



UE Metrologie

les Mesures de terrain: Illustration

Karine Desboeufs

Maître de conférences Paris 7

Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques

Karine.Desboeufs@lisa.u-pec.fr

Pourquoi des mesures de terrain?

- 2 types de mesures:
 - Mesures en temps réel de la composition chimique atmosphérique
 - Suivi de l'évolution à long terme de la composition atmosphérique

The diagram shows two types of measurements grouped into two categories. A red bracket on the right side of the list groups the two measurement types under the label 'Campagnes de terrain'. Another red bracket on the right side of the list groups the two measurement types under the label 'Observatoires'.
- Buts:
 - Connaître les niveaux d'exposition
 - Connaître les propriétés physico-chimiques de différentes masses d'air
 - Etudier des processus atmosphériques:
 - Suivi des interactions entre les composants atmosphériques
 - Etude des processus associant chimie et dynamique atmosphérique

Où faire les mesures?

1. Critères scientifiques

Où faire les mesures?

1. Critères scientifiques
2. Critères pratiques:

Où faire les mesures?

1. Critères scientifiques
2. Critères pratiques:
 - Stabilité politico-économique de la zone d'étude

Où faire les mesures?

1. Critères scientifiques
2. Critères pratiques:
 - Stabilité politico-économique de la zone d'étude
 - Météorologie/saison
 - ➡ Période adaptée à la mesure désirée



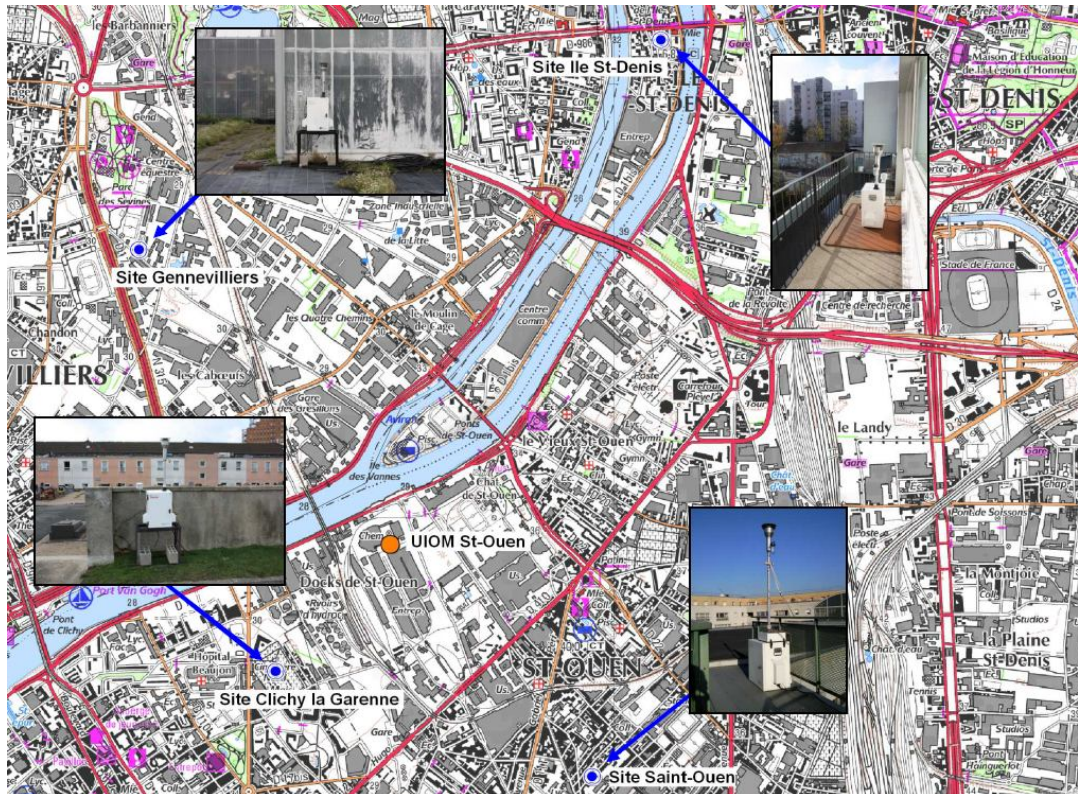
Conditions photochimiques adaptées



Saison humide / Saison sèche

Où faire les mesures?

1. Critères scientifiques
2. Critères pratiques:
 - Stabilité politico-économique de la zone d'étude
 - Météorologie/saison



Prise en compte des vents dominants

Où faire les mesures?

1. Critères scientifiques

2. Critères pratiques:

- Stabilité politico-économique de la zone d'étude
- Météorologie / saison
- Accessibilité et praticité matérielle (électricité, douane):
 - existe-t-il une structure sur place?
 - Est-il possible de s'adapter?



Utilisation de panneau solaire

Les pots de vin!



Laboratoire de terrain

Quels types de mesures atmosphériques?

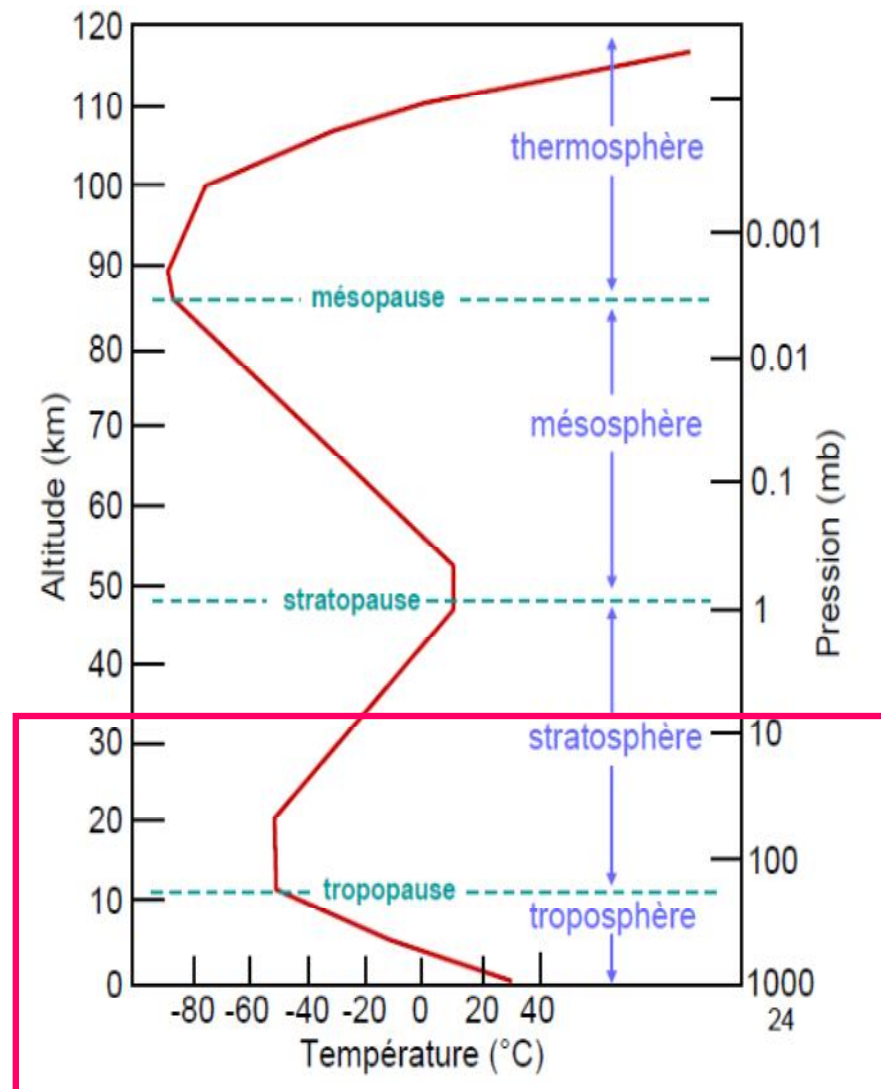
1. Mesures aéroportées

- Mesures avions
- Mesures ballon
- Mesures avec autres engins aéroportés (ULM, Drone...)

2. Mesures aux sols

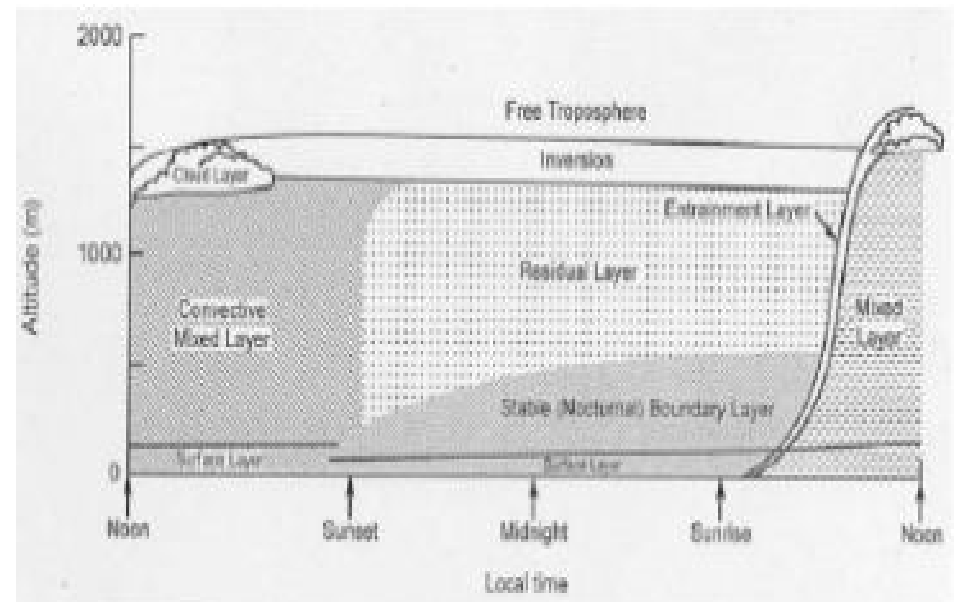
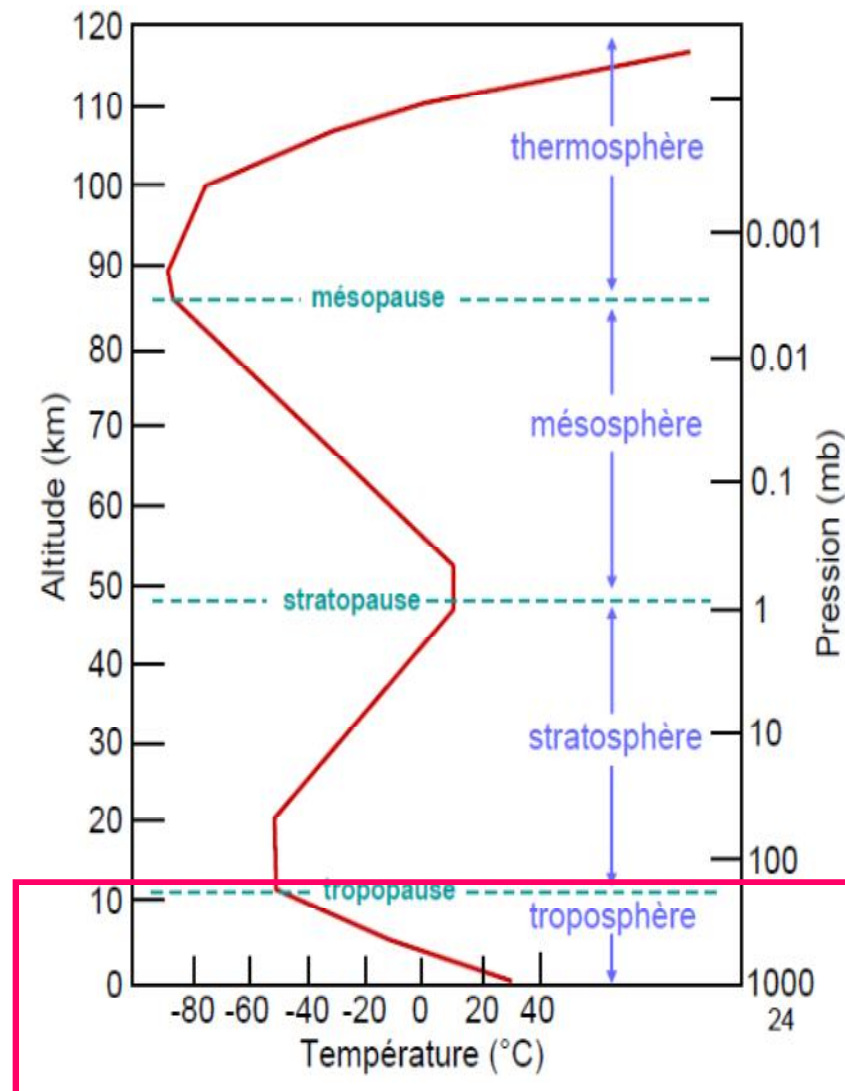
- Mesures continentales
- Mesures en bateau

Les couches atmosphériques étudiées



Mesures concentrées sur les couches atmosphériques les plus basses...

