

Impact de la dynamique de la couche limite sur l'intensité et la variabilité du pic de pollution de Mars 2014

JC. Dupont⁽¹⁾, M. Haeffelin⁽¹⁾, J. Badosa⁽²⁾, T. Elias⁽³⁾, O. Favez^{(4)*}, JE.
Petit⁽⁴⁾, F. Meleux⁽⁴⁾, J. Sciare⁽⁵⁾⁺, V. Crenn⁽⁵⁾, JL. Bonne⁽⁵⁾

*(1) IPSL, Palaiseau, France ; (2) LMD, Palaiseau, France ; (3) HYGEOS, Lille, France ; (4)
INERIS, Verneuil-en-Halatte, France; (5) LSCE, Gif sur Yvette, France*

** now at Air Lorraine, Metz, France*

*+ now at the Cyprus Institute, Energy Environment Water Research Center, Nicosia,
Cyprus*

Plan et introduction

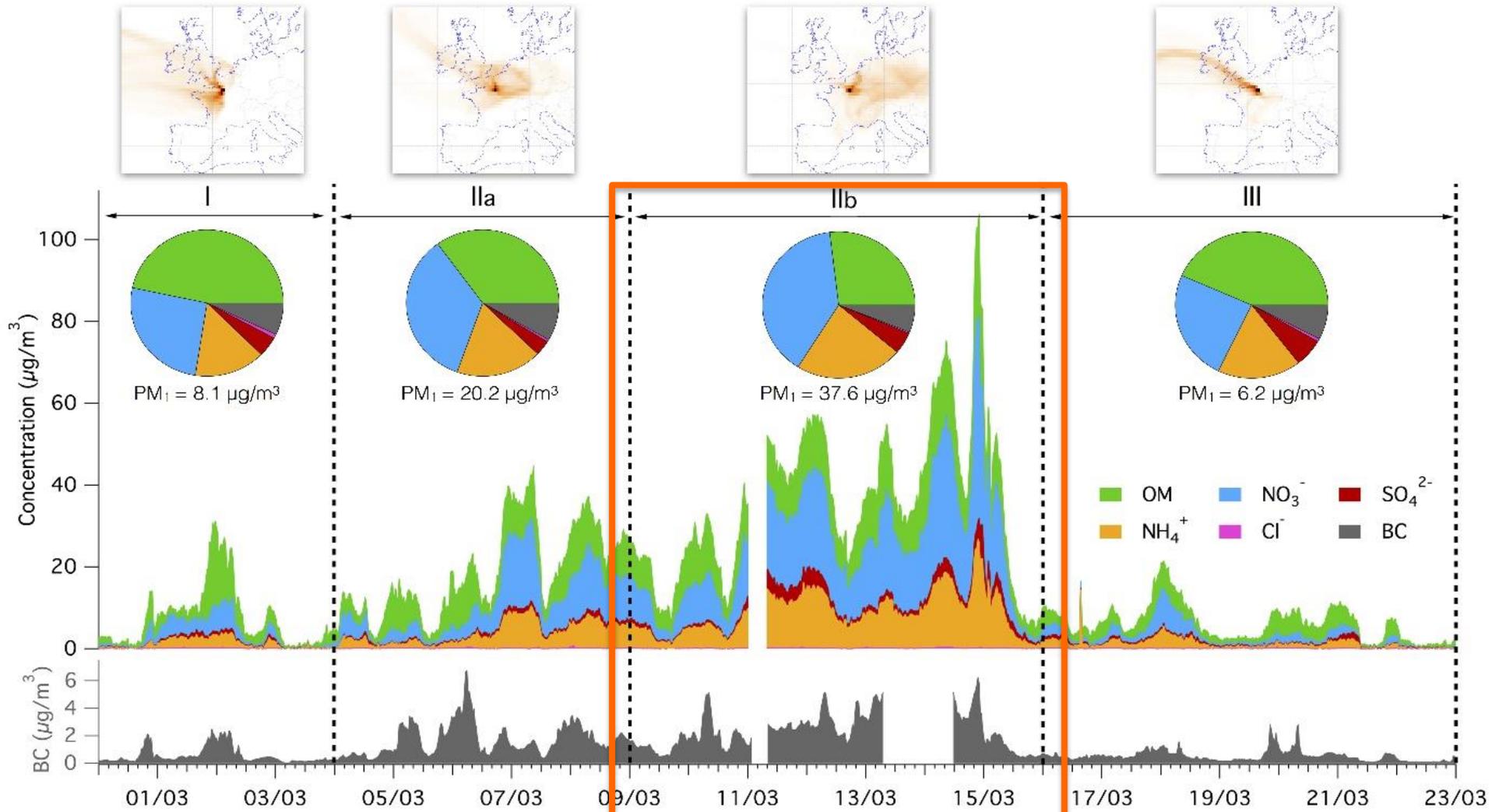
1. La situation générale du pic de pollution des 11-15 Mars 2014
2. Instrumentation utilisée pour l'étude
3. Compréhension des processus pour les 11 et 13 Mars
4. Conclusion / Perspective

