



Mesures aéroportées des espèces azotées

Quelques résultats dans le panache
parisien durant la campagne MEGAPOLI

Aurélie Colomb, Vincent Michoud,
Nadir Amarouche , et LISA-TEAM



Rôle des espèces azotées dans l'atmosphère:

Horloge photochimique

L'âge photochimique de la masse d'air est défini par $-\log(\text{NO}_x/\text{NO}_y)$.

$\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$

$\text{NO}_y = \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{PAN} + \text{HONO} + \text{Nitrates organiques} + \dots$

A l'émission : NO_x émis sous forme de NO et $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$

donc $\text{NO}_y = \text{NO}_x \rightarrow -\log(\text{NO}_x/\text{NO}_y) = 0$

Au cours du transport: réactions d'oxydation

→ formation de HNO_3 , PAN, nitrates organiques,...

90% des NO_x ont été oxydés → $-\log(\text{NO}_x/\text{NO}_y) = 1$

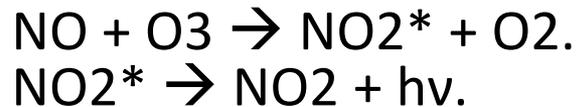
En journée, oxydation des NO_x avec OH : $-\log(\text{NO}_x/\text{NO}_y) = k[\text{OH}]t$

Avec $k = \text{constante}$ $\text{NO}_2 + \text{OH}$,

$t = \text{âge photochimique}$ (Kleinman et al, 2007, JGR)

Mesure des espèces azotées dans l'atmosphère

Principe : Mesure du NO par chimiluminescence à l'ozone en excès
(méthode de référence européenne.)



Retour à l'état fondamental de NO_2^* : émission de photons analysée par un photomultiplicateur → concentration de NO.

Pour mesurer NO_2 et NO_y : nécessité de convertir en NO

→ Instrument MONA : mesure simultanée de NO, NO_2 , NO_y

Instrument de mesures des oxydes d'azote : MONA

- → Axé autour de 3 analyseurs ECO-PHYSICS CLD780TR
- → Mesure de NO, NO₂ et NO_y (= NO + NO₂ + HNO₃ + PAN + 2 N₂O₅ + HONO + HO₂NO₂ + NO₃ + nitrates particulaires + nitrates organiques + composés azotés halogénés (ClONO₂, BrONO₂, NOCl, ..)).
- Principe : réaction de chimiluminescence du NO avec de l'ozone en excès.
- Mesure du NO₂, l'échantillon traverse un convertisseur photolytique avant d'arriver à l'analyseur.
 - NO₂ + hv (fourni par la lampe UV) → NO
- Mesure du NO_y, l'échantillon passe par un four en or chauffé à 350°C (débit d'hydrogène de 3 ml/min).
 - NO_y + H₂ → (réaction dans le four à T > 350°C) → NO

2008-2009 : Jouvence de MONA

- Falcon 20 → **ATR-42.**
- Remplacement des 6 **ozoneurs** des trois analyseurs .
- Changement du **convertisseur photolytique**