Les couches atmosphériques étudiées



Différences aéroportées/sol

Mesures aéroportées

- Possibilité d'investiguer un large domaine atmosphérique (Couche limite, troposphère libre, strato..)
- Suivi dans des zones difficiles d'accès
- Observations ponctuelles (en général)
- Possibilité de décrire une masse d'air et éventuellement son évolution temporelle (en théorie: Approche Lagrangienne)
- Possibilité d'étudier: gaz, aérosols, et nuages
- Limitation en charge de matériel
- Coûteux

Mesures au sol

- Etude exclusivement de la troposphère (selon altitude couche de mélange ou tropo libre)
- Accès limité
- Observations à long terme possible (observatoires)
- Suivi temporel de différents types de masse d'air en 1 point donné (Approche Eulérienne)
- Possibilité d'étudier: gaz, aérosols et précipitations
- Pas de limitation en charge
- Moins coûteux

1. Mesures aéroportées

Les différents types de plateformes:



ATR 42: avion de recherche française



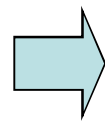
Ballon stratosphérique CNES



ULM



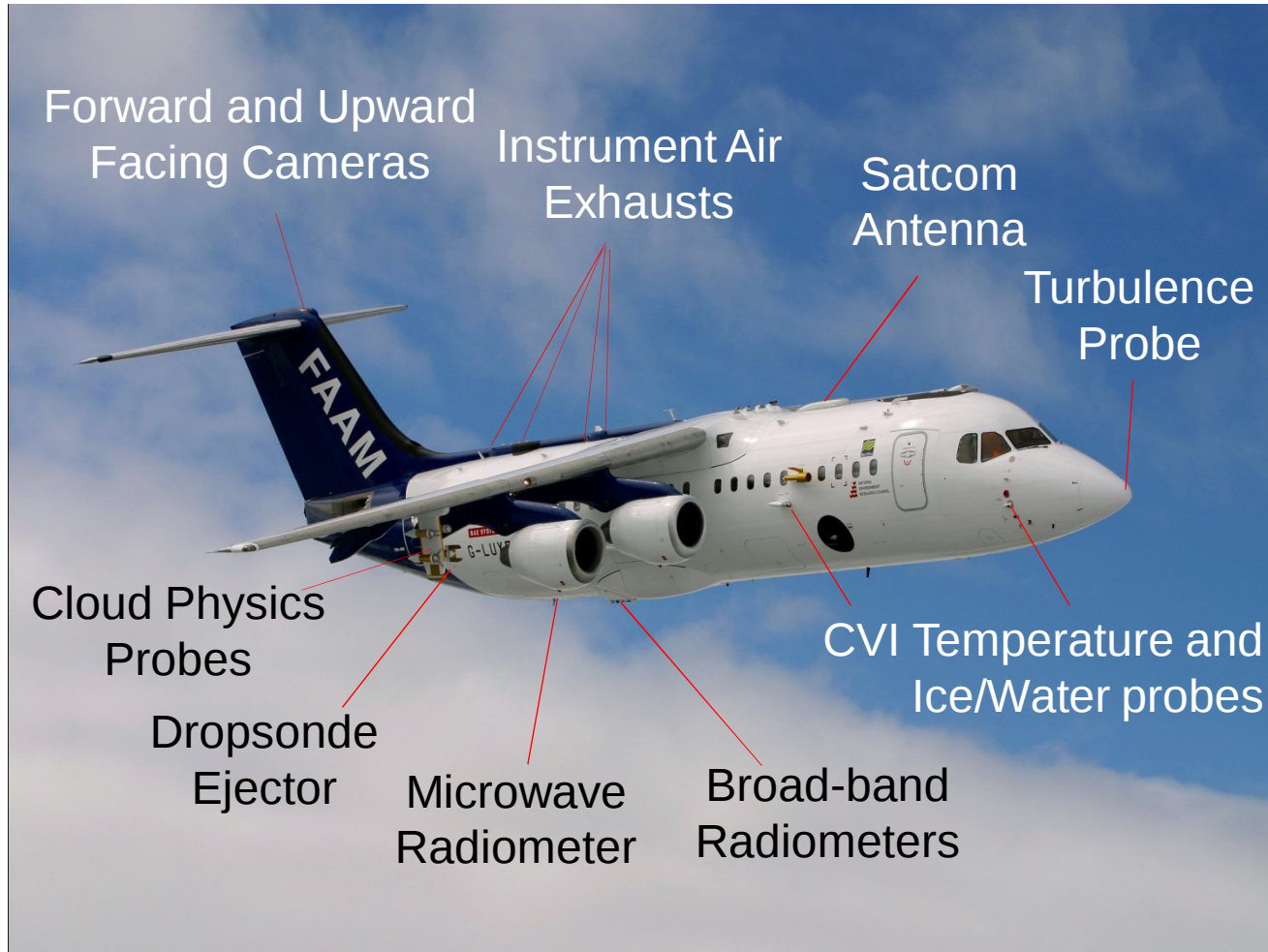
drone



Enjeu : Respecter la charge de matériel et l'espace disponible

1.1. Mesures avion

Instrumentation de base: sondes automatiques

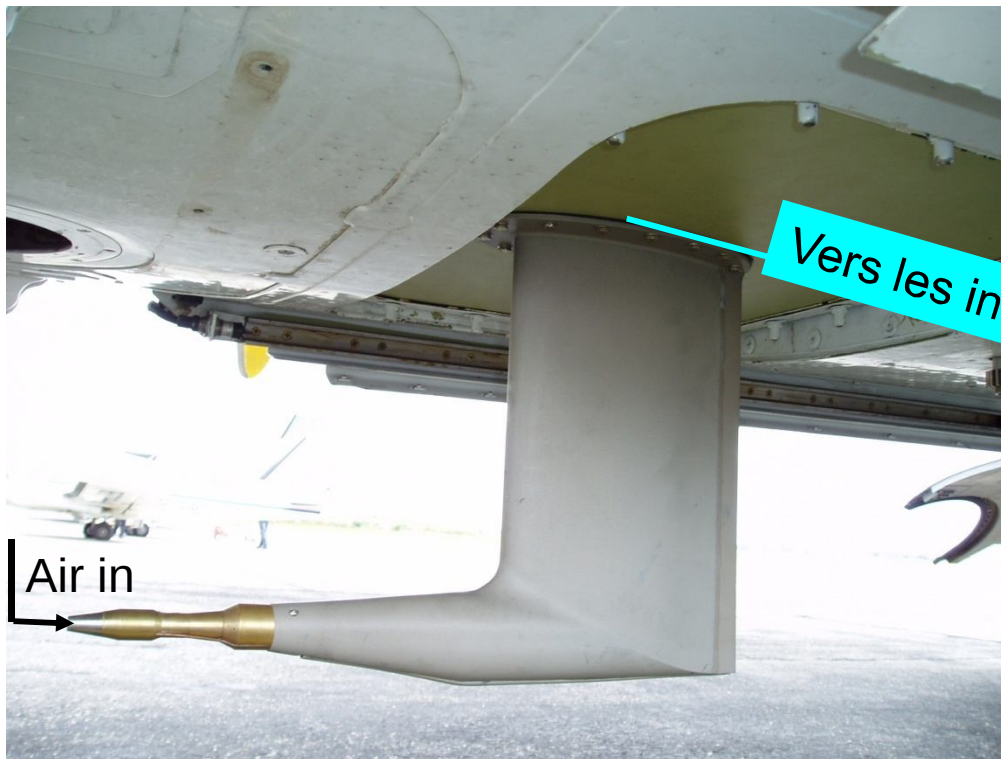


Bae anglais (charge utile 4t)

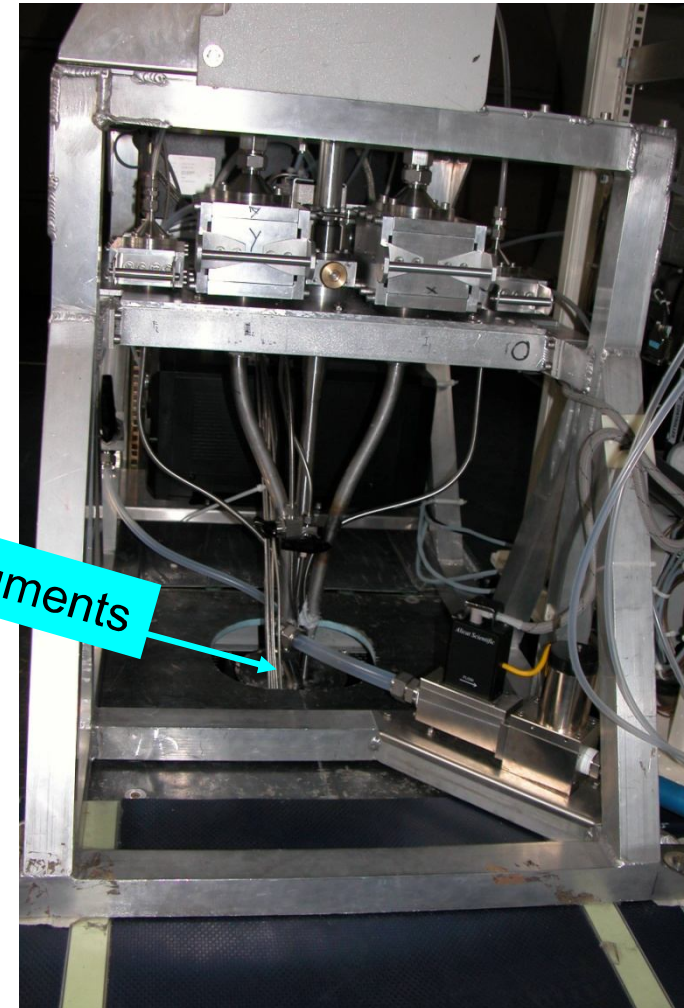
1.1. Mesures avion

Instrumentation de base: les veines de prélèvements nécessaires pour:

- homogénéité des échantillons étudiées
- prélèvement isocinétique/ détermination des diamètres de coupure



ATR-42



1.1. Mesures avion

Instruments



Bae anglais



ATR 42 français

1.1. Mesures avion

L'équipement obligatoire à bord...



L'outil fondamental !



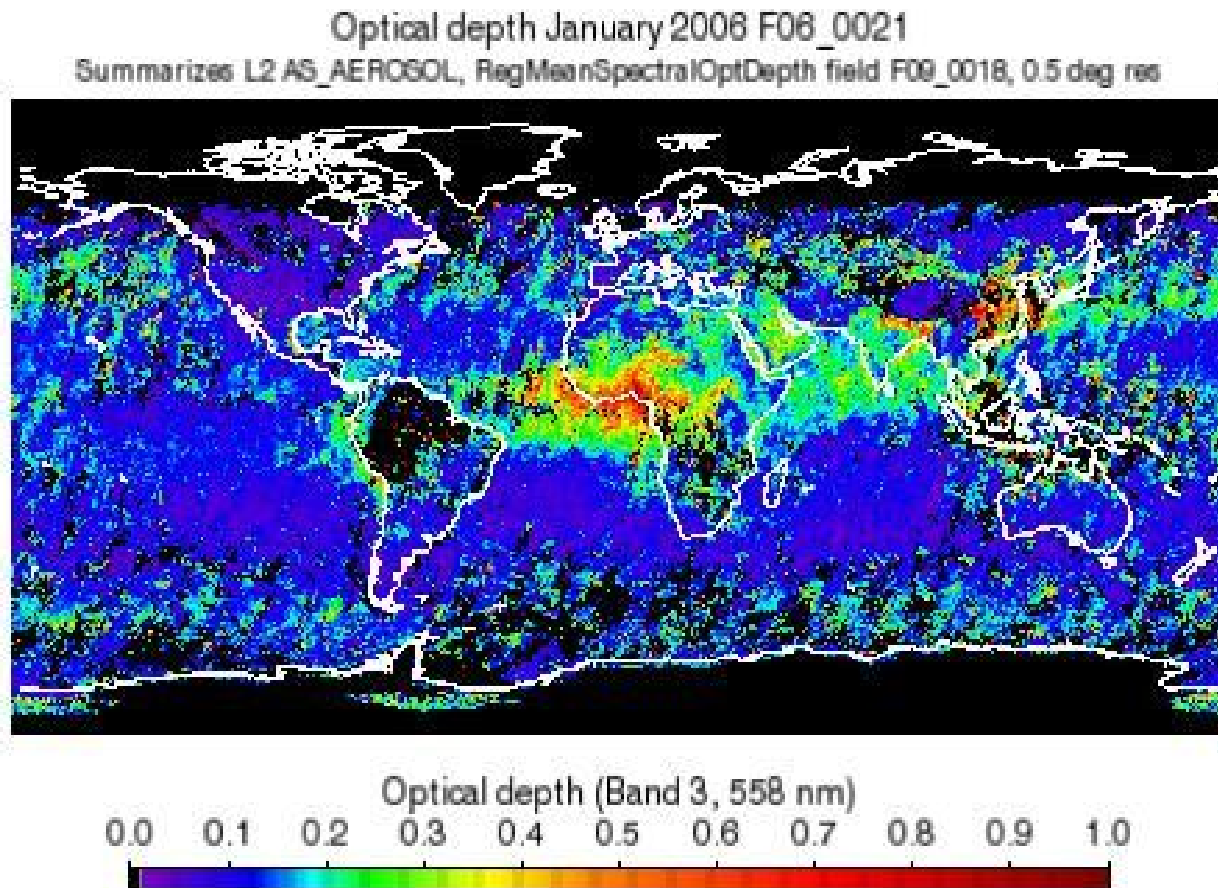


Action	Acteurs
Maintenance des instruments scientifiques	Observateurs / Scientifiques
Maintenance de l'avion	Ingénieur aéronautiques
Proposition scientifiques d'utilisation de l'avion de recherche	Scientifiques
Logistique de campagne / Autorisation de vol / Plans de vol	Opérateurs aéronautiques / Pilotes / Scientifiques / Observateurs
Plans de vol	Pilotes / Scientifiques / Observateurs / Opérateurs aéronautiques
Vol	Pilotes / Personnel de bord / Scientifiques / Observateurs / Ingénieurs aéronautiques / Opérateurs aéronautiques
Validation des données scientifiques	Observateurs / Scientifiques
Interprétation et publication des données scientifiques	Scientifiques