Introduction et objectifs:

- Constat : La région parisienne est régulièrement soumise à des événements de forte pollution mais les mécanismes de persistance, d'intensification et d'arrêt sont mal appréhendés
- Objectif : Mieux comprendre les processus qui influencent la variabilité diurne et synoptique des PM.
- Moyen : Observations très complètes entre la surface et plusieurs km d'altitude et fortes synergies instrumentales pour connaître tous les processus atmosphériques et quantifier leur poids respectif

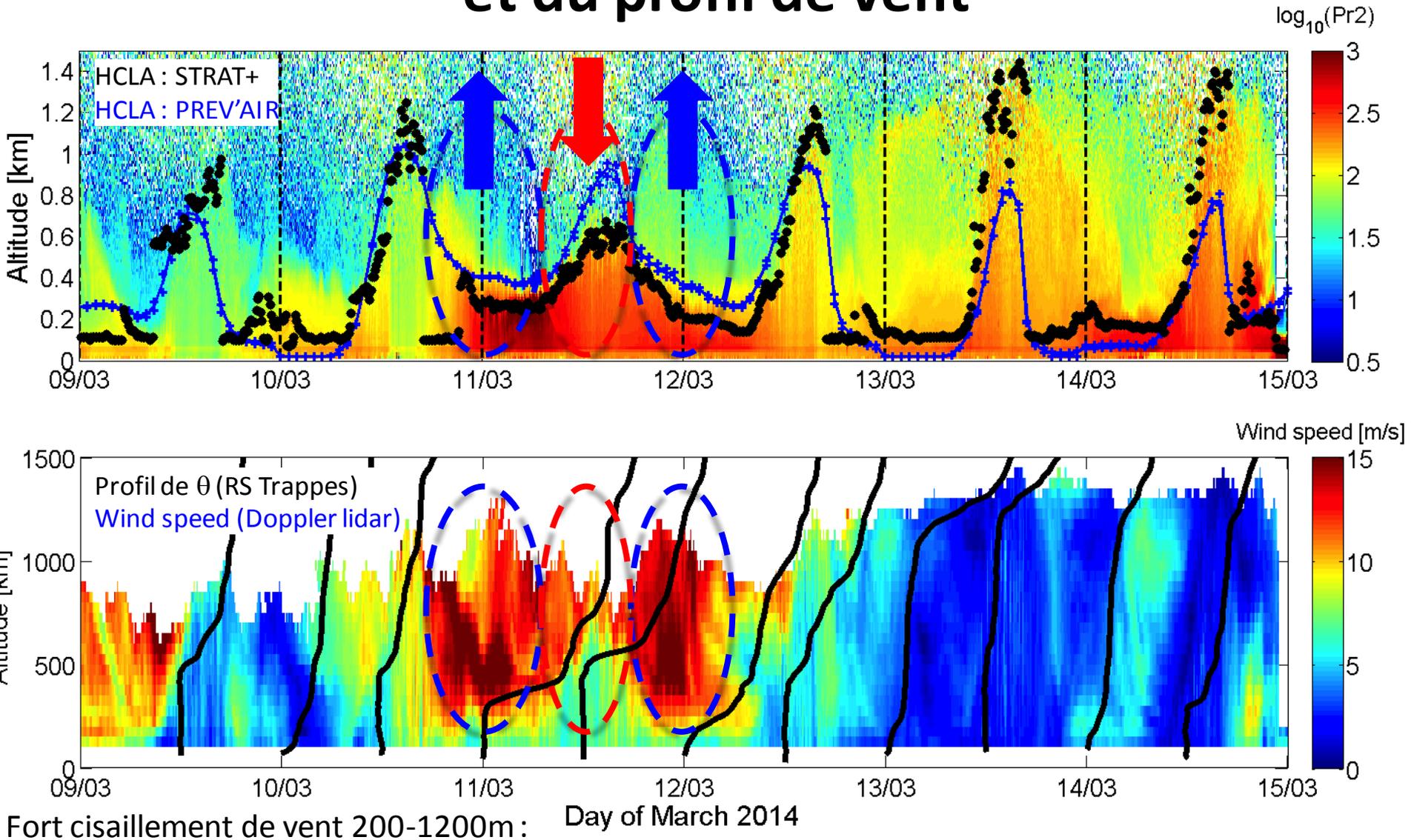
Evolution de concentration et chimie des PM