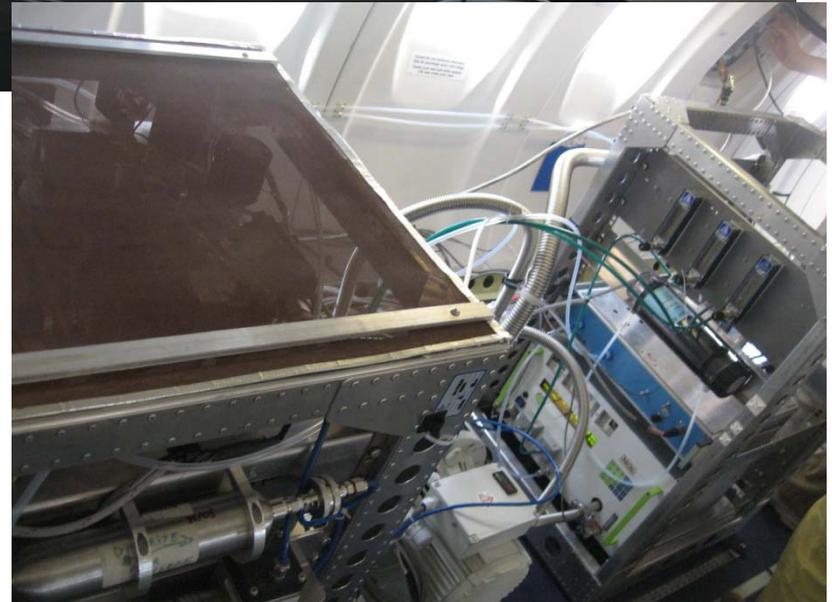
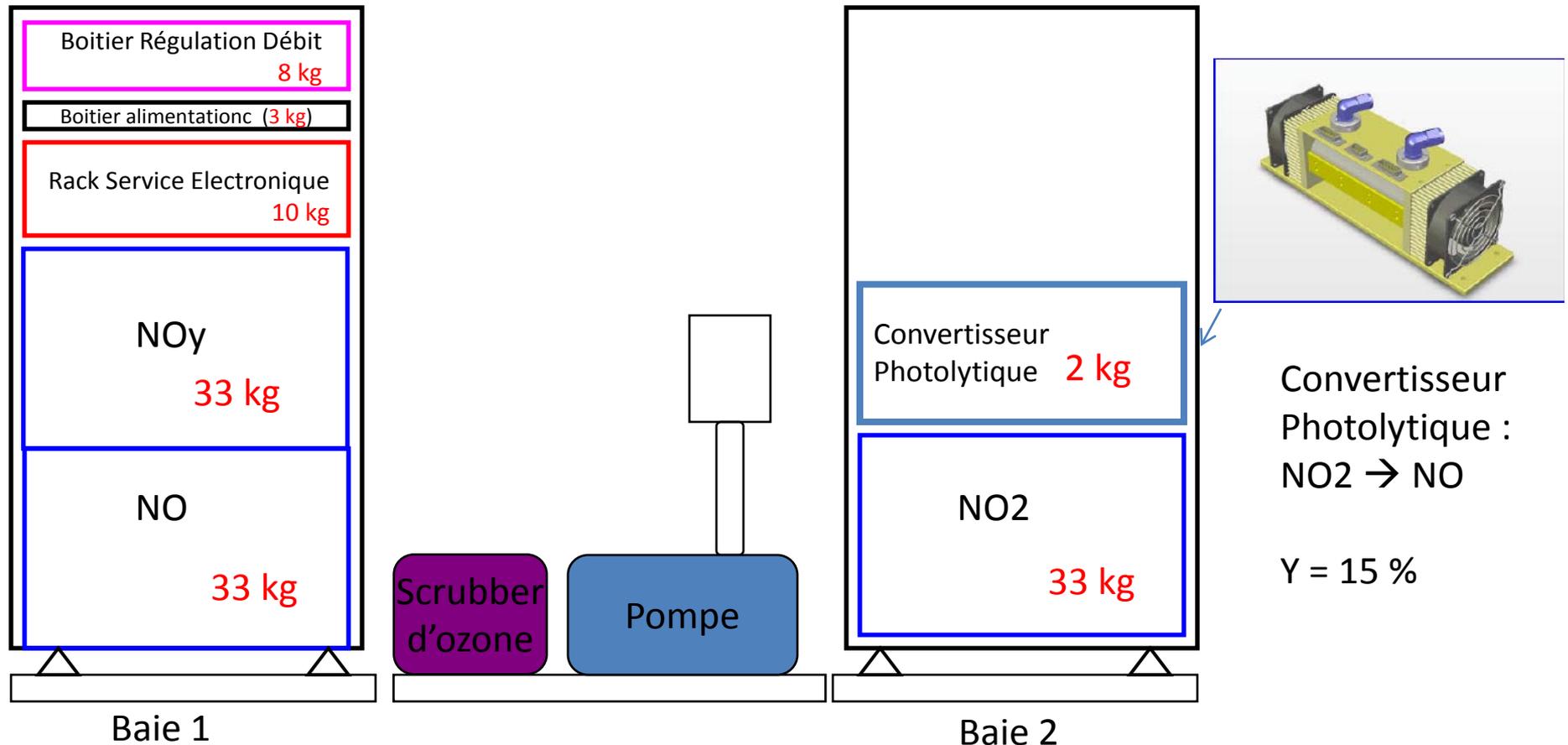