1.1. Mesures avion: Exemple de campagne

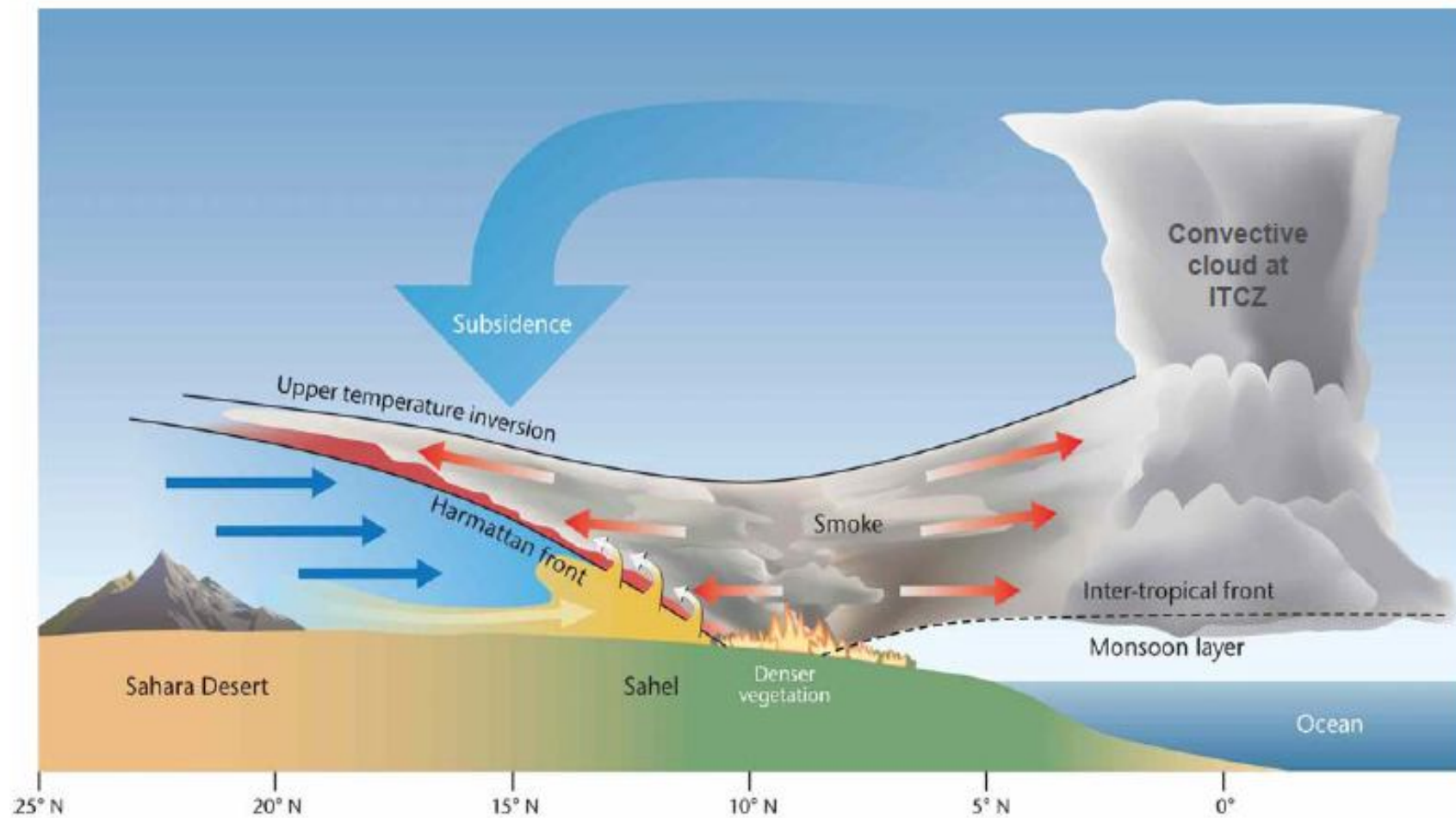
Cas de la campagne DABEX (Dust and Biomass Burning Experiment) en janvier 2006

But: Caractériser les propriétés physico-chimiques de particules désertiques en mélange avec les particules de feux de biomasse pour estimer leur impact radiatif



1.1. Mesures avion: Exemple de campagne

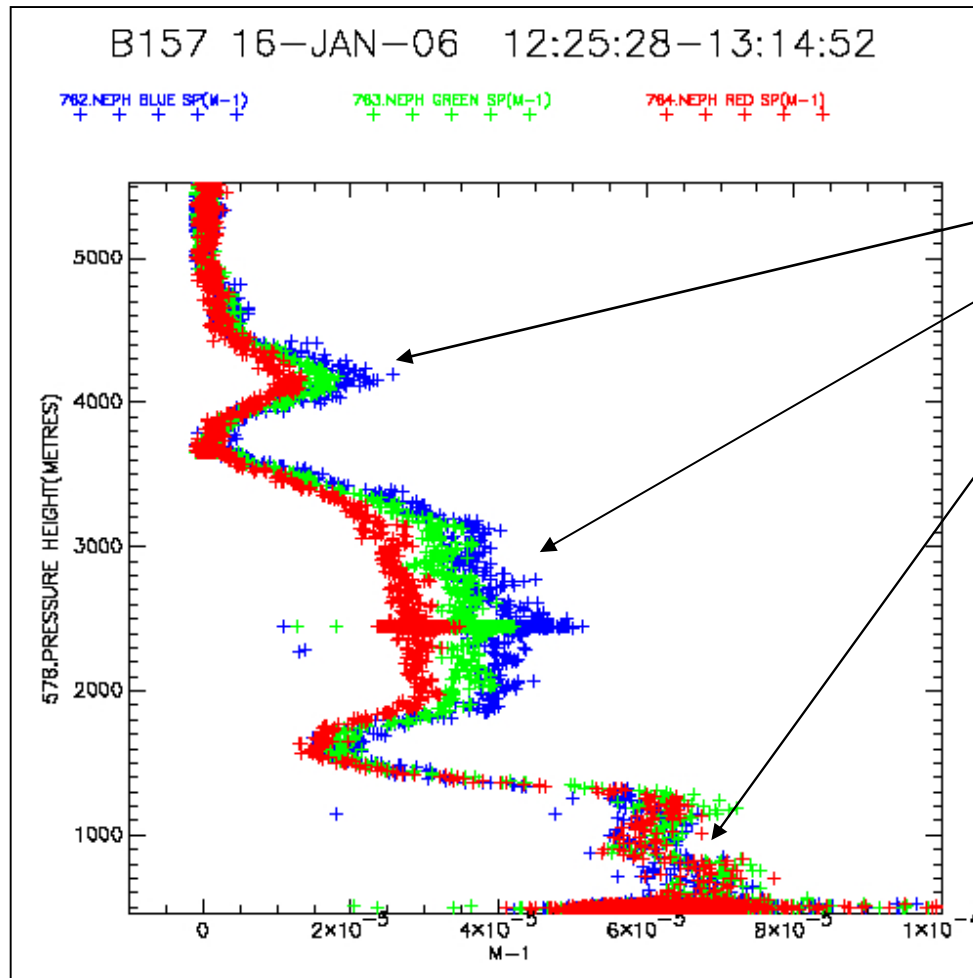
Situation en Afrique de l'Ouest en janvier



Nécessité d'une campagne aéroportée pour atteindre les couches d'aérosols

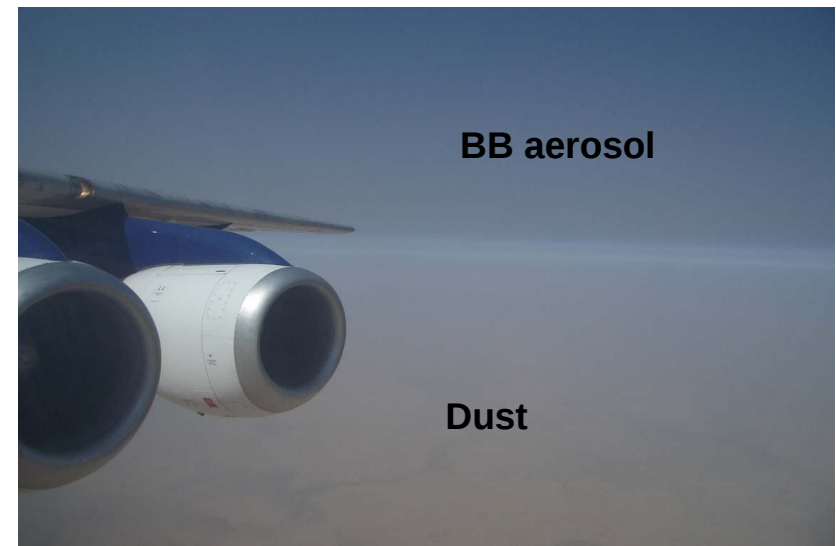
1.1. Mesures avion: DABEX

A la différence des satellites, information 3-D avec les avions de recherche



Les particules de combustion

Les particules minérales



1.1. Mesures avion: DABEX

Instrumentation et analyse

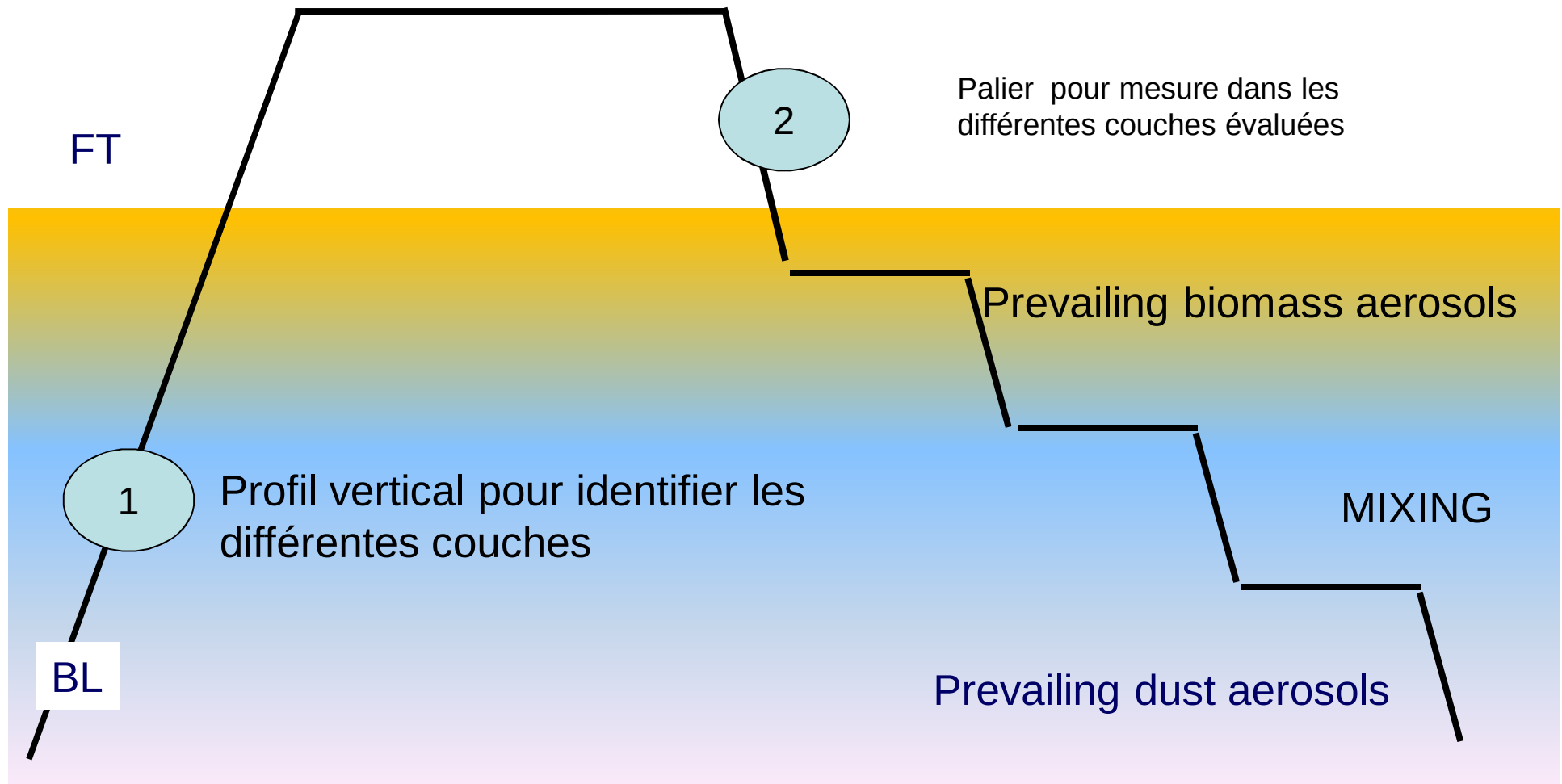
Property	Technique
Size distribution of Nucleation mode particles (4 – 20 nm)	Multi-channel Condensation Particle Counter
Size distribution of Aitken mode particles (20 – 100 nm)	Airborne Differential Mobility Analyzer
Size distribution of Accumulation mode particles (100 – 1000 nm)	PCASP 100X
Size distribution of dust particles (1 – 100 μm)	FSSP100/300
Volatility analysis of Nucleation and Aitken mode particles	Thermodenuder equipped with Multi-channel Condensation Particle Counter and OPC
Multi-spectral aerosol absorption coefficient	3 λ Particle Soot Absorption Photometer
Multispectral scattering coefficient	3- λ nephelometer