Rétro-trajectoires Flexpart 8.2.3



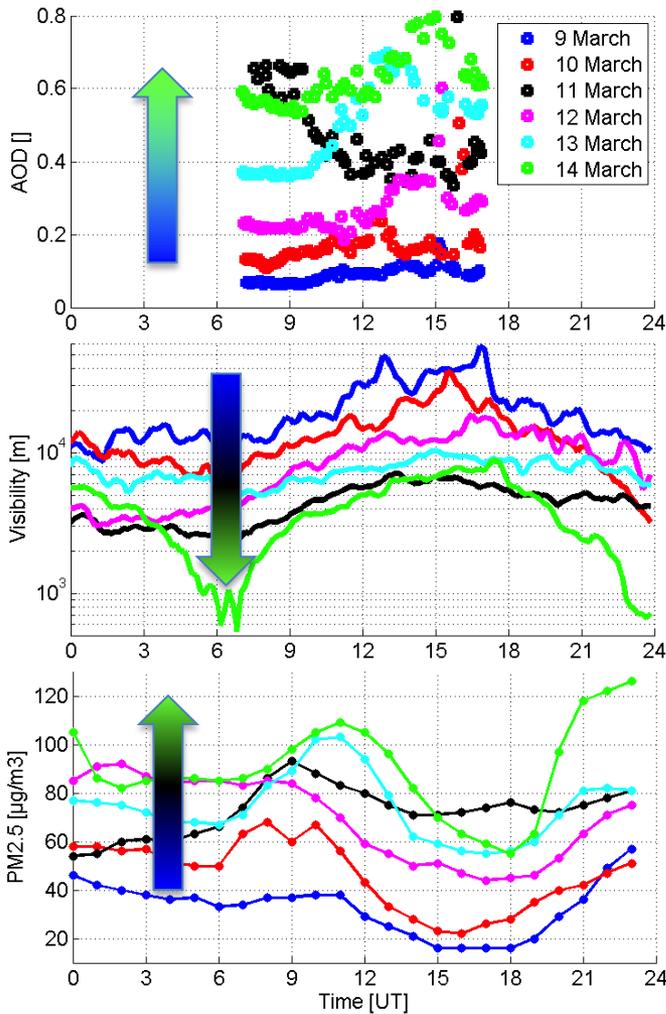
- Changement de masse d'air (Ouest vers Est) : PM₁ de 15 à plus de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Evolution de hauteur de couche limite et du profil de vent



- De nuit : limitation de la stratification thermique (inversion) d'où HCLA élevée (300 vs 100m)
- De jour : limitation du développement convectif d'où HCLA faible (600 vs 1300m)

Evolution de propriétés radiatives et PM



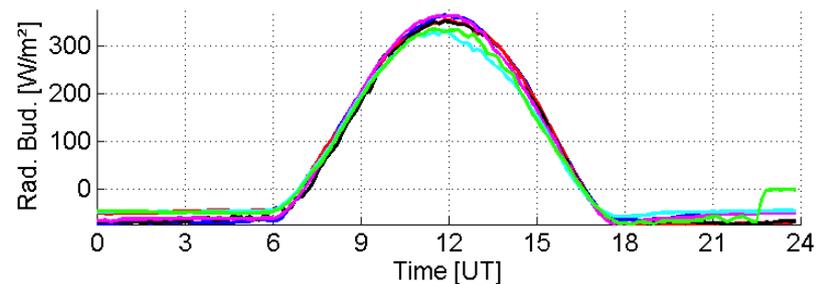
Charge en aérosols « de base » 0.08
Charge en aérosol maximale de 0.8

Visibilité horizontale initiale de 50km à midi
Visibilité horizontale minimal de 6km à midi