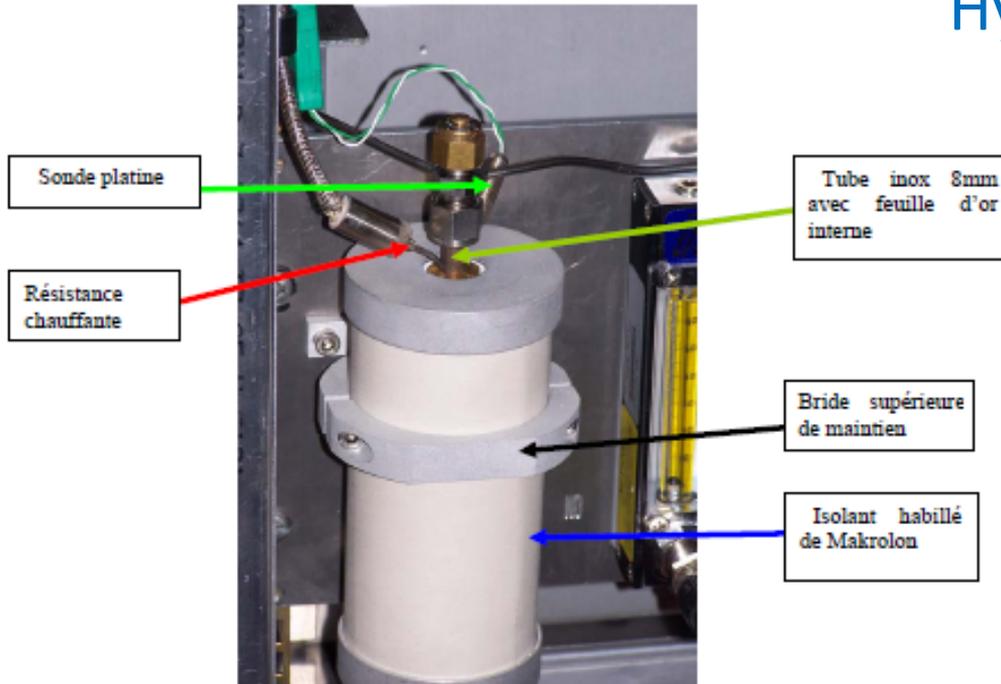