Composition élémentaire	Impacteur (SFX)
Fraction carbonée	Impacteur (BC/OC)
Composition chimique fraction fine	AMS
Microscopie	Filtres Nuclepore (0.8 μm)
Fraction soluble	Filtres Nuclepore (0.8 μm)
Analyses gaz	O ₃ , CO, NO _x

1.1. Mesures avion: DABEX

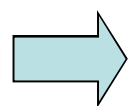
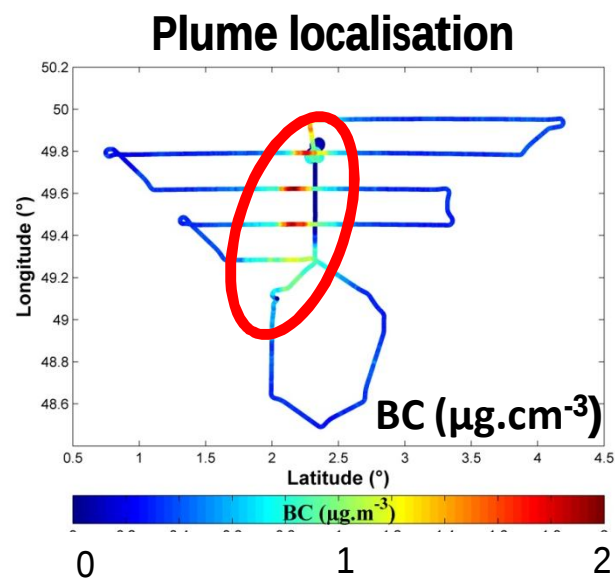
Obligation de poser des plans de vol « type » +/- modifiables selon les zones de survol

Vol type pour une étude atmosphère stratifiée

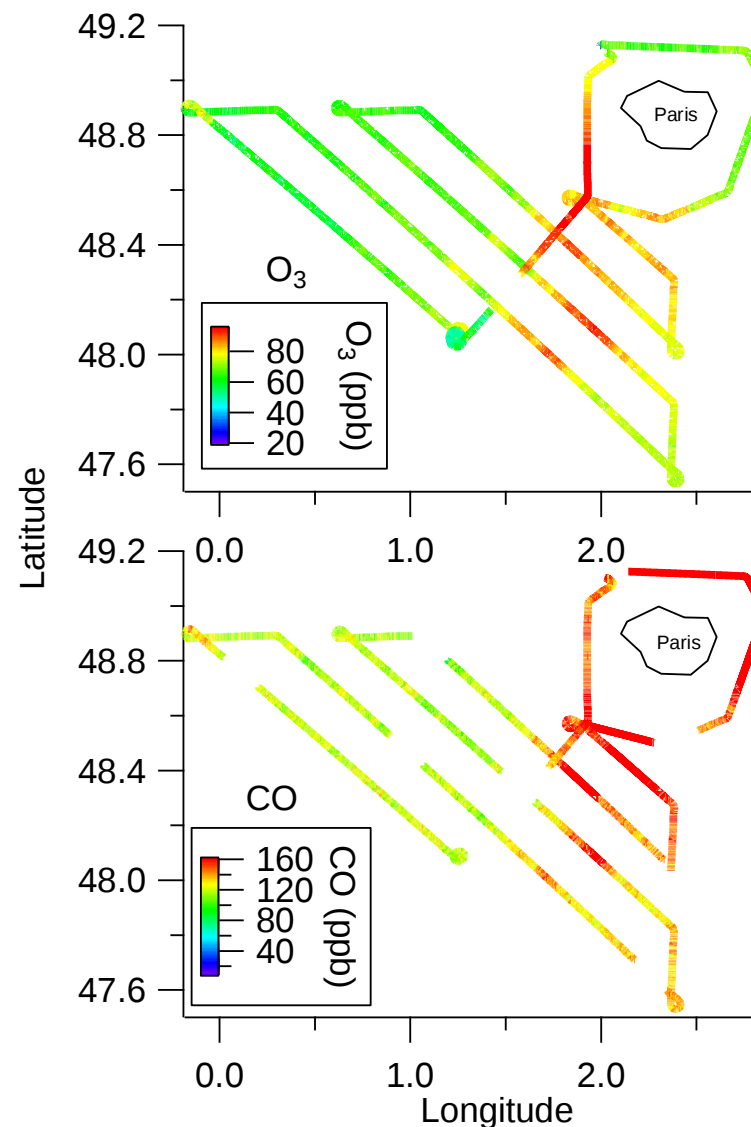


(1.1. Mesures avion: plans de vol)

Plan de vol type de l'étude d'une masse d'air délimitée



Pour établir plan de vol nécessité d'utiliser des outils de prévision!



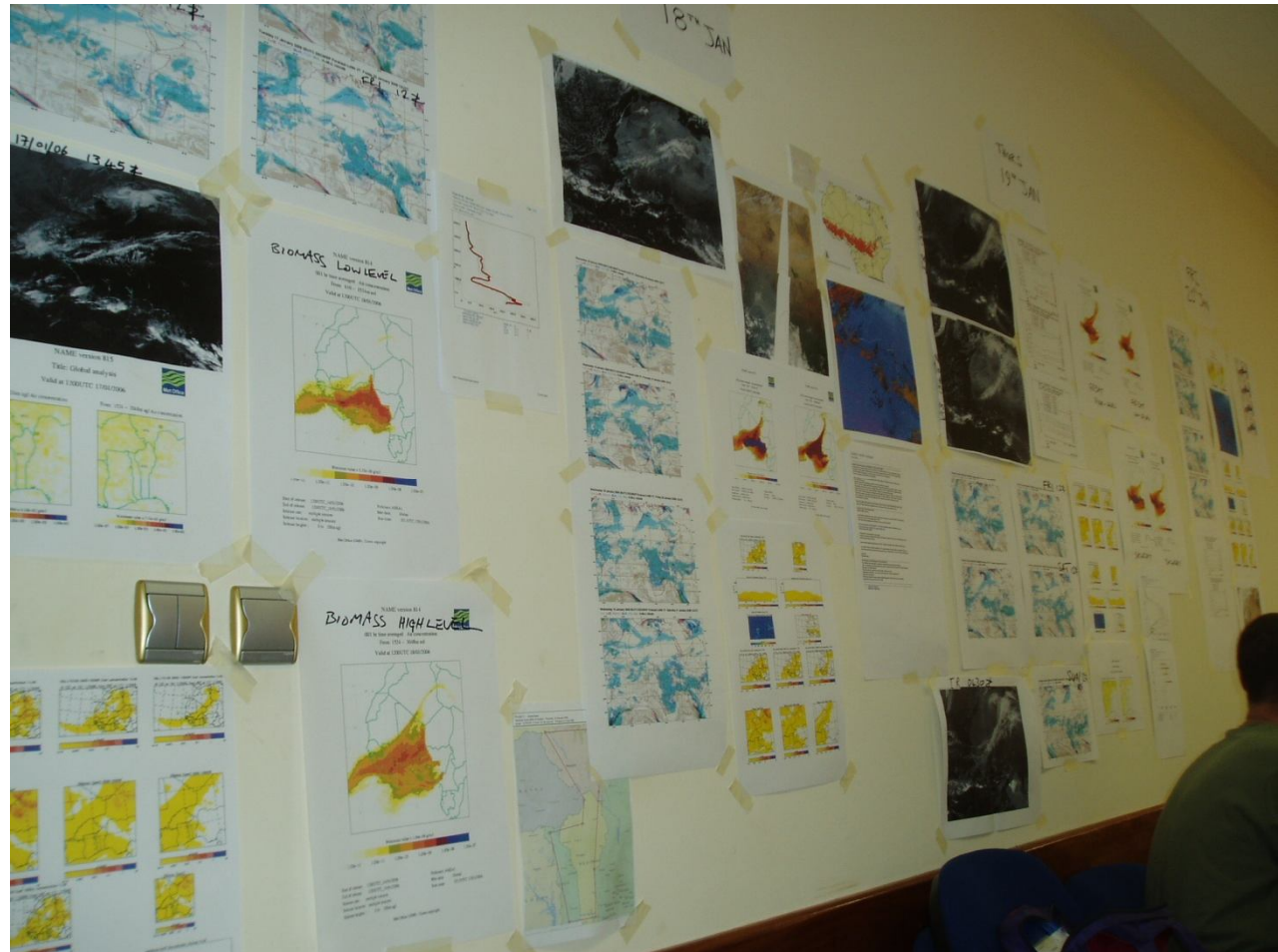
Journée type DABEX

Heure UTC	Action	Lieu
0500	Le chargé de mission accède aux outils de prévision les plus actualisés afin de prendre la décision finale sur le vol du jour (GO/NOGO)	QG
0600	Départ du bus pour l'aéroport	
0700	Le chargé de mission réunit les observateurs et le personnel de bord pour leur communiquer les dernières décisions et le plan de vol	Aéroport
0900	Décollage	
1030	<i>Passage satellite TERRA</i>	
1330	<i>Passage satellite AQUA</i>	
~ 1430	Atterrissage	
1500	Départ du bus pour l'hôtel	
1530-1630	Le chargé de mission accède aux outils de prévision les plus actualisés pour préparer un plan de vol	QG
1630	Réunion plénière de "debriefing" du dernier vol et préparation au prochain	QG

1.1. Mesures avion: DABEX

Les outils de prévisions:

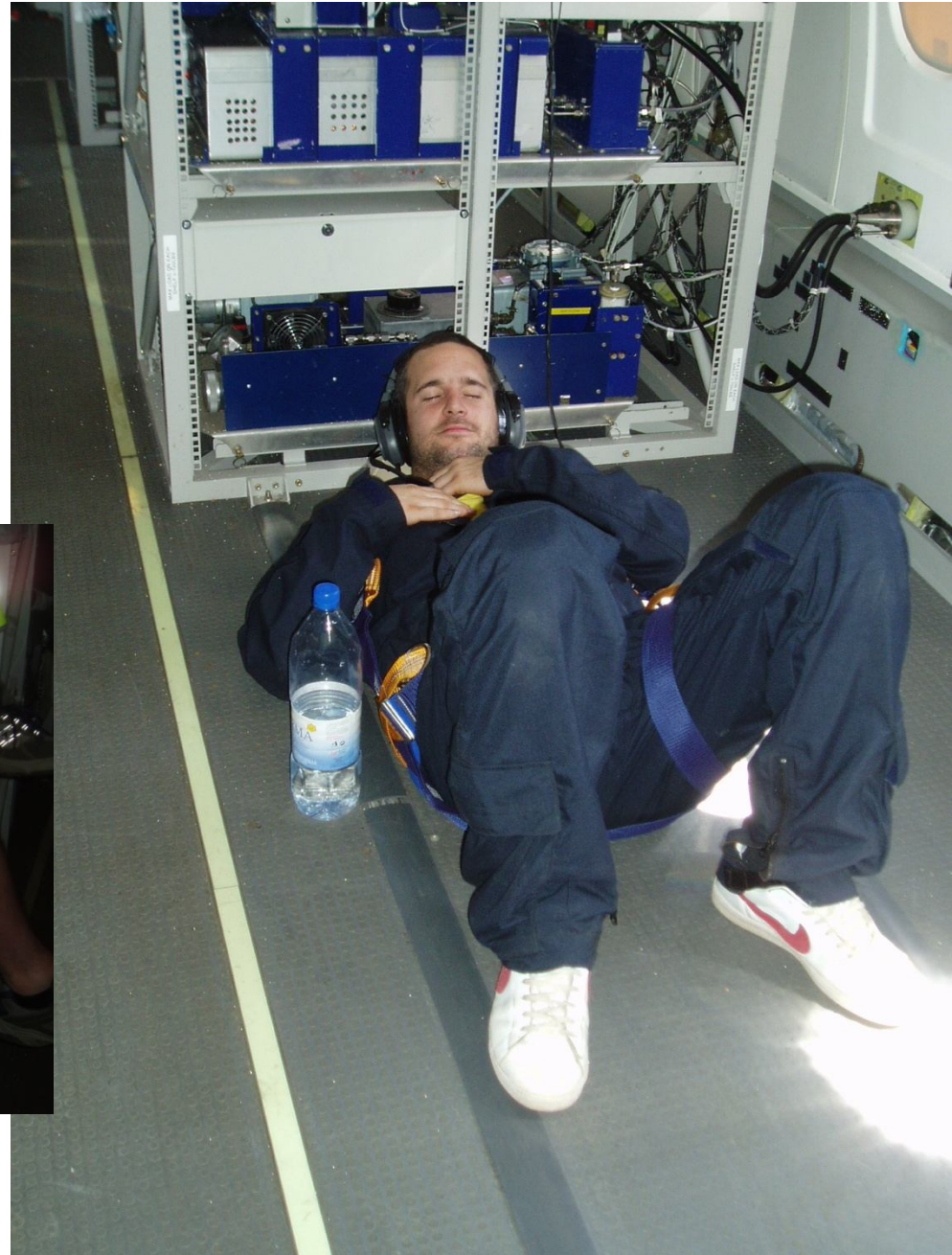
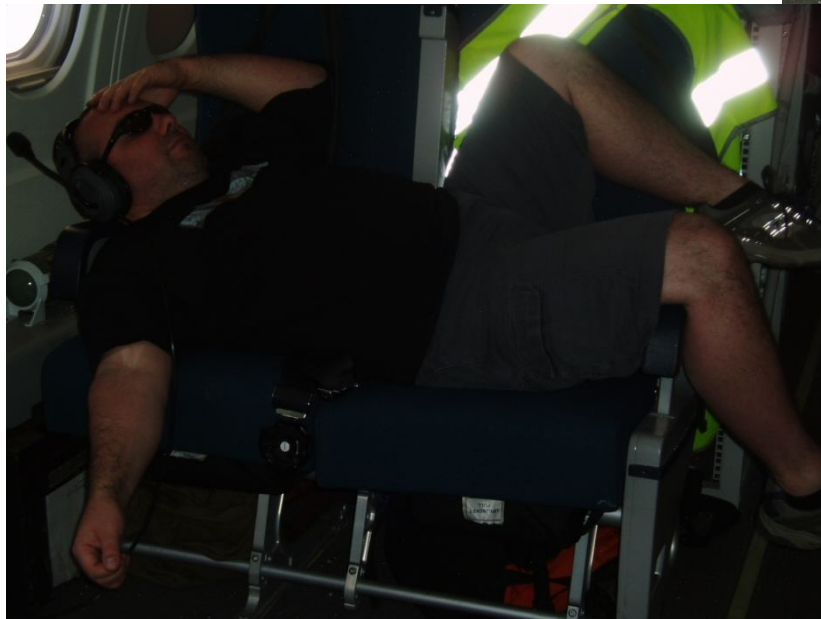
- Données Satellites
- Données d'observatoires (AERONET, radar..)
- Prévisions en temps réel météo + composition atmosphérique



