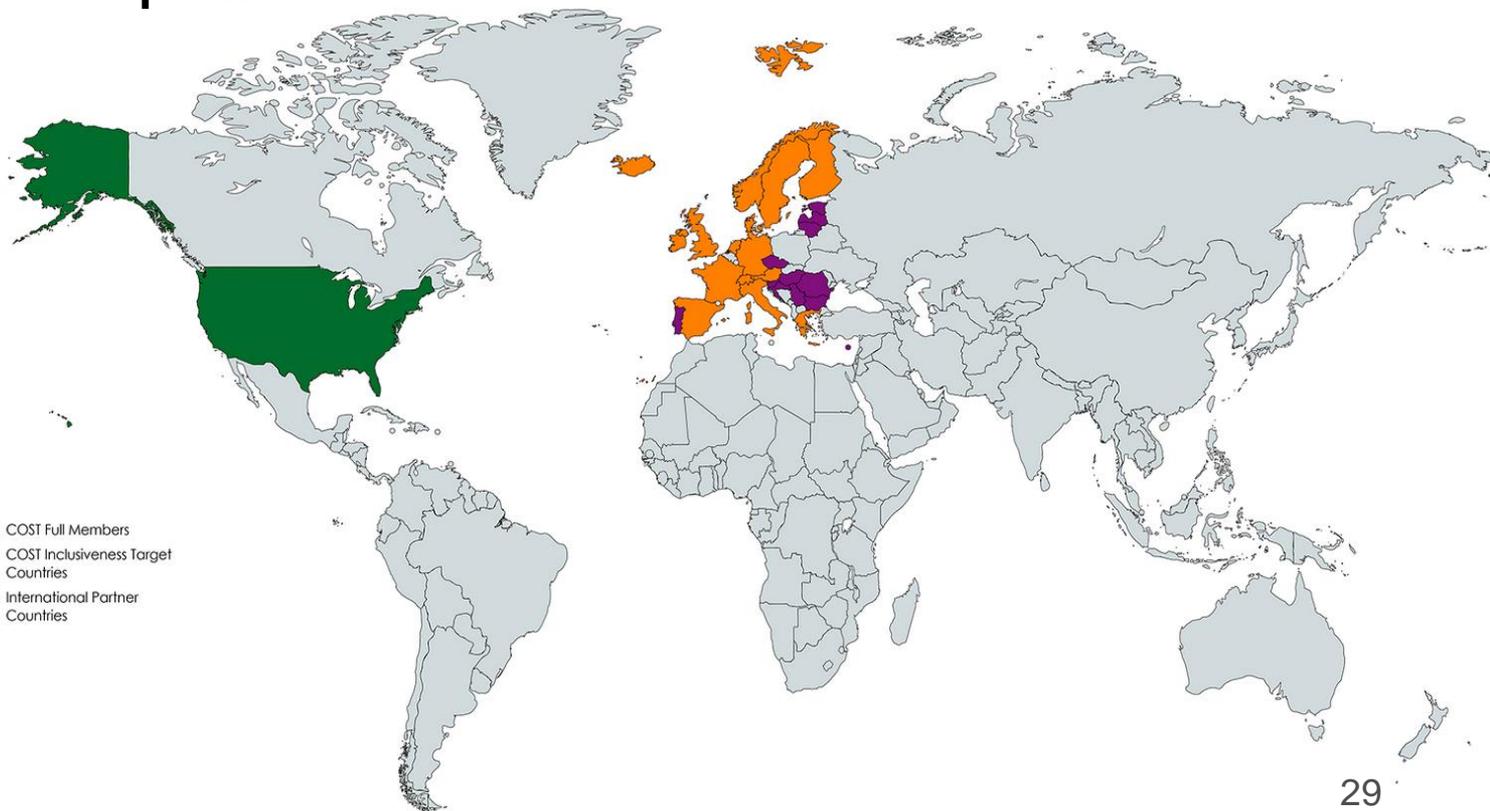


➔ Collaboration avec le Paul Sherrer Institute (Suisse) pour ce projet



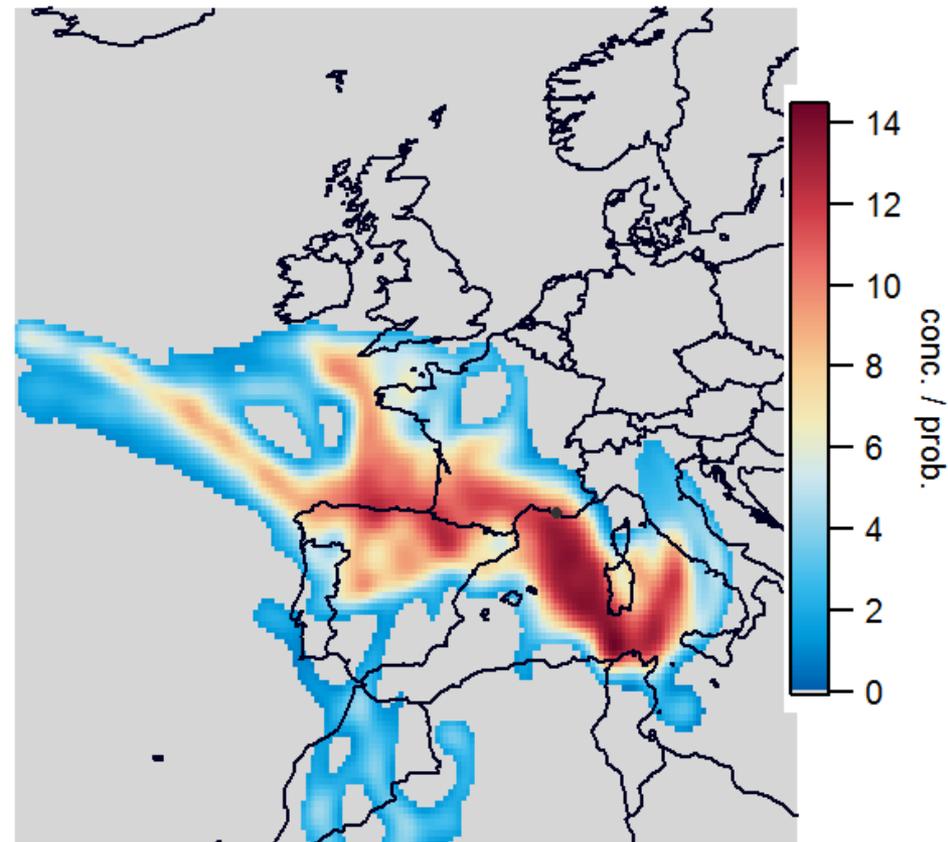
Travail sur la déconvolution des sources ➡ **Avril 2018 au Paul Sherrer Institute (PSI)**

Il s'inscrit dans l'action **COST COLOSSAL** ("Chemical On-Line cOMpoSition and Source Apportionment of fine aerosol ") ➡ **Harmonisation des mesures "online" au niveau européen**