Schéma MONA dans ATR-42



Conversion NOY

Four NOY



Hydrures → 0.5 ml/min H2



But: convertir NO_y en NO. :

NO_y + H₂ → NO (réaction dans le four à T > 350°C)

Un réservoir d'hydrogène (sous forme d'hydrure) fournit le gaz H₂ nécessaire à la réaction.

Dans quelle mesure la grande échelle est-elle impactée par les émissions des mégapoles ?

Quels sont les principaux processus impliqués dans l'export de la pollution et, en particulier, la formation de l'aérosol ?

Objectif de la campagne aéroportée :

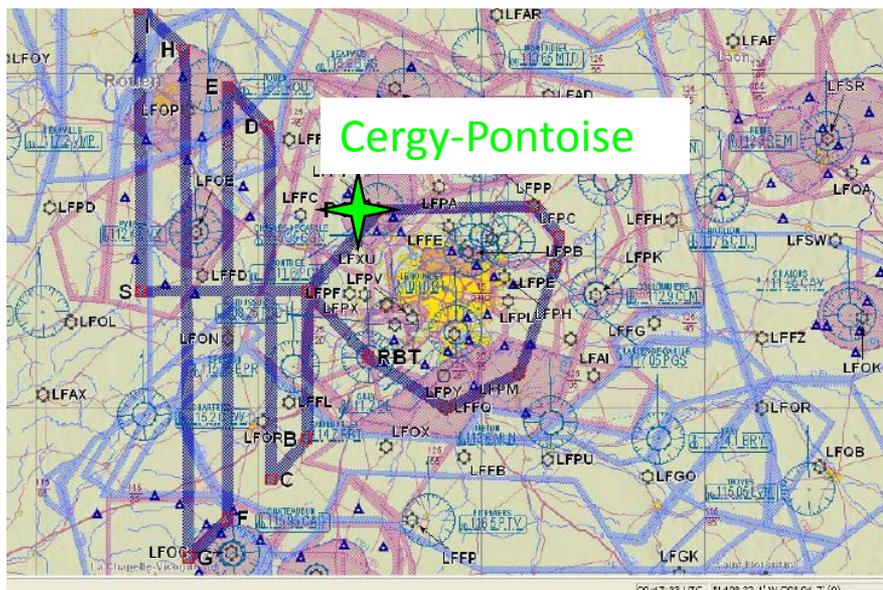
Caractériser l'évolution de l'aérosol (composition, propriétés) et des interactions gaz-aérosol dans le panache urbain d'une mégapole (Paris)