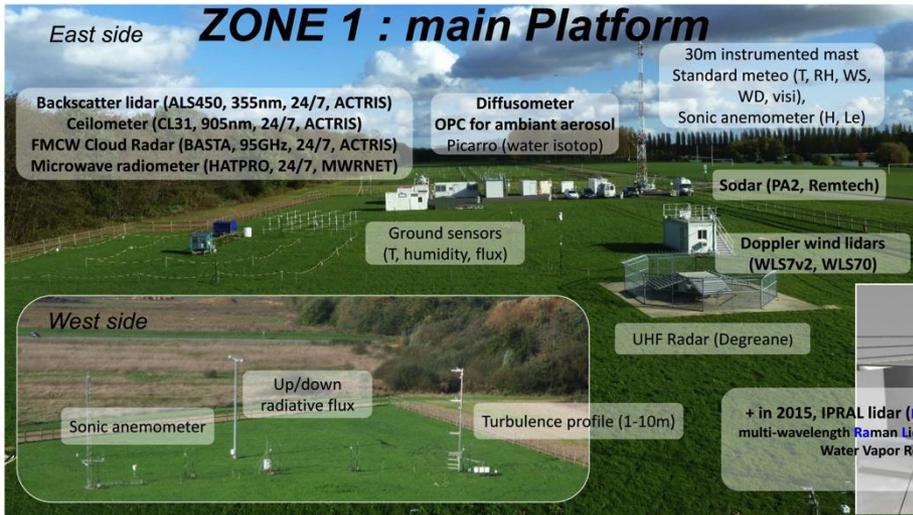
Petit brouillard le 14/03 au matin et le soir

PM2.5 initial de 40µg/m³ à 10h TU
PM2.5 final de 110µg/m³ à 10h TU

Bilan radiatif globalement identique sur les 6 jours



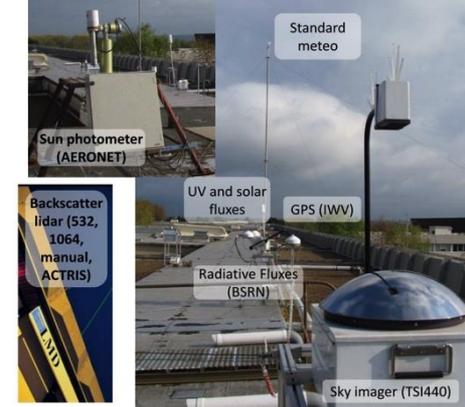
Dispositif de mesure utilisé



Dynamique de la couche limite
Téledétection lidars
Vol ballon captif



ZONE 2 : roof of the lab.



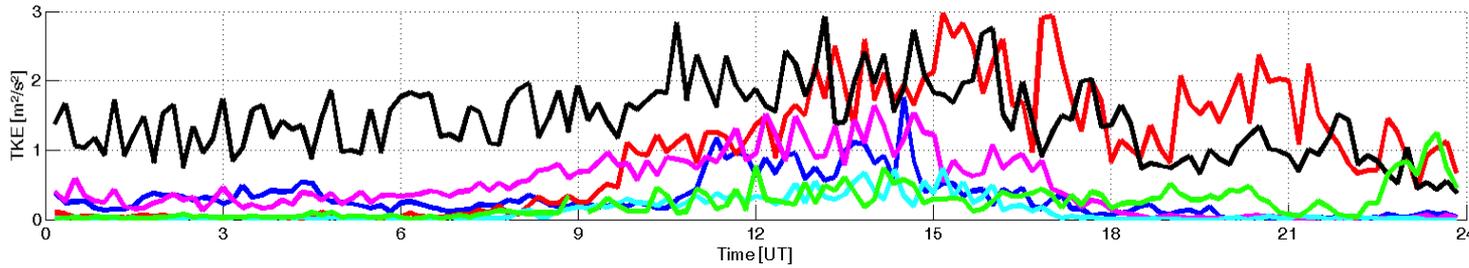
Rayonnement SW/LW
Photomètre solaire
Vapeur d'eau
Imageur visible

ZONE 5 : in-situ



Mesures in-situ de surface
Microphysique + Chimie
Gaz et aérosols

Comparaison entre les 11 et 13 Mars (1/4)