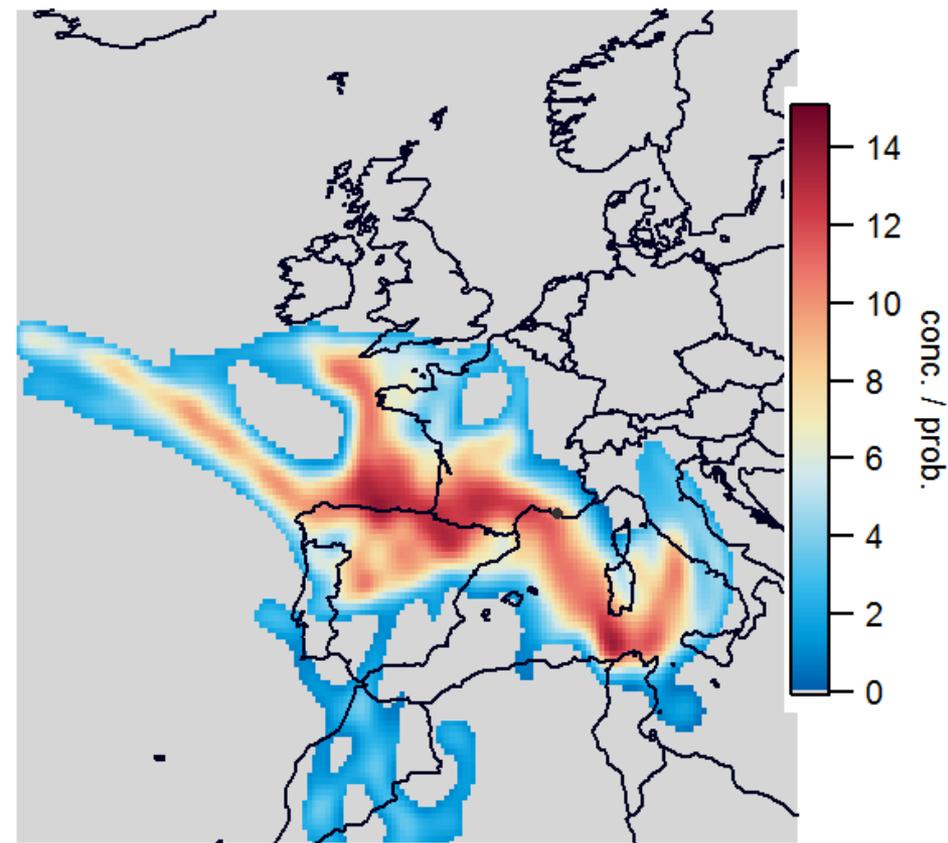


Merci de votre attention

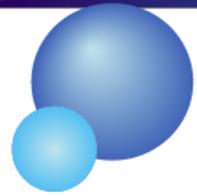




PM2.5