3 actions majeures :

1. Décrire la formation de l'AOS (en lien avec les mesures au sol)
2. Dériver les cinétiques de formation de l'AOS en fonction des charges en précurseurs (COV anthropiques et biogéniques) sous différentes conditions environnementales (âge photochimique de la masse d'air, météorologie)
3. Evaluer l'impact des processus de vieillissement de l'aérosol sur des propriétés optiques et hygroscopiques

Stratégie

Vols pseudo-lagrangiens
dans 6 secteurs prédéfinis



2 plateformes aéroportées :



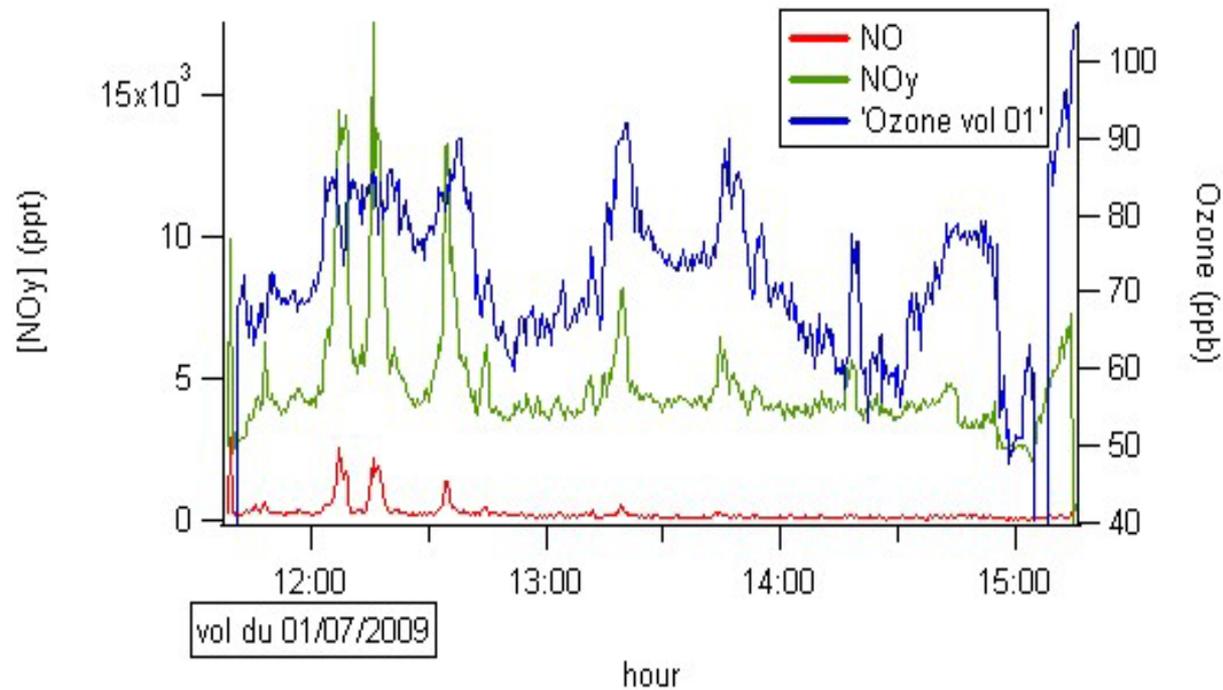
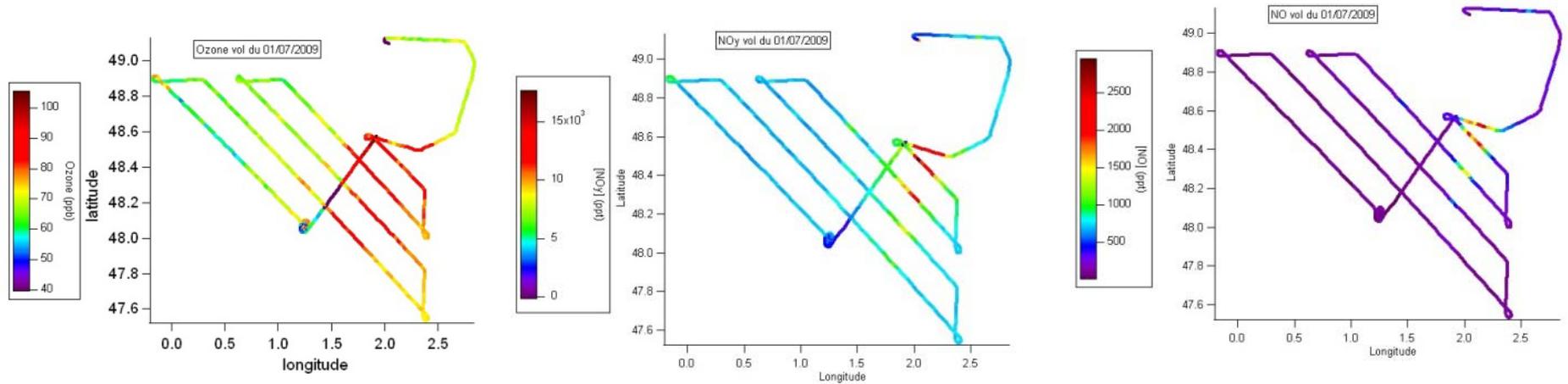
ATR-42
Eté
Juillet 2009