TKE entre 1 et 3m²/s²

TKE < 0,5m²/s²

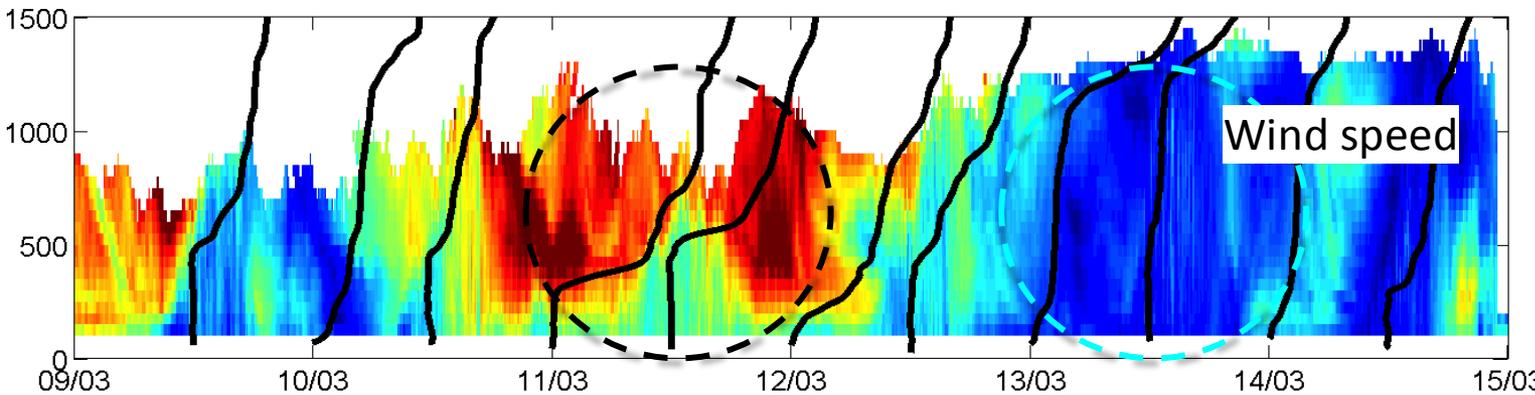
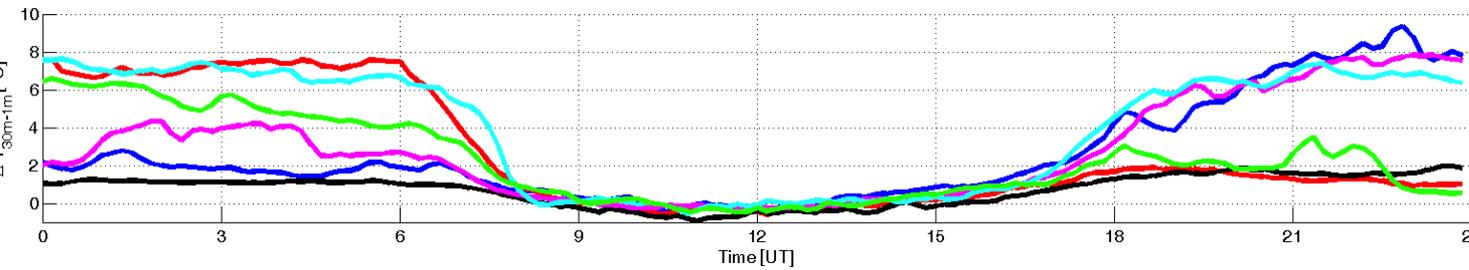
+

Ciel clair le 11 et le 13



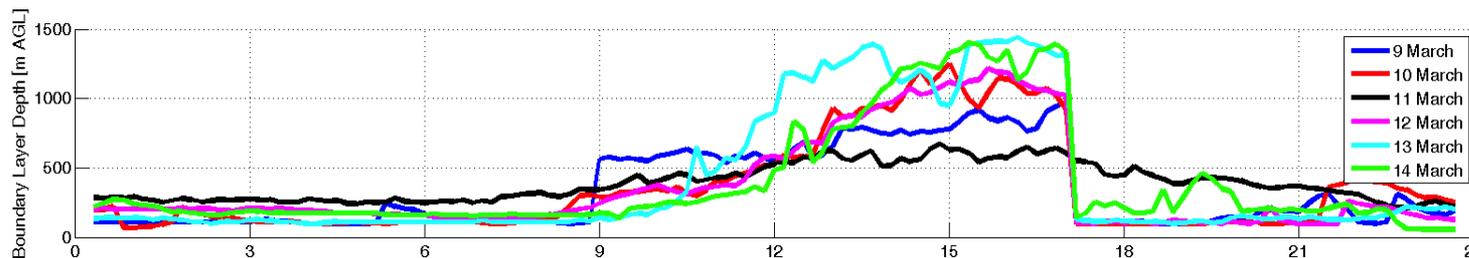
- Faible stratification le 11 de nuit ($\Delta T \sim 1^\circ\text{C}$)