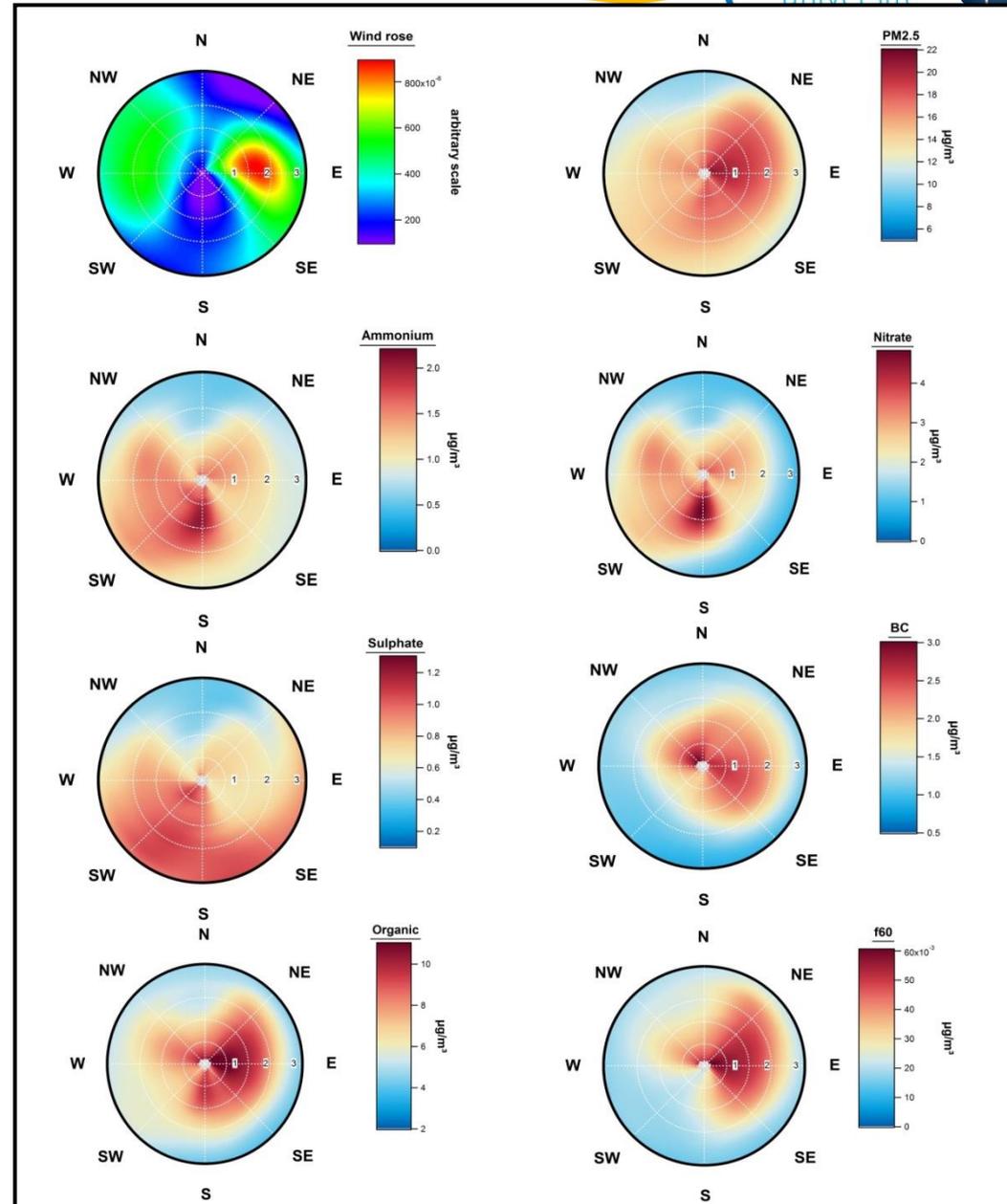


Organic

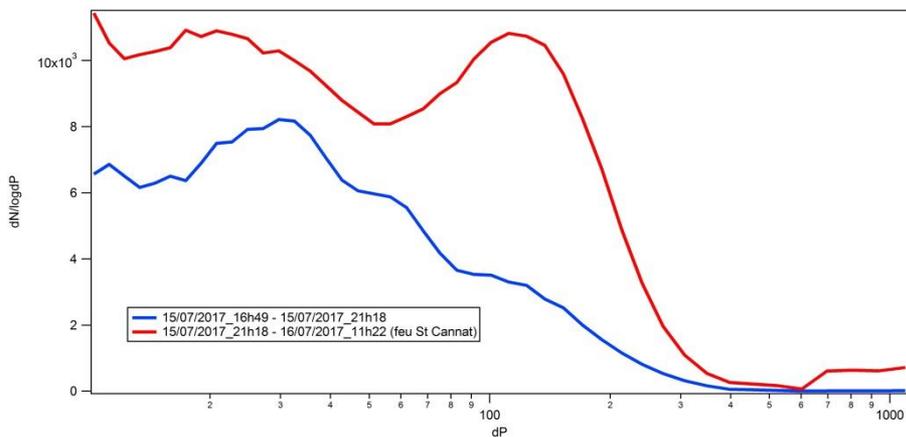


Polar plots sur la période de Février/mars (logiciel ZeFir)