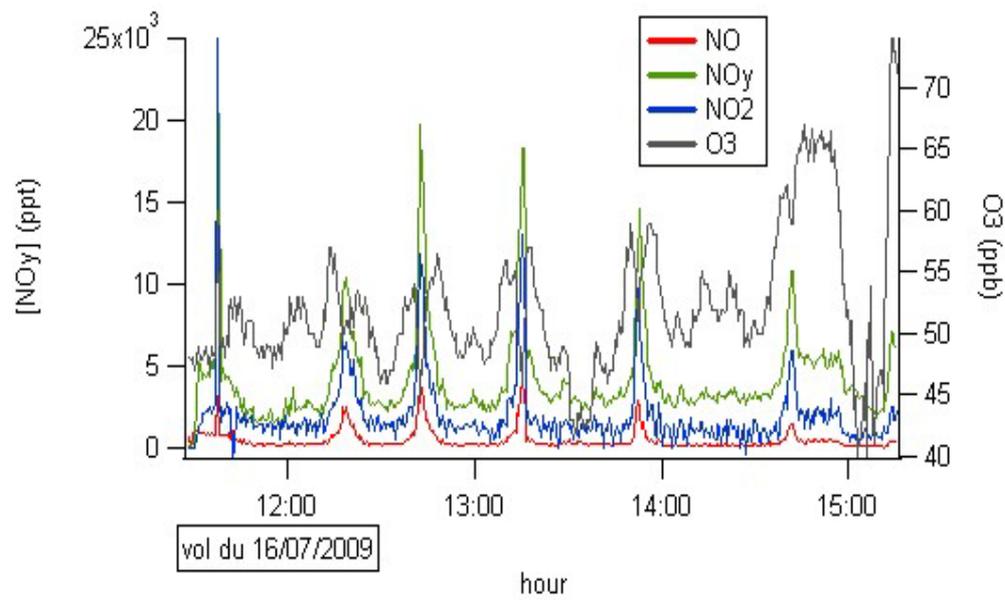
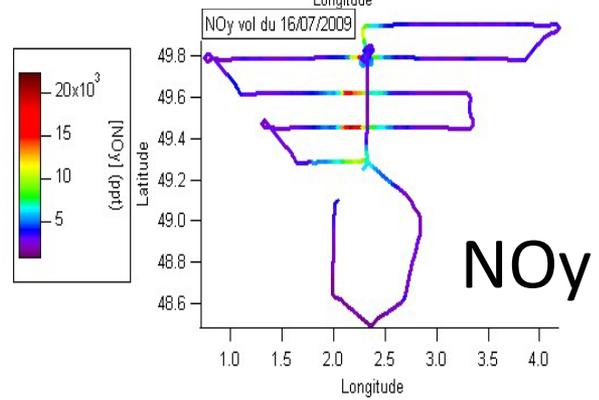
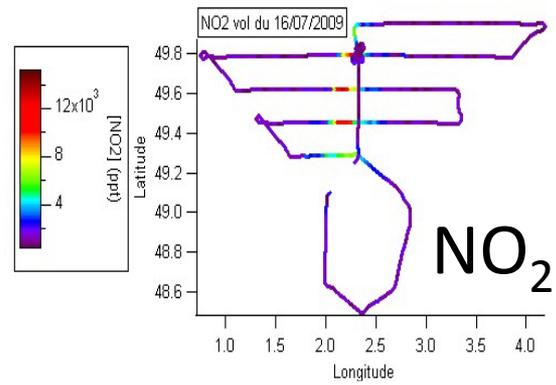
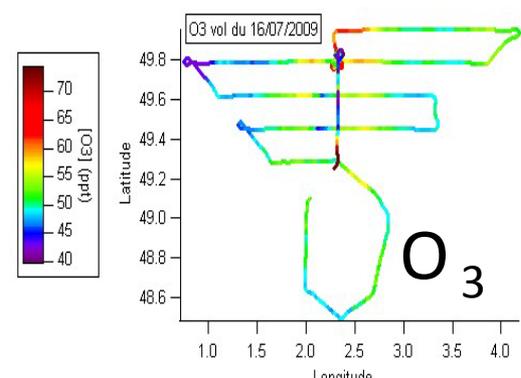
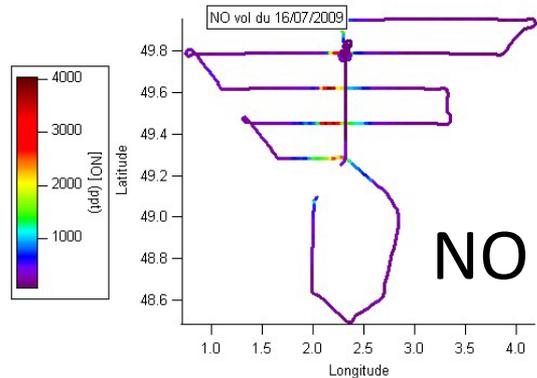
Piper-Aztec
Hiver
15 j-15 fevr. 2010