- Forte stratification le 13 de nuit ($\Delta T \sim 7^\circ\text{C}$)



Le 11 de jour :
Mélange turbulent
>> Flottabilité

Le 13 de jour:
Mélange turbulent
<< flottabilité



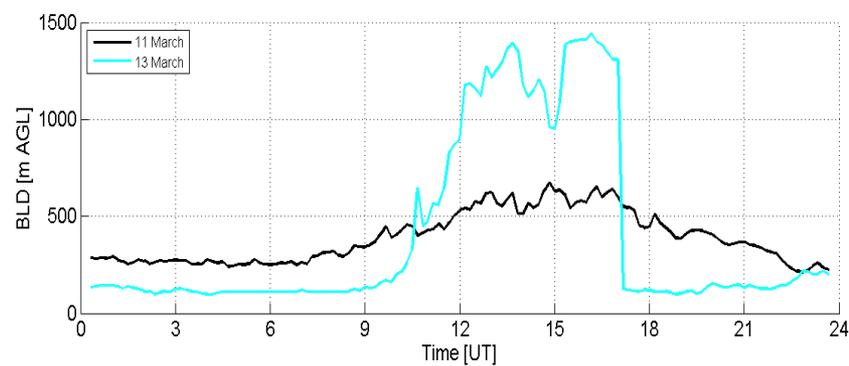
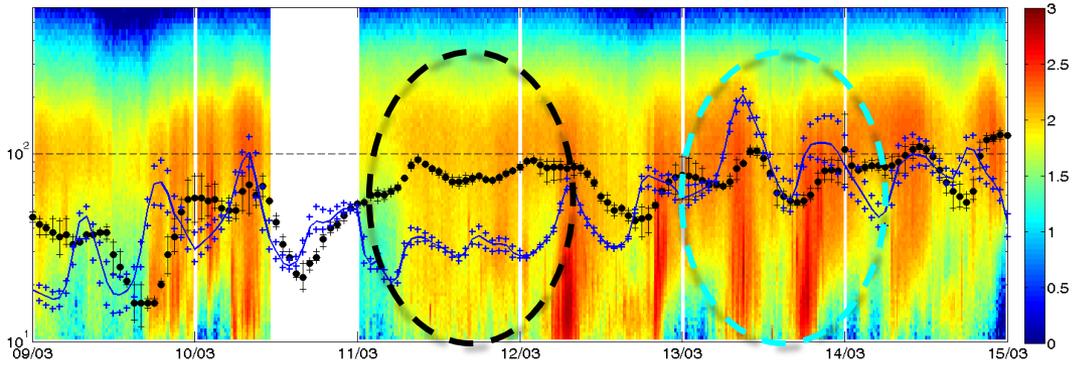
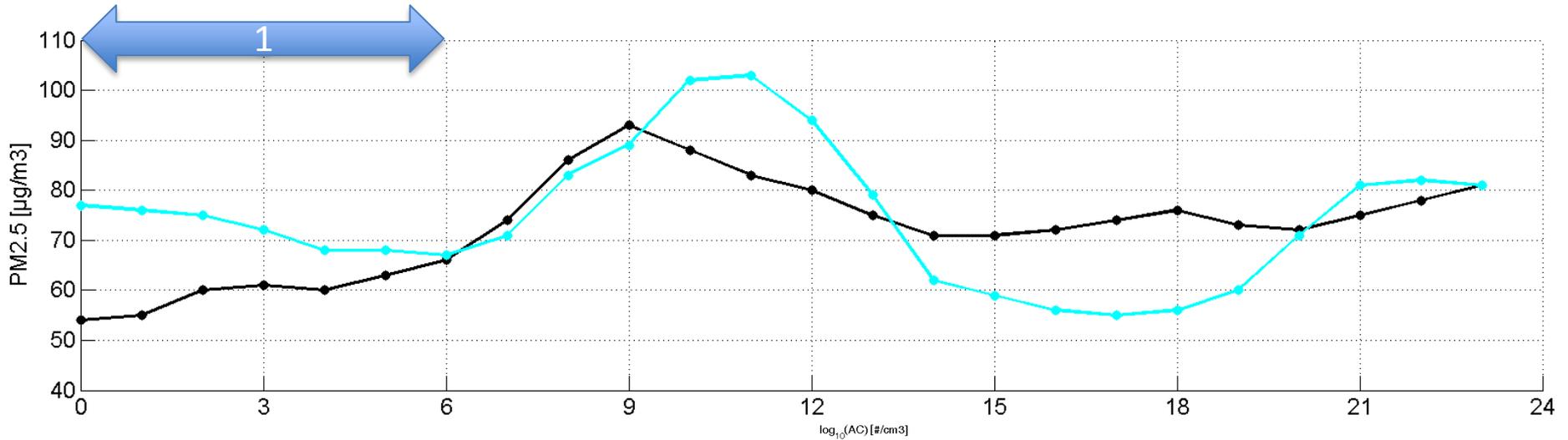
HCLA ~ 300m de nuit