Réunion plénière de "debriefing" du dernier vol et préparation au prochain

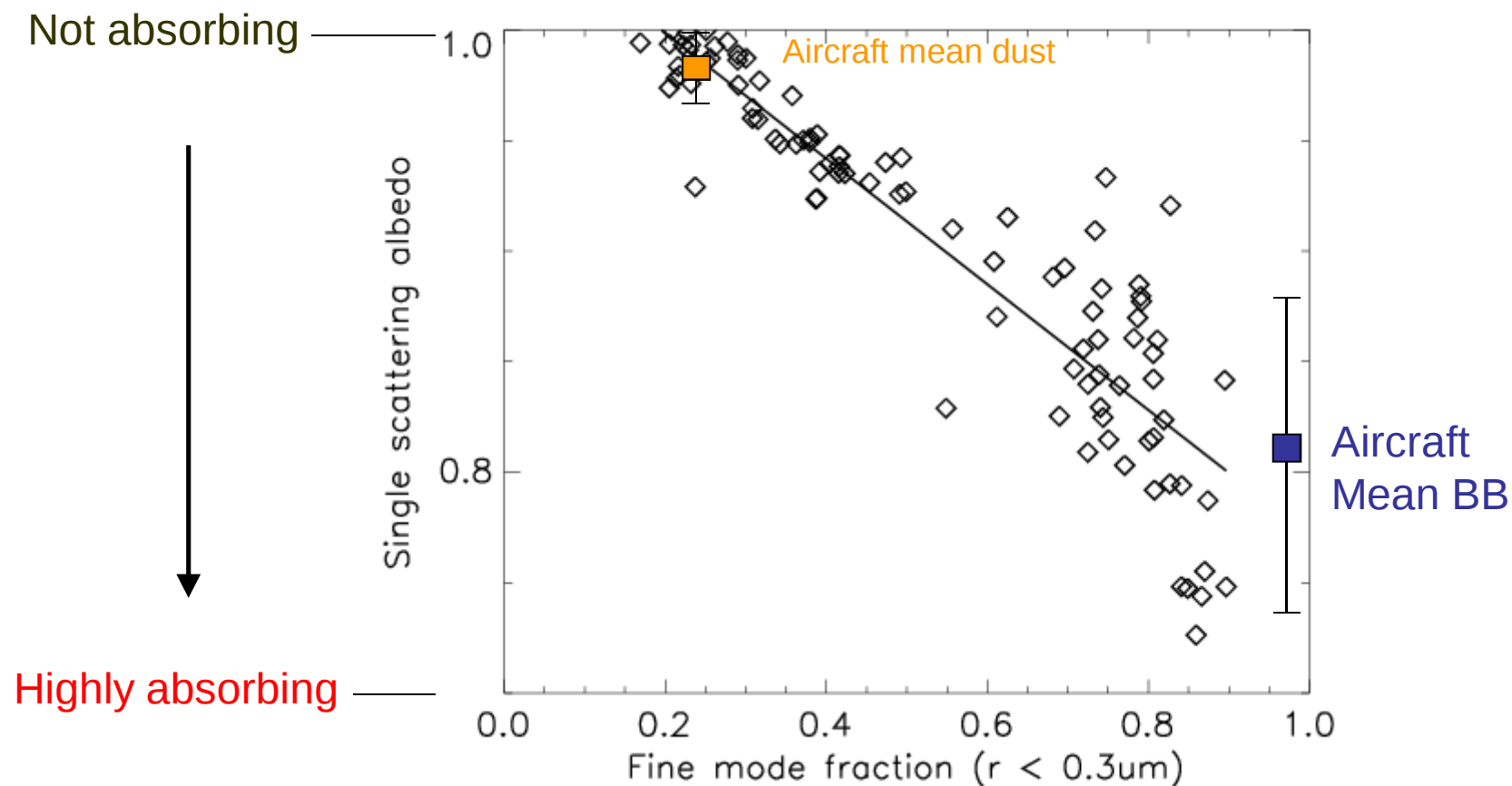


L'activité à bord se déroule donc de manière frénétique



1.1. Mesures avion: DABEX

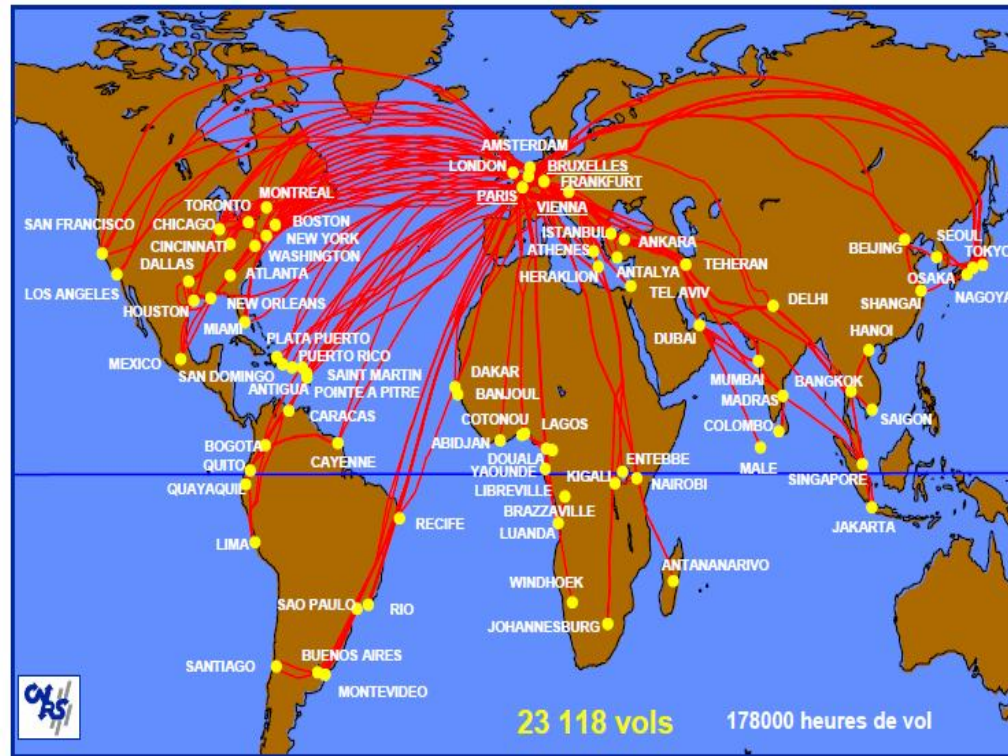
Résultats sur l'absorption dans le visible



➡ Les poussières désertiques ne sont pas absorbantes dans le visible à la différence des particules de feux de biomasse

1.1. Mesures aéroportées: Observatoire

Coverage of MOZAIC flights : % in main directions (September 1994 - June 2004)

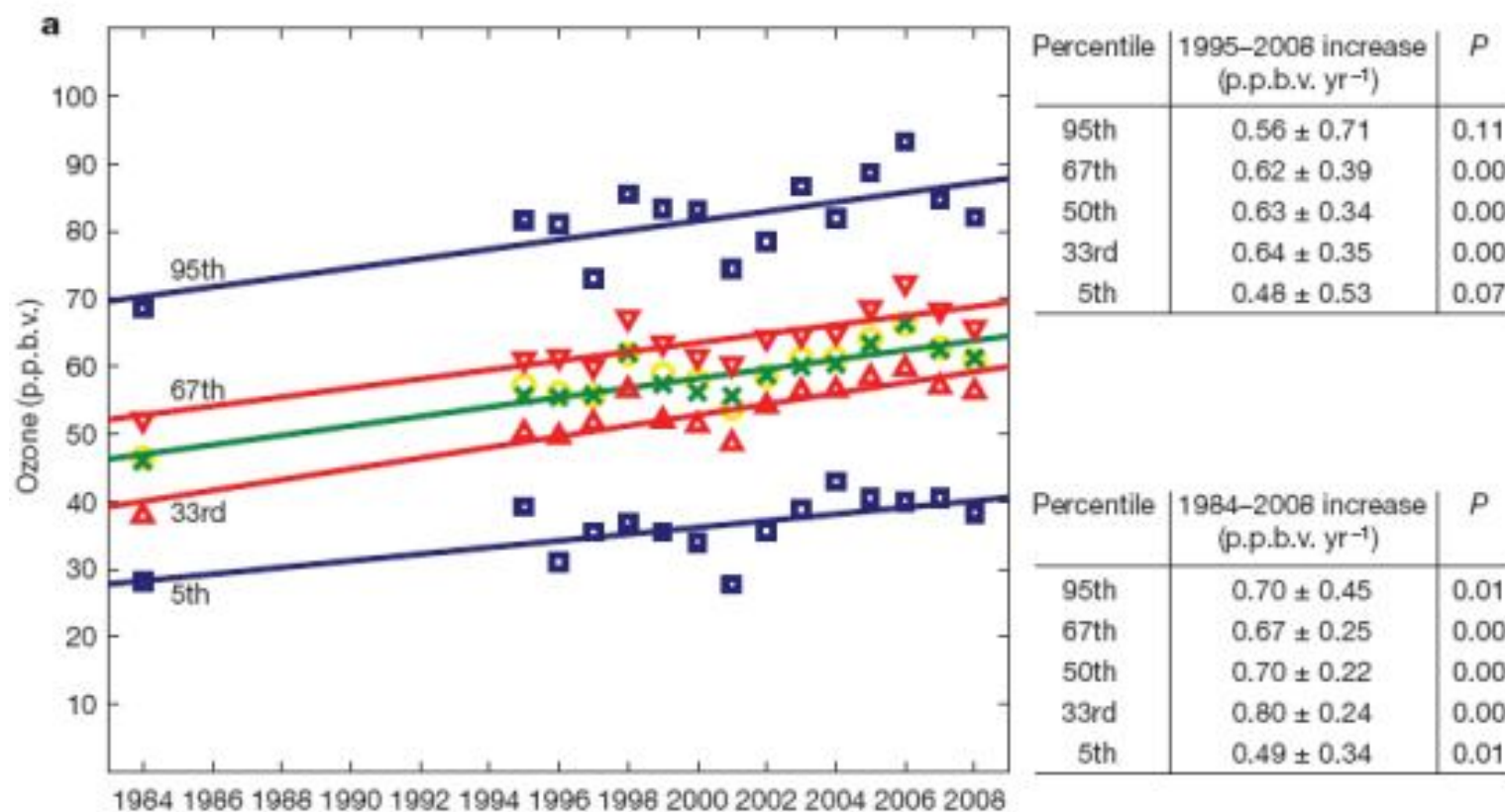


Réseau MOZAIC
(Measurement of Ozone, by
Airbus in-service airCRAFT)



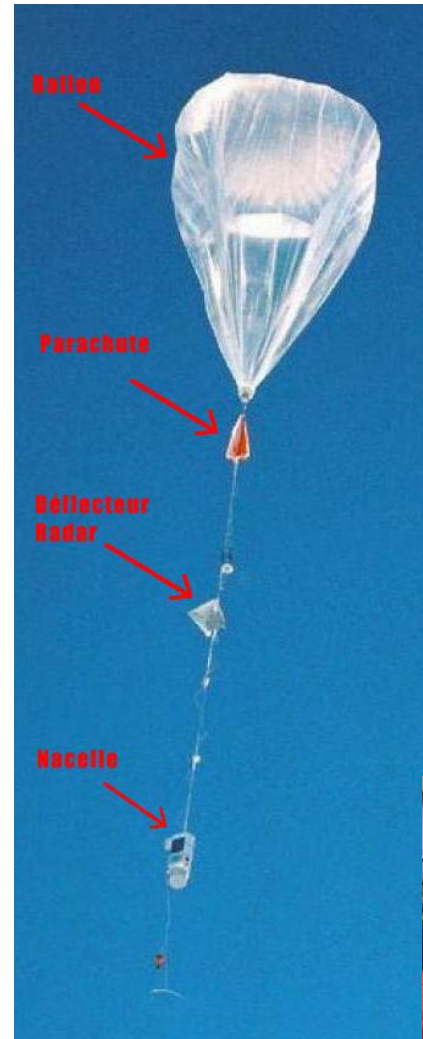
1.1. Mesures aéroportées: Observatoire

Exemples de résultats MOZAIC:



1.2. Mesures ballons: les stratosphériques

- Aérostats
- Altitude jusqu'à 35-40 km
- Remplissage à l'Helium (1million de m³)
- Charge utile (1-2t):
 - Instruments scientifiques
 - Instruments pour guider et suivre le ballon
- Vol sur plusieurs mois
- Suivi:
 - de la vapeur d'eau, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de carbone contenus dans la stratosphère
 - le champ électrique atmosphérique.