- ❑ 2 à 4 axes perpendiculaires au panache à distance croissante de Paris centre (→ 150 km) selon porteur
- ❑ Exploration des conditions aux limites durant le transit de/vers l'aéroport
- ❑ Vols d'après-midi dans la couche de mélange homogène à altitude constante (1500-2000 ft)
- ❑ Décollage (01:00 – 03:00 PM heure locale) – 2 to 4 hour-flight
- ❑ 1 sondage vertical 500 – 10000 ft : point S

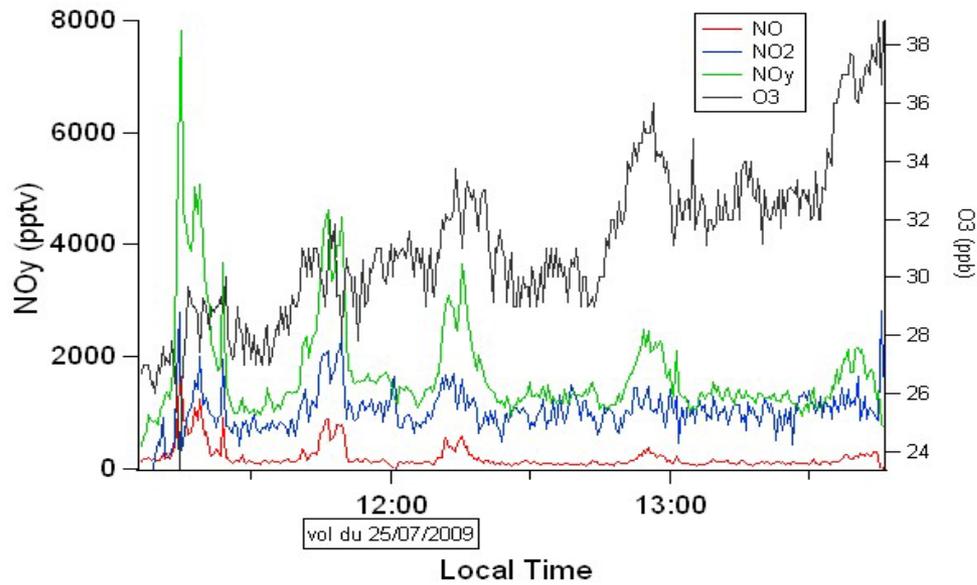
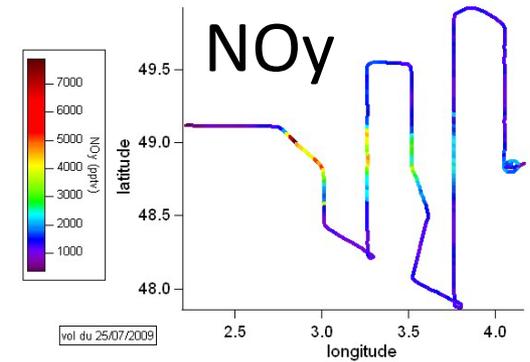
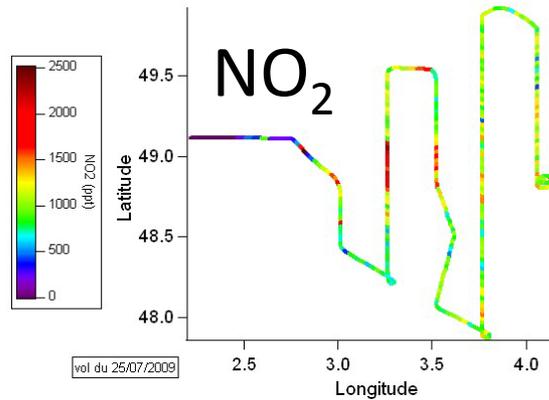
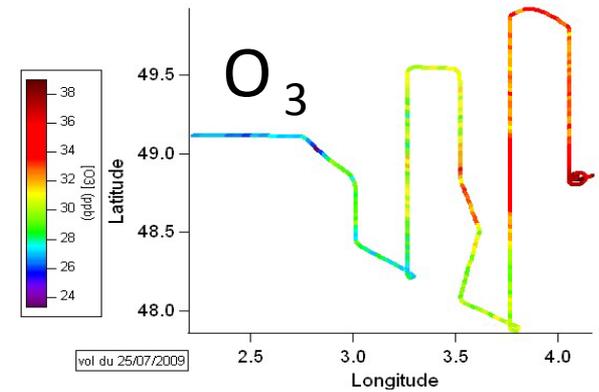
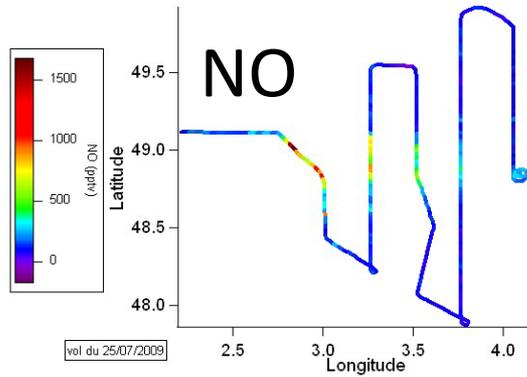
Vol du 1^{er} juillet 2009 : pollution très importante