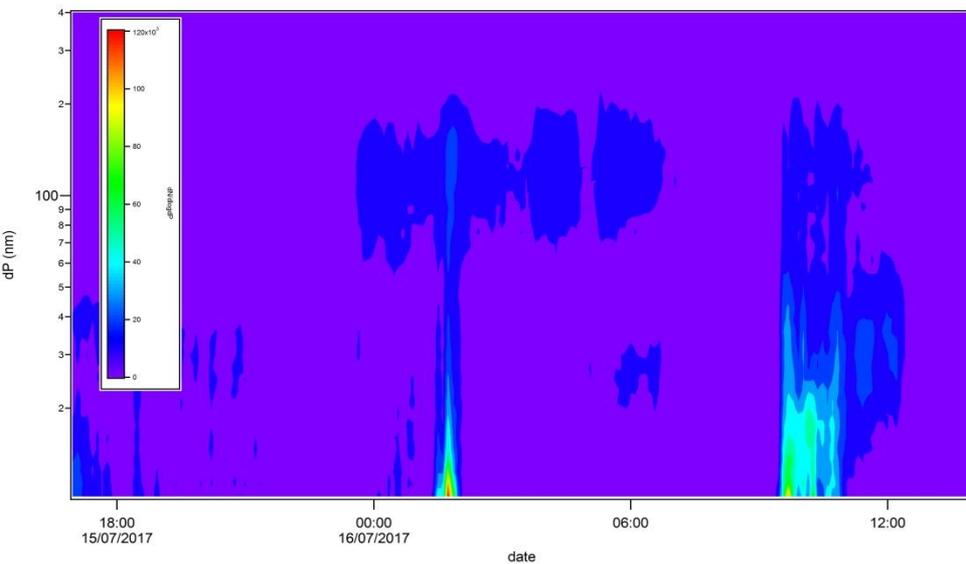
➔ Données vent WRF



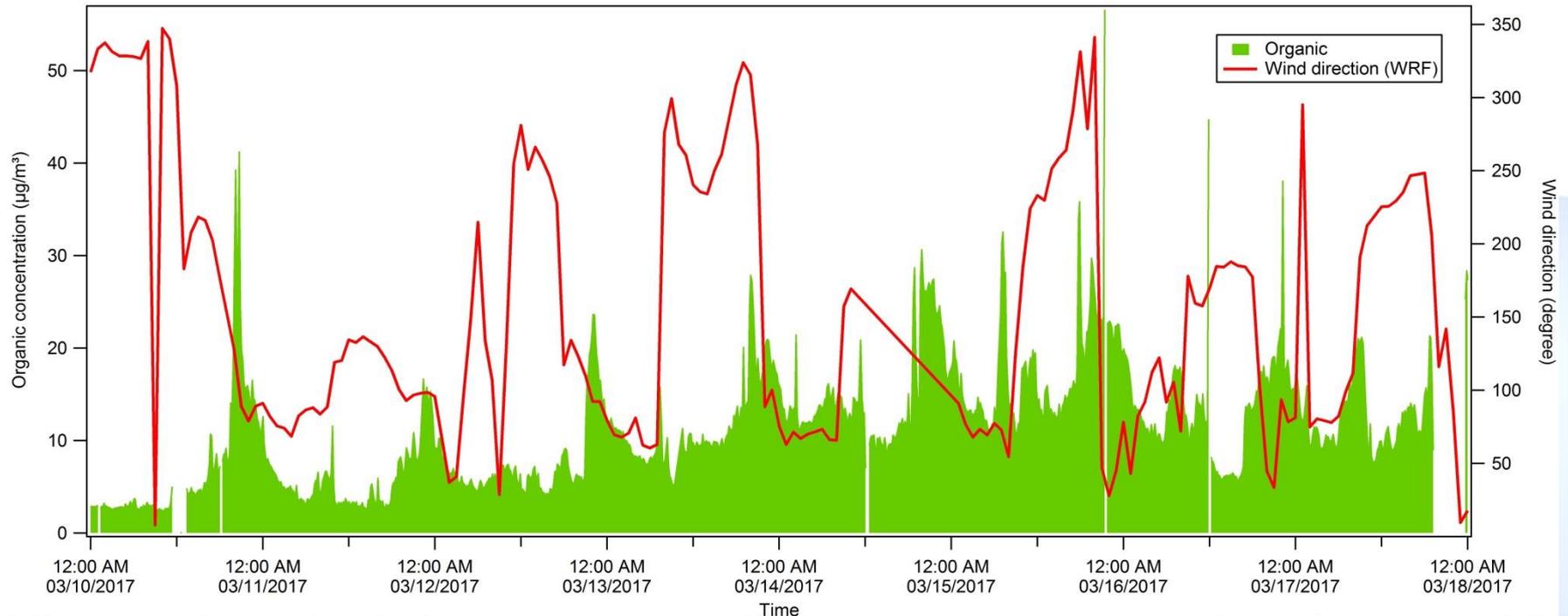
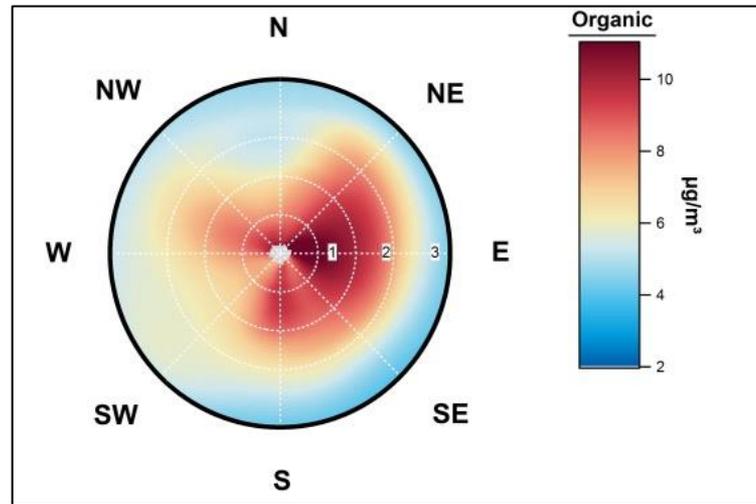
Installation du **SMPS GRIMM** en Juin 2017 avec une boîte anti-odeur pour le butanol