HCLA ~ 100m de nuit

HCLA ~ 600m de jour

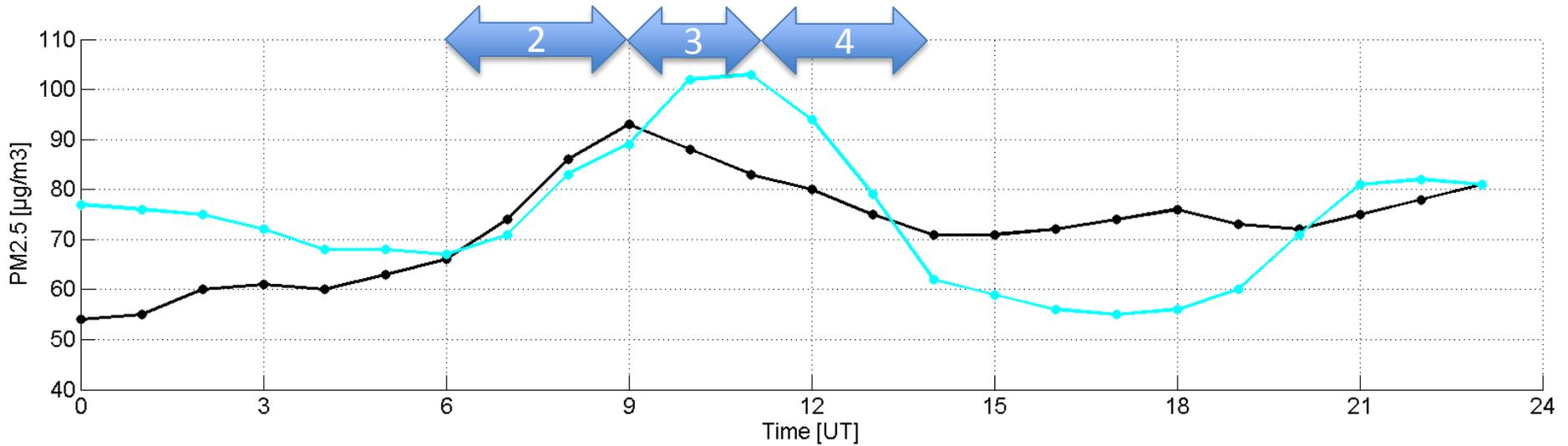
HCLA ~ 1300m de jour

Comparaison entre les 11 et 13 Mars (2/4)