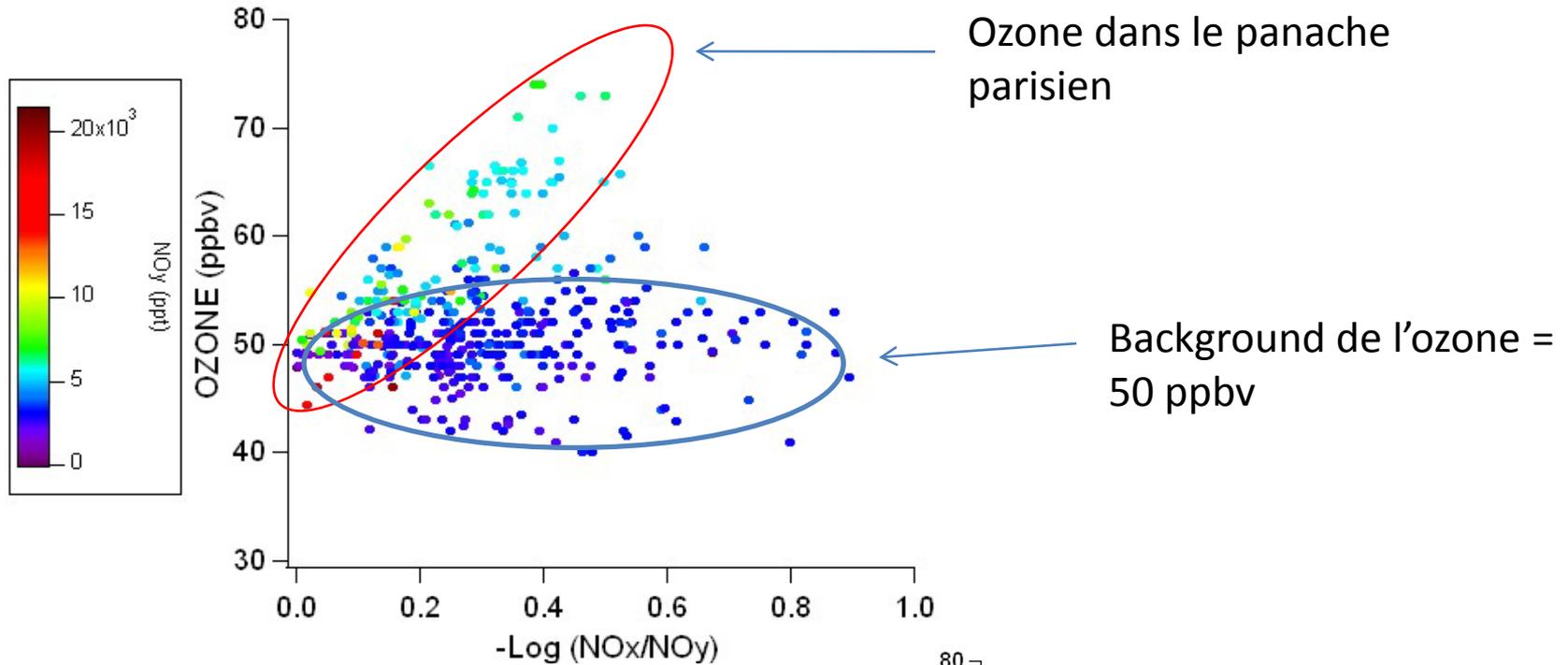
Vol du 16 juillet 2010: Pollution importante



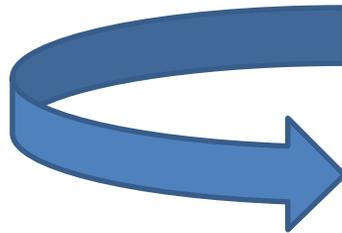
Vol du 25 juillet 2010: Pollution faible



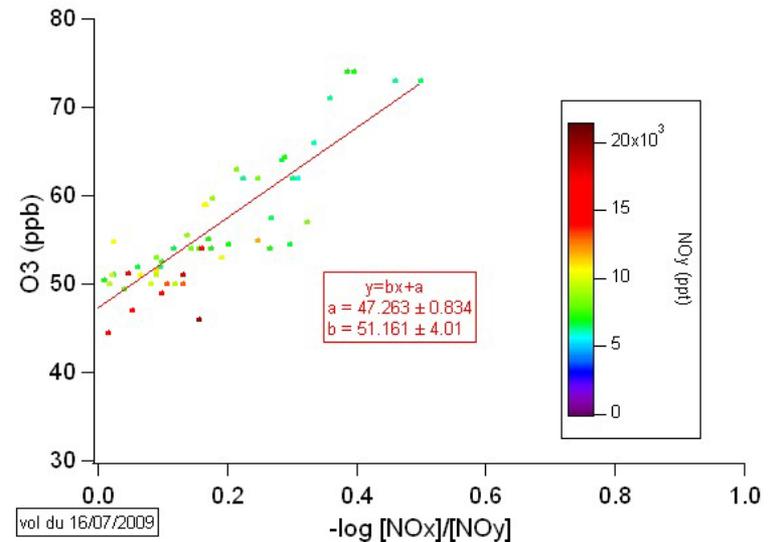
Horloge chimique



Production d'ozone dans
Le panache parisien :



Plus âge photochimique augmente
Plus ozone augmente !



Conclusion

- Nouvelle version de MONA : résultats très satisfaisants;
 - Données de qualité et avec une très bonne limite de détection (qqq pptv)
 - pas de problèmes avec changement d'altitude : orifice critique réglé à 200 hPa
 - Production de l'ozone en excès avec oxygène en bouteille , ou air ambiant (la limite de détection est alors beaucoup plus faible)
- Prêt pour les prochaines campagnes aéroportées .