➔ **Analyse en taille et en nombre des PM1**



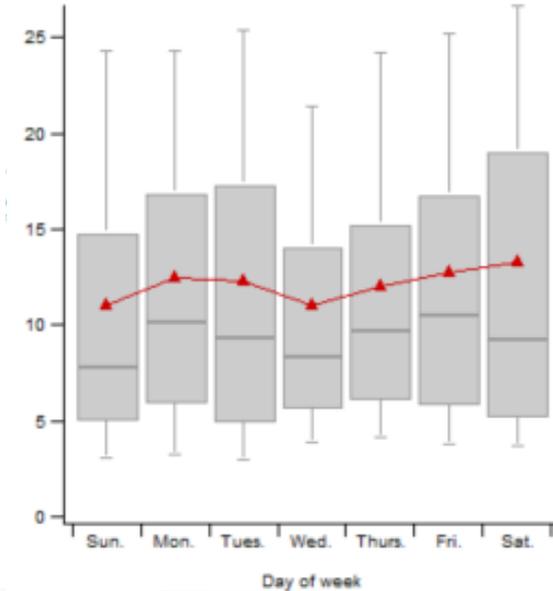
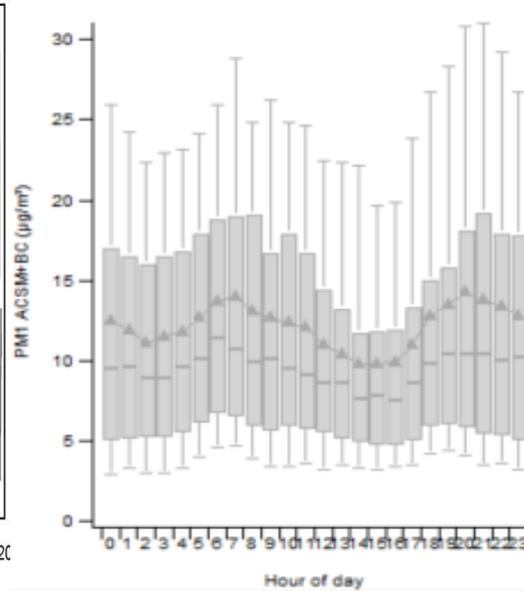
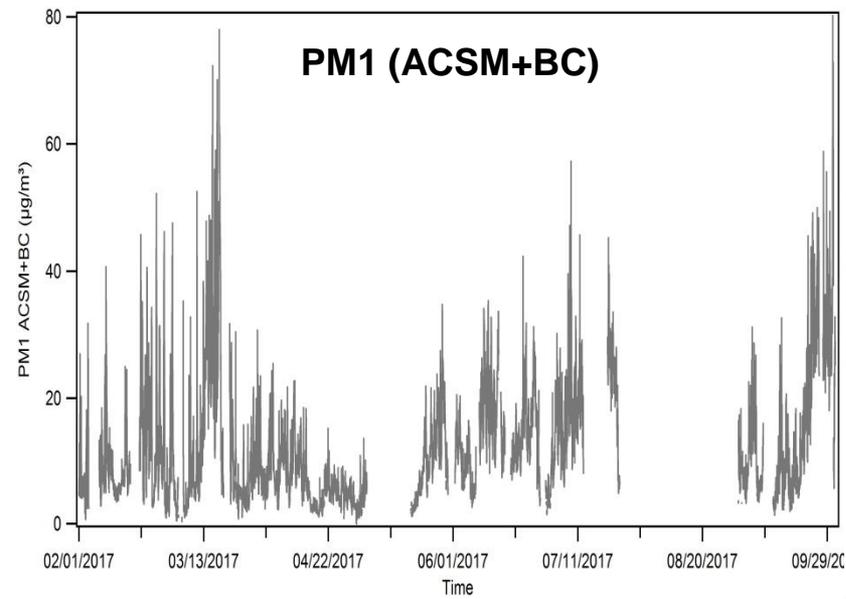
Marseille, 16-17 Juillet 2017
(Feu à St Cannat)