Dépliage du ballon



Clapet supérieur

1.2. Mesures ballons en couche limite

- Ballons Pressurisés de Couche Limite (BPCL)
- Choix de l'altitude en fonction de la pression appliquée dans le ballon (volume constant)
- Remplissage à l'Helium
- Charge utile (~1kg):
 - Instruments scientifiques
 - Instruments pour guider et suivre le ballon
- Vol sur 3-4 semaines
- Suivi:
 - des paramètres météorologiques
 - du bilan radiatif



Capteur d'humidité



Nacelle

2. Mesures sol

Les différents type de plateformes:



Observatoire du pic du midi

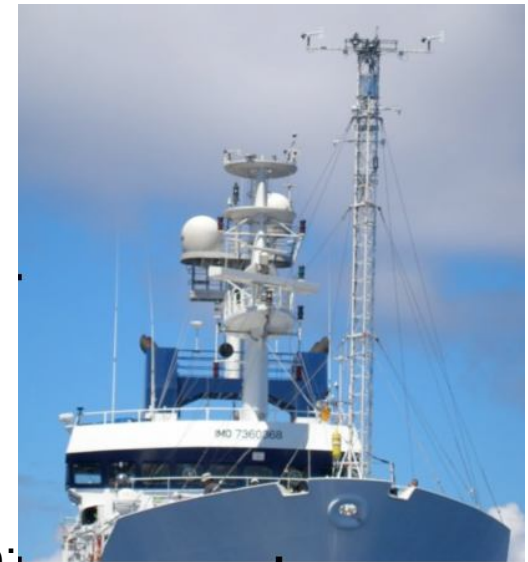
Station de mesure ARM
« portable »



Station Mobile continentale



Installation marine



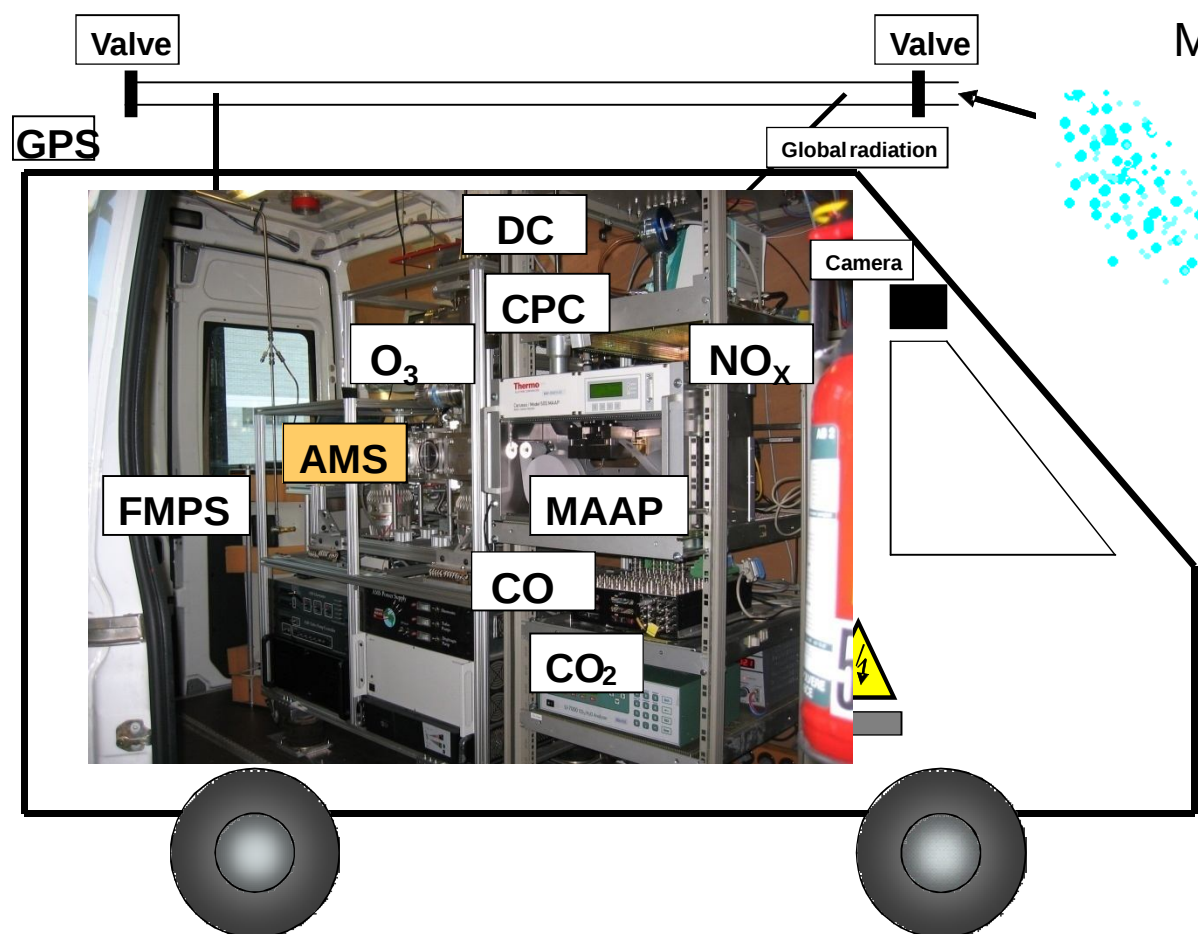
➡ Enjeu : Représentativité spatiale de la station de mesure:
prélèvement sans influence locale

2. Mesures sol: Positionnement

Représentativité d'une mesure sol:

- Choix de la station éloignée de toute source locale (à moins qu'on veuille étudier la source!) = limitation de l'hétérogénéité spatiale
 - Prélèvement à au moins 2 m du sol (limitation des émissions par le sol et des interactions sol/atmosphère)
 - Positionnement par rapport aux vents dominants et aux principales sources d'émissions
 - Moins problématique pour les espèces à longues durées de vie
- Vérifier l'homogénéité de la masse d'air prélevée (comme avion):
 - Même type de tête de prélèvement (notamment pour les aérosols) ou veine de prélèvement multipiquage
 - Pas de perte après prélèvement (isocinétisme, dénuder, limitation des variations de températures..)

2. Mesures sol: prélèvements



Laboratoire mobile PSI

Mono-prélèvement



Multi-prélèvement



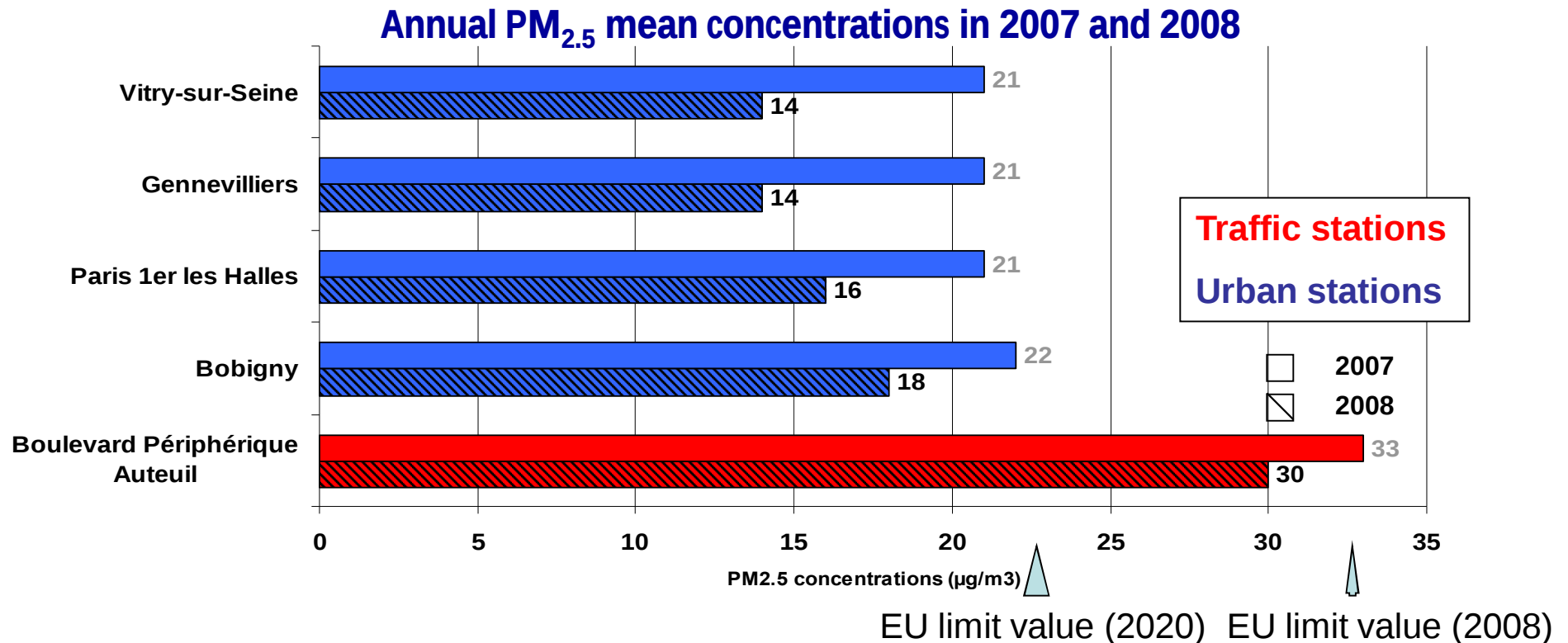
Station de mesure AtmoPACA

2. Mesures sol: Exemple de Campagne

Cas de la campagne MEGAPOLI en été 2009/hiver 2010

But: Caractériser l'impact d'une mégacité sur la qualité de l'air à l'échelle locale, régionale, et globale

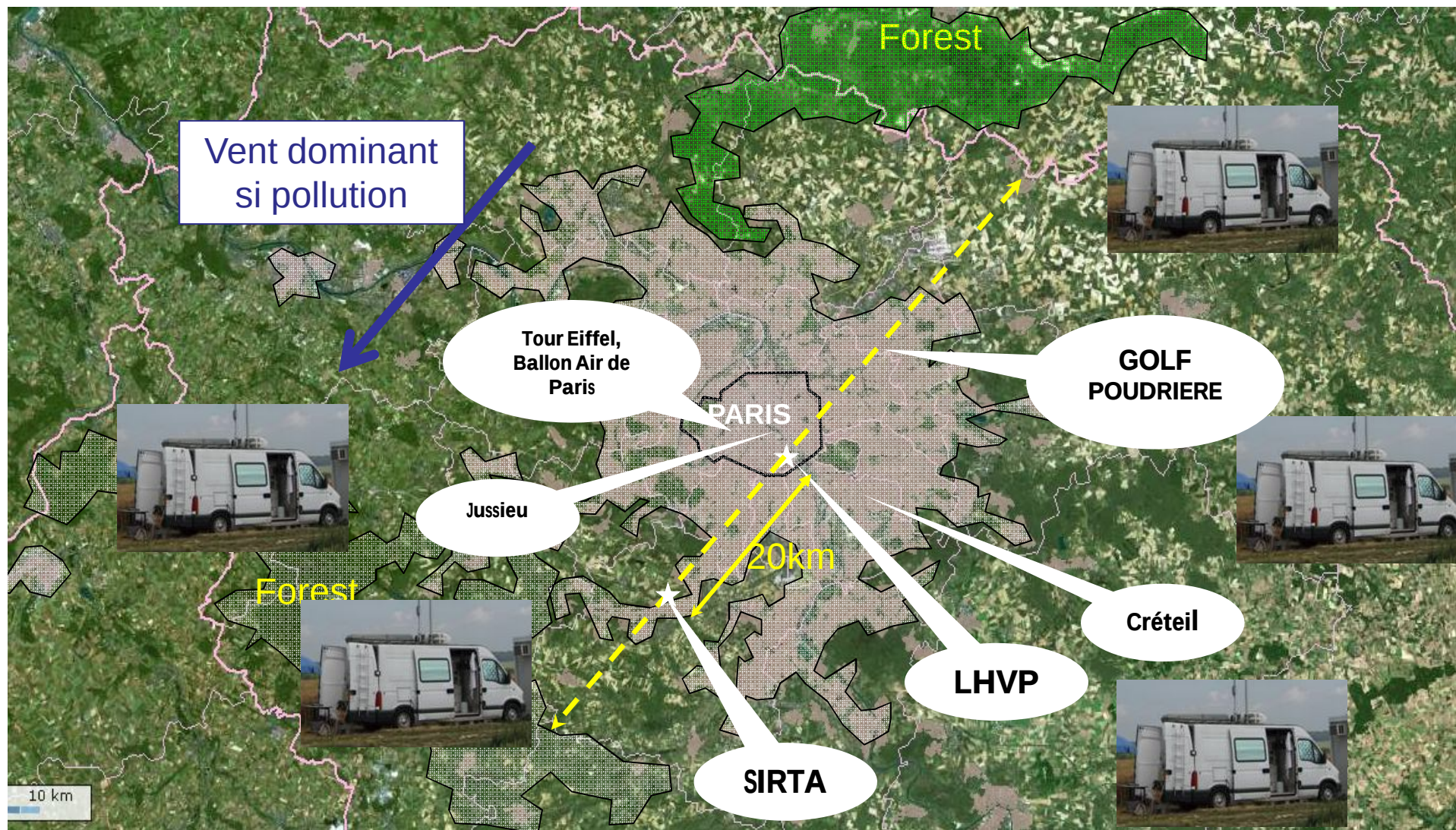
But campagne de terrain: documenter la variabilité de la pollution et quantifier les sources