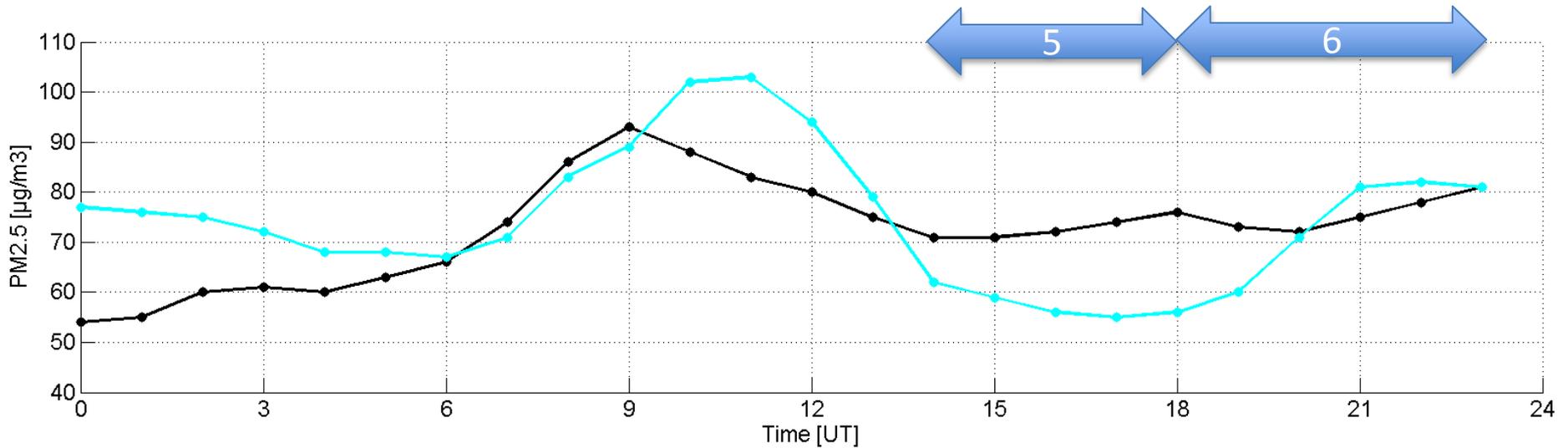
Phase	Le 11/03	Le 13/03
1	PM2.5 : +12µg/m ³ (55↗67) HCLA : -50m (300↘250) RH : →100% Visi : →3km [Aérosol sec] _{>100nm} =+100 #/cm ³ (600↗700) Donc - d'aérosols secs mais plus hydratés et au final moins bonne visi, au final même PM	PM2.5 : -10µg/m ³ (77↘67) HCLA : -20m (130↘110) RH : +10% (80↗90) Visi : -4km (10↘6) [Aérosol sec] _{>100nm} =+300 #/cm ³ (750↗1050) Donc + d'aérosols secs mais moins hydratés donc meilleure visi, au final même PM

Comparaison entre les 11 et 13 Mars (3/4)



Phase	Le 11/03	Le 13/03
2	PM2.5 : +25µg/m3 (67↗92) HCLA : +50m (250↗300) Trafic du matin, forte concentration en particules fines	PM2.5 : +23µg/m3 (67↗90) HCLA : +20m (110↗130) Trafic du matin, forte concentration en particules fines
3	PM2.5 : -10µg/m3 (92↘82) HCLA : +150m (300↗450) Développement de la CLA par mélange dynamique : plus efficace pour dilution	PM2.5 : +12µg/m3 (90↗102) HCLA : +370m (130↗500) Développement de la CLA par chauffage : peu efficace pour dilution
4	PM2.5 : -11µg/m3 (82↘71) HCLA : +150m (450↗600) Développement de la CLA limité par cisaillement de vent qui annule l'effet du chauffage. PM résiduel très fort car HCLA faible	PM2.5 : -40µg/m3 (102↘62) HCLA : +800m (500↗1300) Développement de la CLA important par flux de flottabilité

Comparaison entre les 11 et 13 Mars (4/4)



Phase	Le 11/03	Le 13/03
5	PM2.5 : +5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (71 \nearrow 76) HCLA : -100m (600 \searrow 500) Diminution faible de la HCLA due à la baisse du chauffage. PM résiduel très fort car HCLA faible	PM2.5 : -5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (62 \searrow 57) HCLA : -1170m (1300 \searrow 130) Passage de la couche limite convective à la couche résiduelle
6	PM2.5 : +5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (76 \nearrow 81) HCLA : -250m (500 \searrow 250)	PM2.5 : +24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (57 \nearrow 81) HCLA : +70m (130 \nearrow 200)

Conclusions et perspectives

Conclusions

- Modulation du pic en amplitude et en variabilité : rôle clé du cisaillement de vent limitant de 50% le développement de la HCLA (650 vs 1300m) et augmentant de 50% les PM2.5 (75 vs 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 16h00 TU).
- Impact des nuages bas et brouillard sur le cycle diurne de PM2.5
- Corrélation forte entre visibilité, épaisseur optique des aérosols

Perspectives

- ✓ Mieux caractériser la distribution verticale des propriétés des aérosols (Lidar)
- ✓ Etudier liens entre dynamique-nuages et chimie des aérosols et gaz (NOX, O3, CO2, ACSM)
- ✓ Etudier d'autres événements de pollution (plusieurs saisons)
- ✓ Comparer les observations dans Paris et en périphérie
- ✓ Evaluer plus finement les simulations numériques