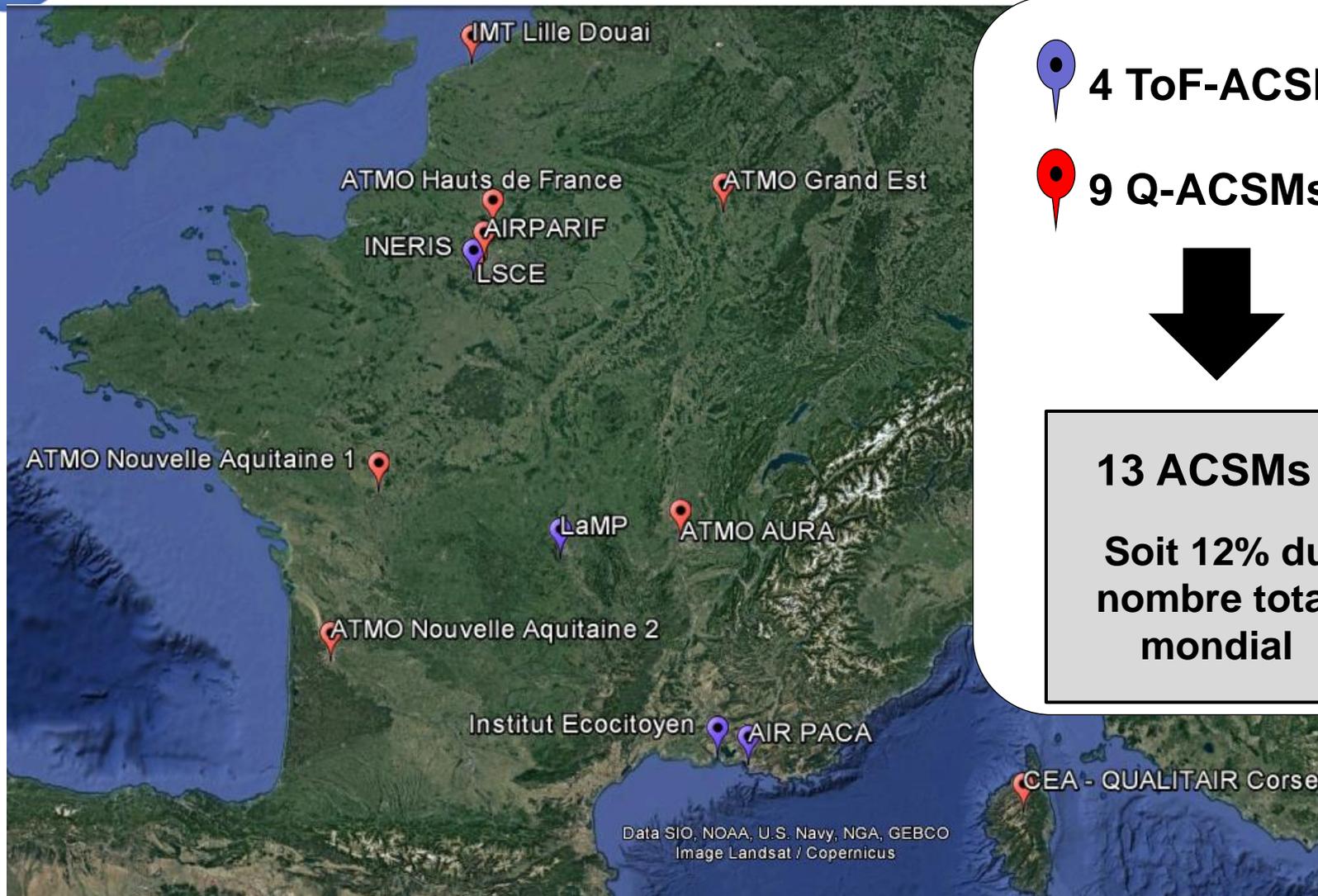


Mise en place des brises nocturnes du 10 au 18 mars 2017 (données vent WRF)

Year	Start_D		CI	NH4	NO3	Org	SO4	f43	f44	f57	f60
	OY	Status									
	201723:49:24		00.079	0.350	0.237	1.156	0.613	0.09	0.17	0.03	0.01
	201723:59:24		00.094	0.041	0.268	1.358	0.622	0.09	0.16	0.03	0.01
	201700:09:25		00.107	0.314	0.293	1.409	0.638	0.09	0.15	0.03	0.00
	201700:19:25		00.097	0.353	0.266	1.309	0.634	0.10	0.15	0.04	0.01
	201700:29:25		00.075	0.381	0.267	1.260	0.643	0.09	0.17	0.03	0.01
	201700:39:25		00.095	0.266	0.285	1.219	0.652	0.10	0.14	0.04	0.01
	201700:49:26		00.095	0.131	0.242	1.311	0.642	0.09	0.18	0.03	0.00
	201704:49:33		00.156	0.421	0.530	2.777	0.798	0.12	0.08	0.06	0.00