2. Mesures sol: MEGAPOLI

Instrumentation

- In situ
 - Gases:
 - pollution tracers: CO, O₃, NO_x, NO_y,
aerosol precursors: (O)VOC (cartridges, PTR-MS....), H₂SO₄
radical budget : OH, HO₂, HONO, J's
 - Aerosol
 - mass, size and number
 - physical properties (volatility, optical, hygroscopicity)
 - chemical composition: OA components and individual species, BC, dust, ions, ...
 - rapid AMS, PILS, MAAP, ECOC
 - detailed (filters with ~100 individual compounds)
 - Dynamic (wind , T, turbulent fluxes, ...)
- Remote
 - spectroscopic -> gas columns (NO₂, HCHO, CO, O₃,)
 - Lidar (backscatter, partly multi-λ, polarized)
 - wind profiles (sodar, lidar)



3 primary sites

3 secondary sites

3 mobile labs

1 mobile lab => lidar measurements (CEA) **1 mobile lab** => MAXDOAS (MPI)

=> suite of *in situ* measurements / + meteo at SIRTA.

=> lidar and spectroscopic measurements / or in some situ

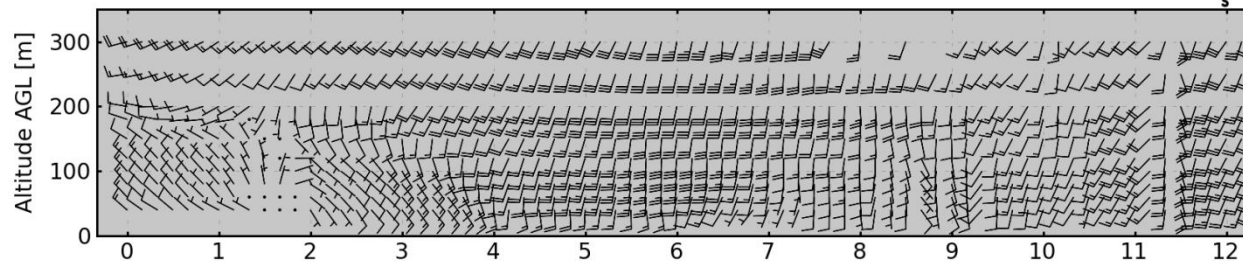
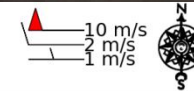
=> full in situ measurements (PSI + MPI) + Univ Duisburg

2. Mesures sol: MEGAPOLI

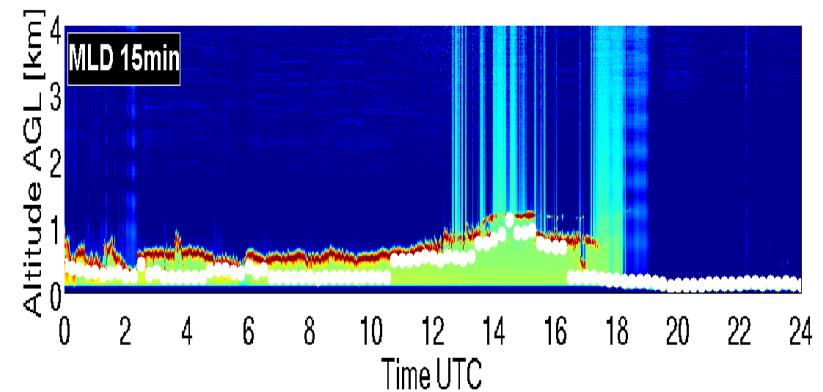
Site du SIRTa : observatoire



Wind field - SIRTa (48.7N, 2.2E)
Windcube lidar WLS7 - LEOSPHERE - 2009/07/29

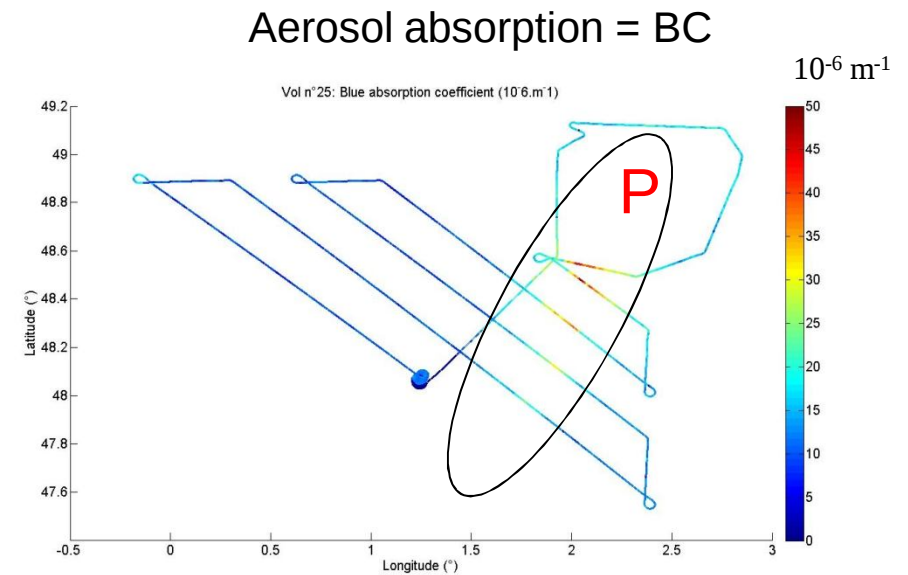
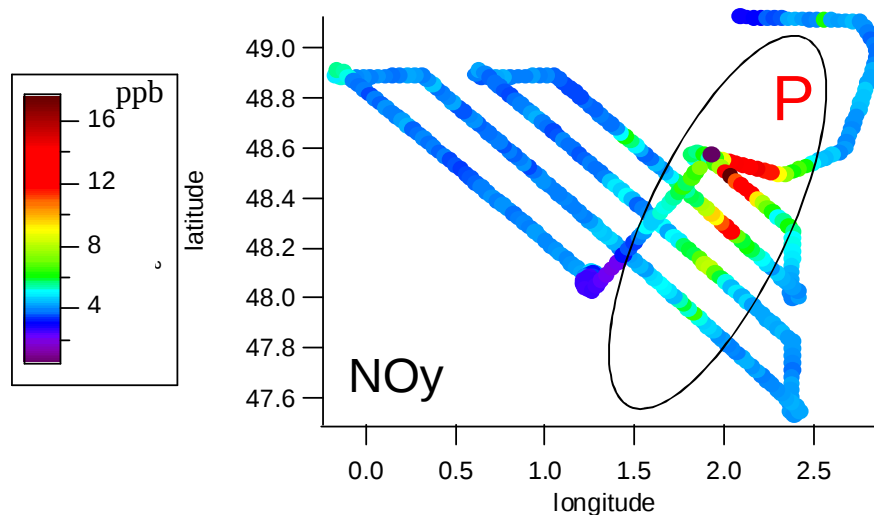
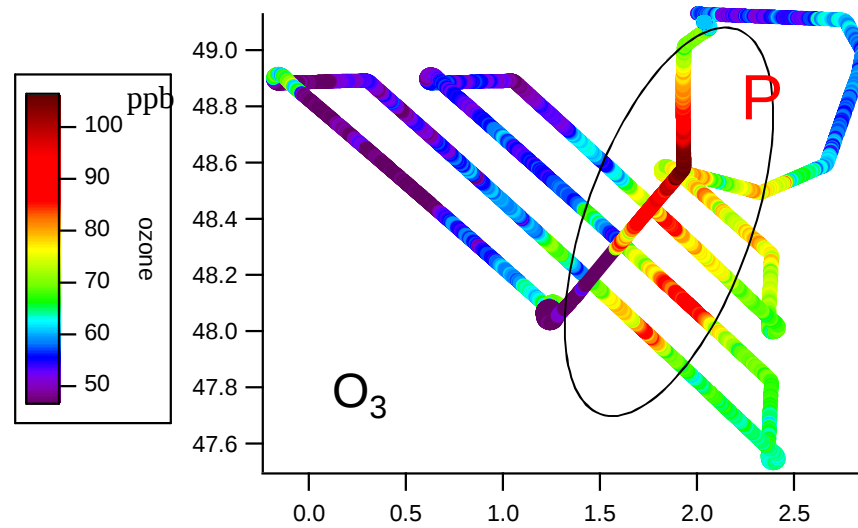


Mesures LIDAR permettent de vérifier où se trouve la pollution et si la couche limite est homogène



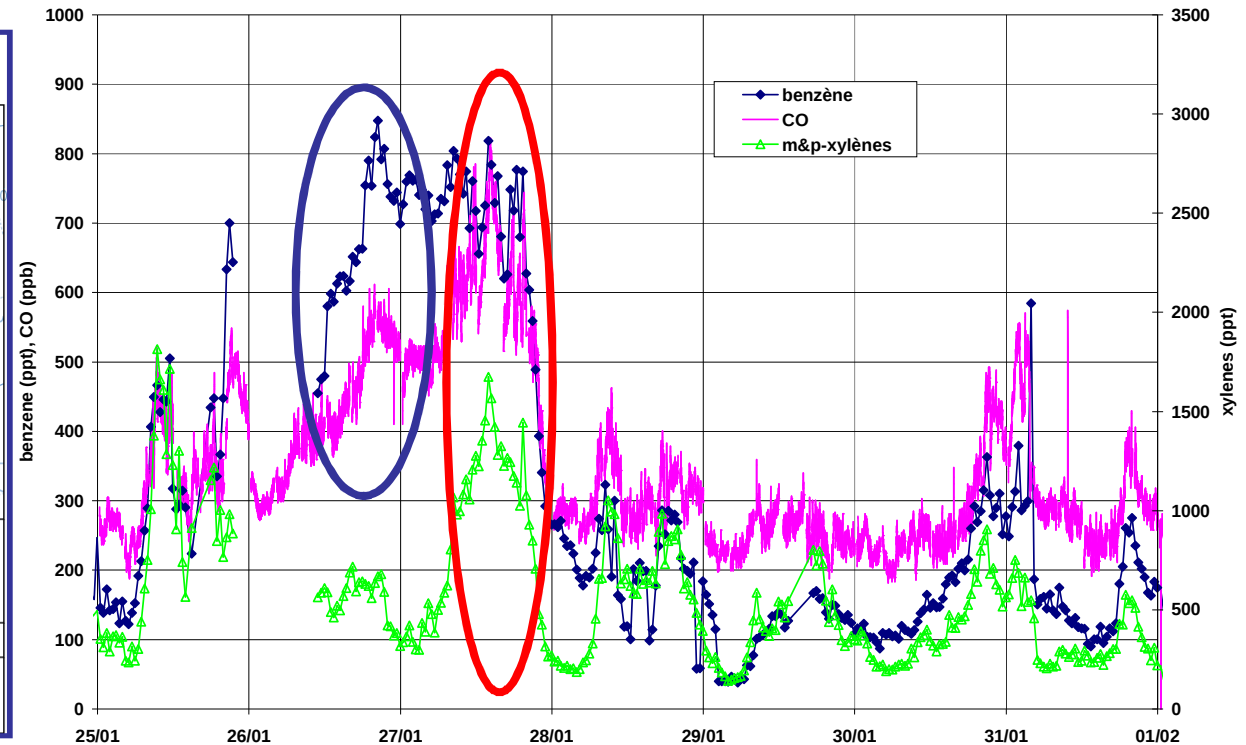
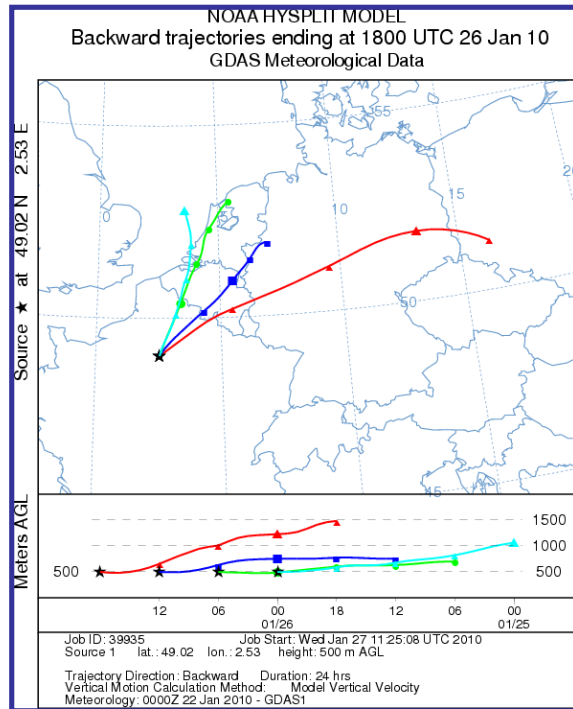
2. Mesures sol: MEGAPOLI