Fichiers textes ACSM

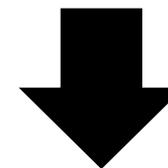




4 ToF-ACSMs

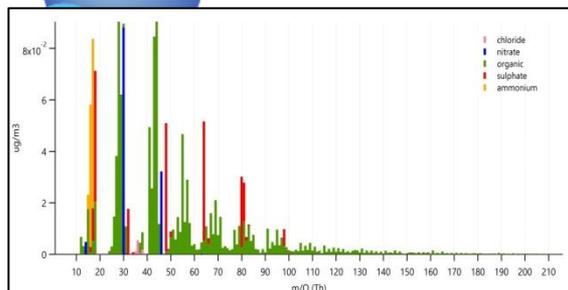


9 Q-ACSMs



13 ACSMs !

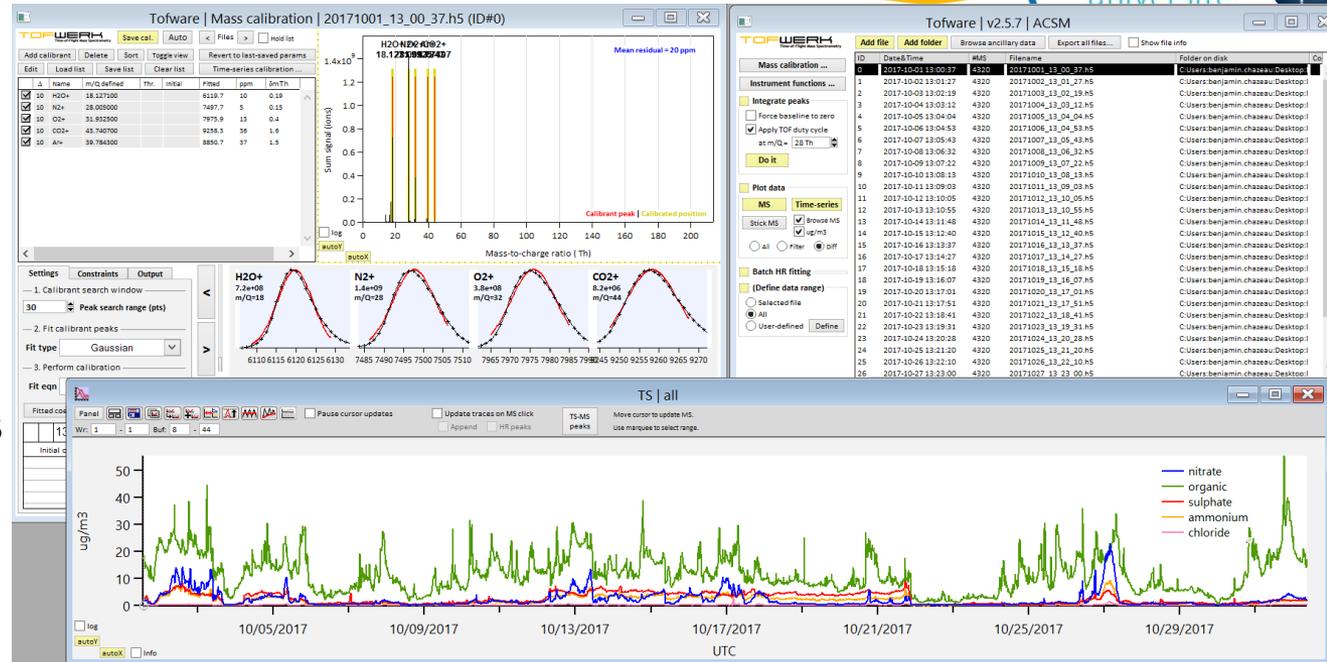
**Soit 12% du
nombre total
mondial**



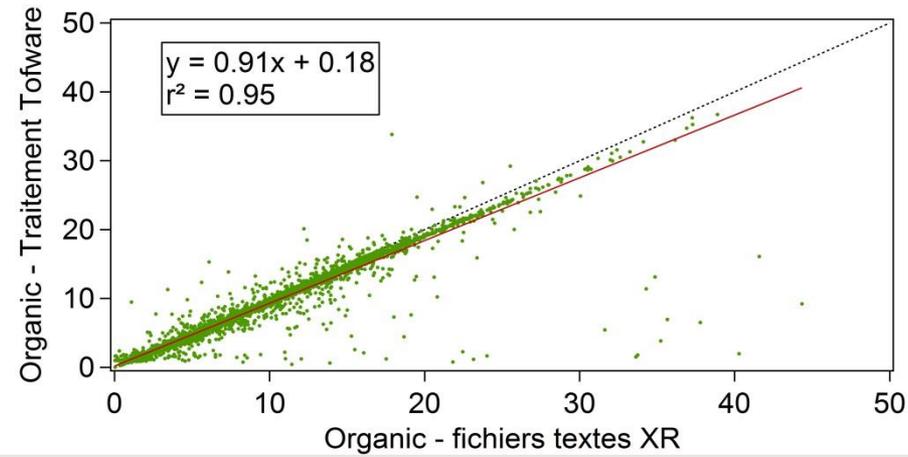
Prochains objectifs...
Modele Source récepteur (ex. PMF)

Approche ME-2: Contraindre les facteurs avec les profils de sources connus

Sur quelles matrices travailler ? Quelles contraintes choisir ?



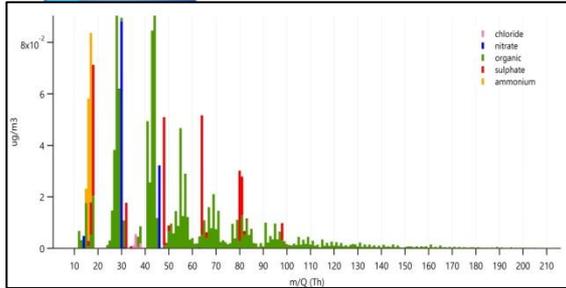
Interface Tofware



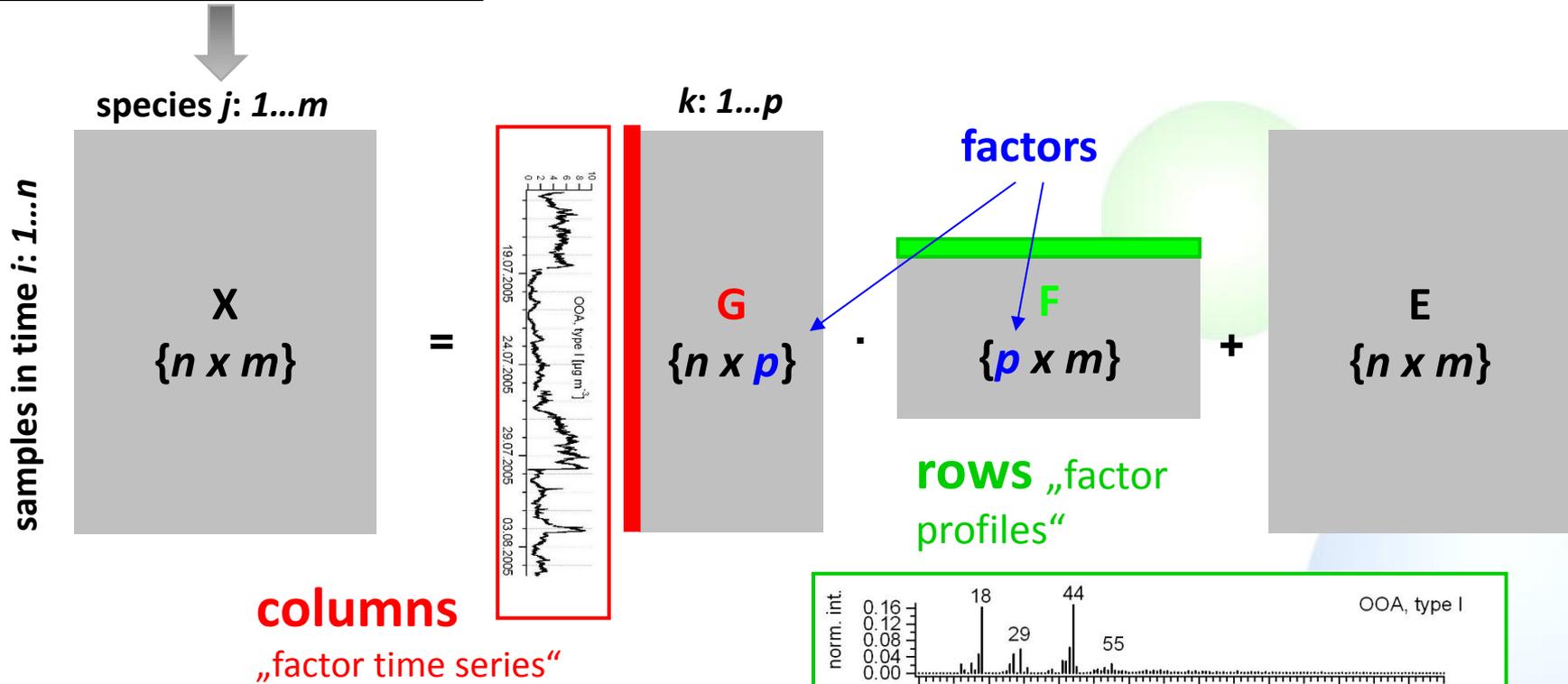
Comparaison après mai 2017 (nouveaux paramètres d'étalonnage)

- Accès à la station via TeamViewer
- Traitement des données avec Tofware en post-acquisition

- Comparaison avec les fichiers textes de l'ACSM



Prochains objectifs... Modele Source récepteur (ex. PMF)



12-17 Février 2018:

Training school on ToF-ACSM and source apportionment of organic aerosol - Prague (Czech Republic)

Printemps 2018:

Mise en place d'un analyseur en ligne de métaux (XACT-625I), d'un SMPS TSI

2018

2019

2020

15-17 Janvier

2018: Training school on black and brown carbon - Ljubljana (Slovenia)

Juin 2017 à avril 2019:

Période majeure de récolte de données sur la station

- Automatisation
- Finalisation du traitement de données
- Rédaction...

Avril 2018:

Scientific mission for analyses of long-term datasets of ACSM (rolling window PMF) – Zurich (Switzerland)

Intégration de l'observatoire à des programmes/réseaux européens :

ActionCOST COLOSSAL ("Chemical On-Line cOmpoSiTion and Source Apportionment of fine aerosoL ")

Focus sur la composition chimique des particules fines atmosphériques à haute résolution

➡ **But:** Optimiser et harmoniser les mesures "online"; Coordonner les analyses pour évaluer la **variabilité spatiale** (Europe), **temporelle** (résolution à 1h, voir moins), la **saisonnalité** (long terme), la **phénoménologie** et les **sources** des particules fines

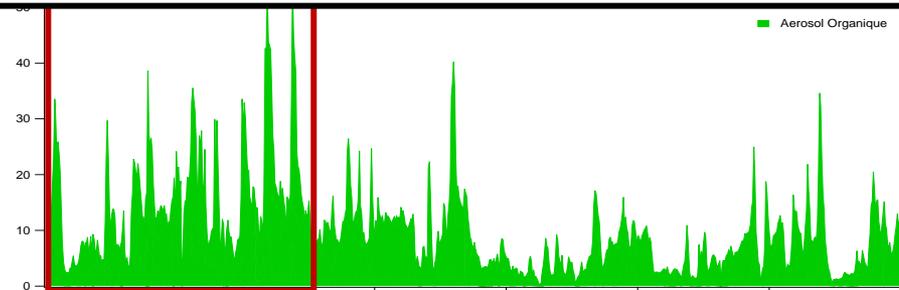




Pas de prise en compte de la saisonnalité des sources

Meilleures analyses
Mais : discontinuité

Solution alternative : « Pseudo PMF »
Contraindre les fragments spécifiques aux sources (ex: f43, 44, 57, 60...) grâce aux données récoltées sur la période de mesure de la thèse



Rolling window

→ Collaboration avec le
Paul Sherrer Institute
(Suisse) pour ce projet

A terme, l'objectif est de