Campagne sol couplée avec mesures aéroportées : ATR 42 (Plans de vol fixés)



Avion n'est pas nécessaire pour atteindre les couches polluées mais utile pour délimiter la masse d'air polluée

2. Mesures sol: MEGAPOLI



Increase of long-lived compounds

Impact of continental pollution

Increase of long-lived and short-lived compounds

Impact of local / regional pollution

Courtesy V. Gros, LSCE

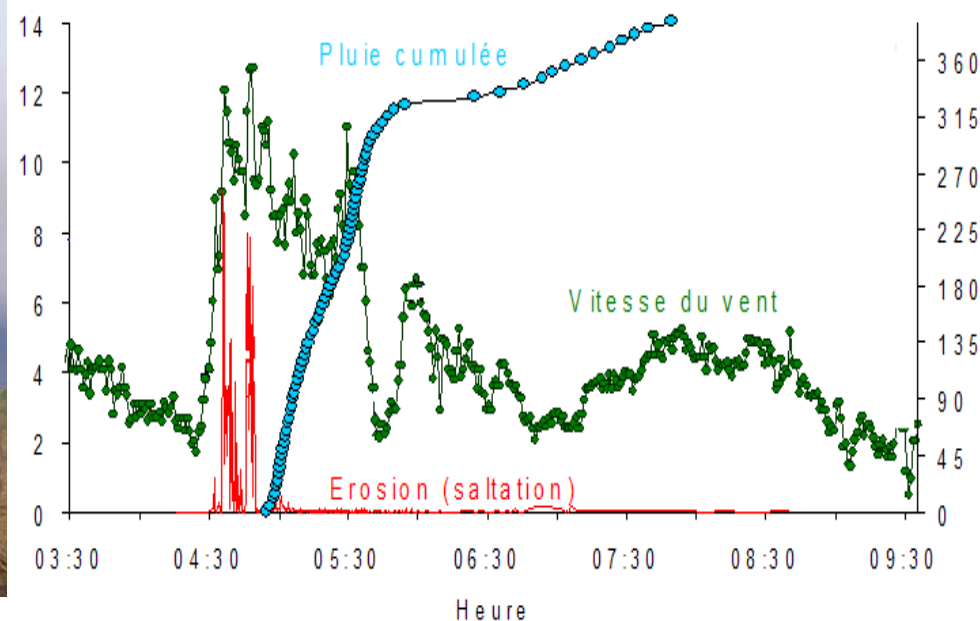
2. Mesures sol: Exemple de campagne

Cas de la campagne AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson africaine) en juin/juillet 2006

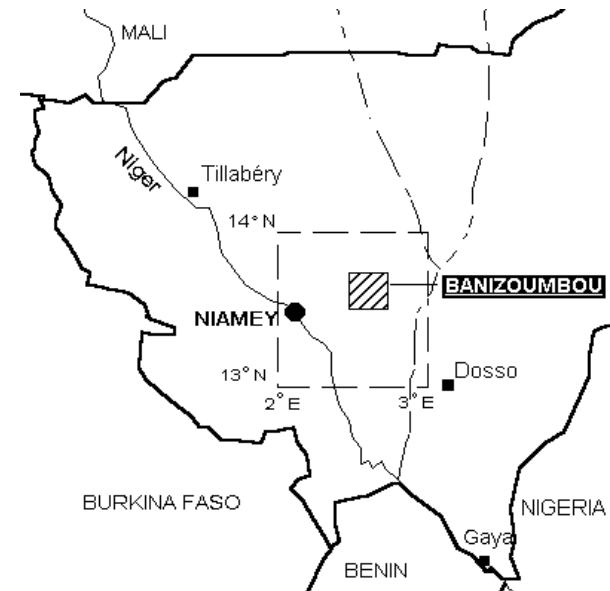
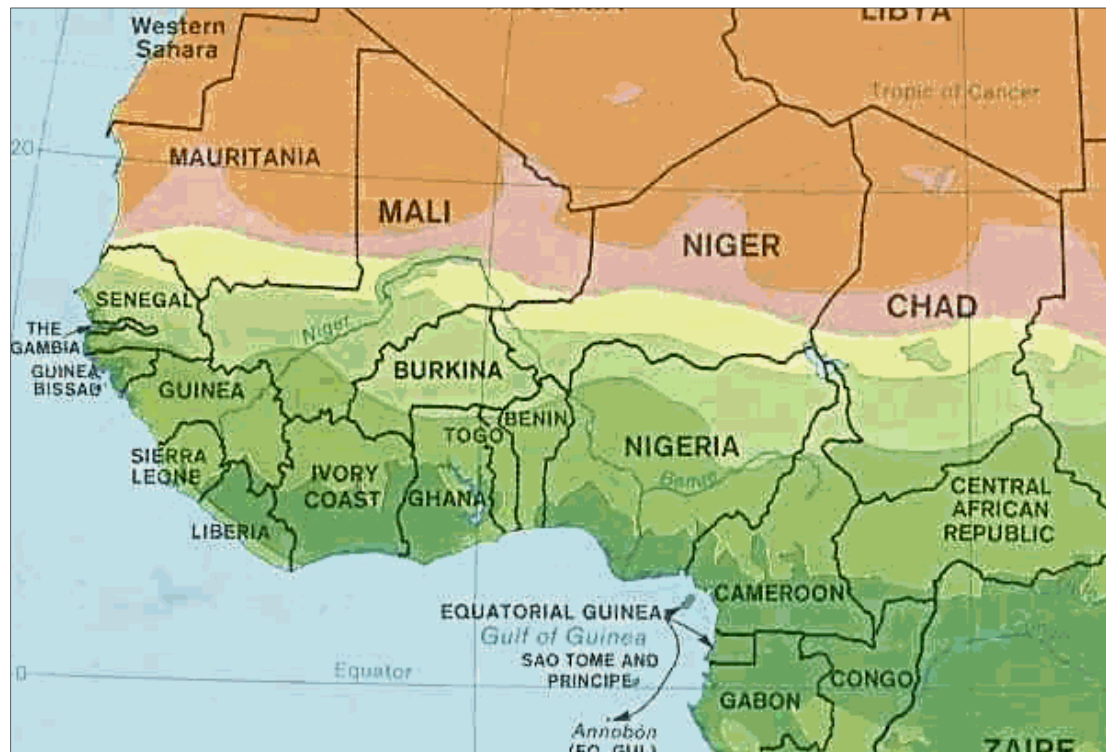


But: Etudier la formation et le développement de la mousson africaine et de ses impacts en zone Sahélienne

But de la campagne: Etudier comment un système convectif impacte la charge en aérosols atmosphériques et en conséquence le climat



2. Mesures sol: AMMA



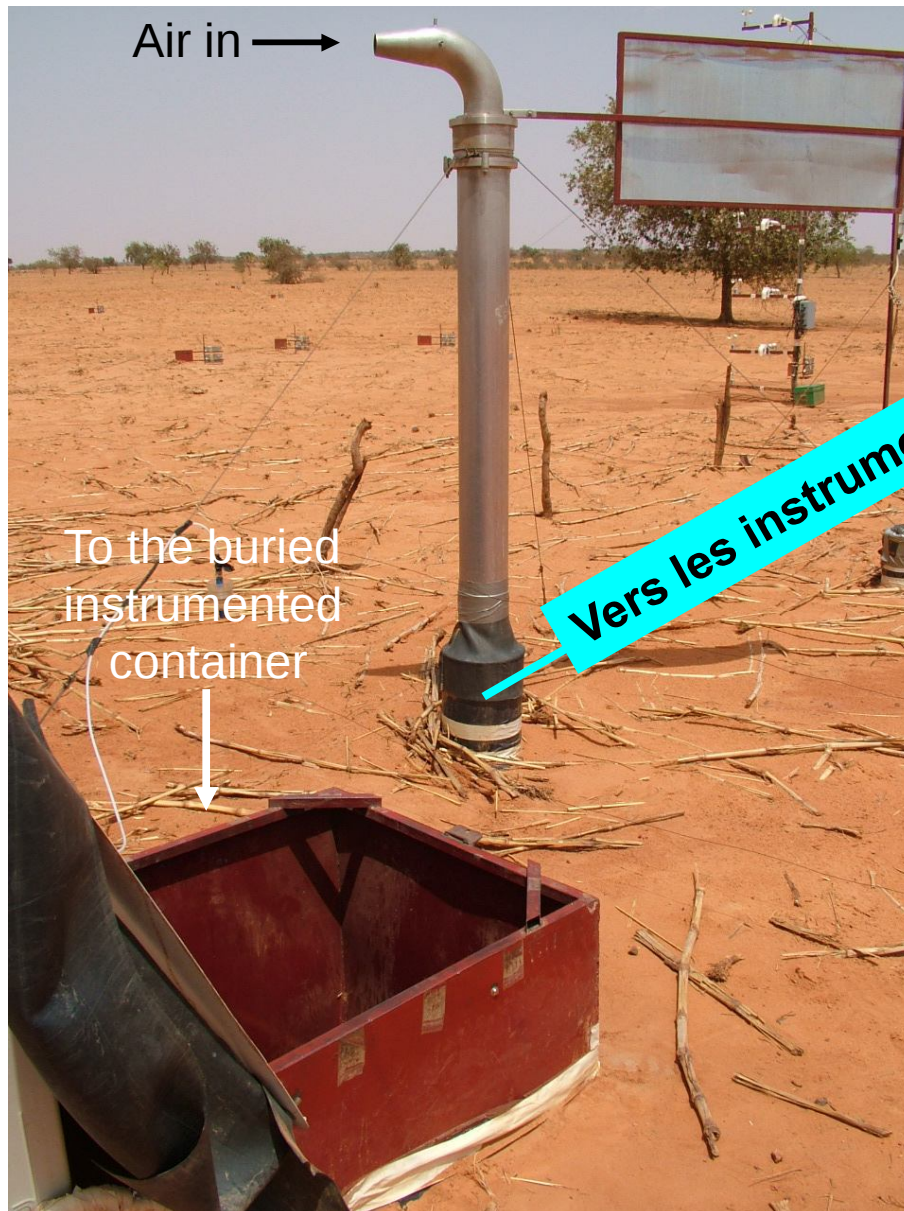
Positionnement du problème:

- Mesures avion impossible pendant un évènement
- Pas de structure existante au sol
- Difficulté d'emmener des plateformes mobiles dans la brousse

Banizoumbou: building



Sampling strategy (1 / 2)



Banizoumbou: Set-up



Banizoumbou: Set-up





Observational strategy of IOP1.2



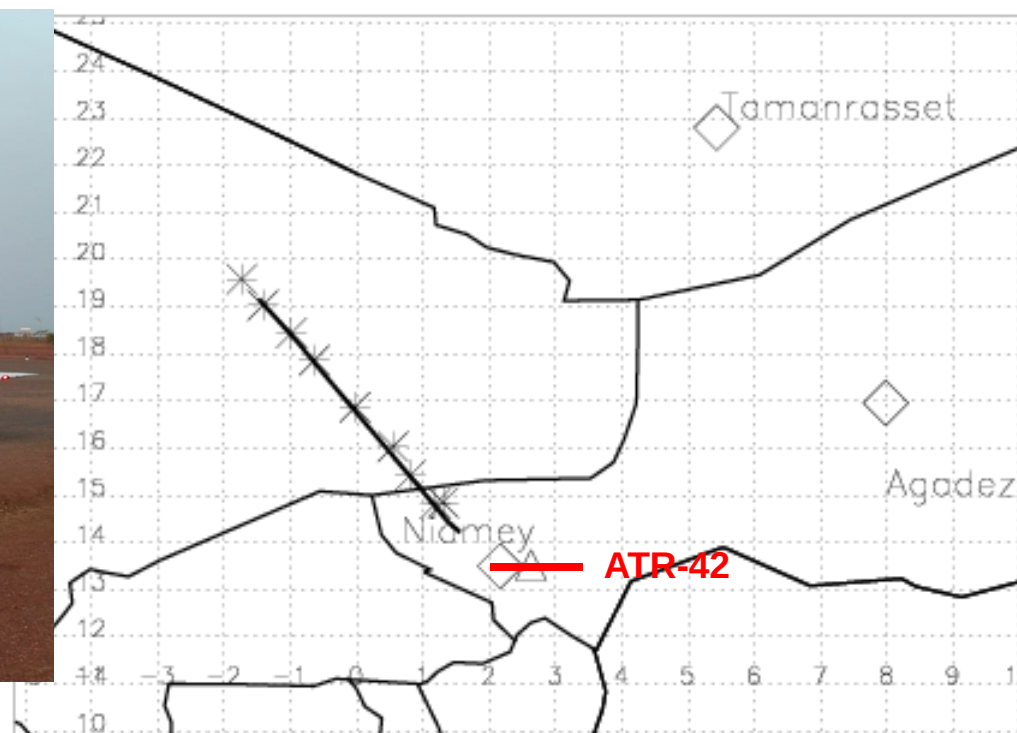
8 June 2006

lisa

INSU

IRD

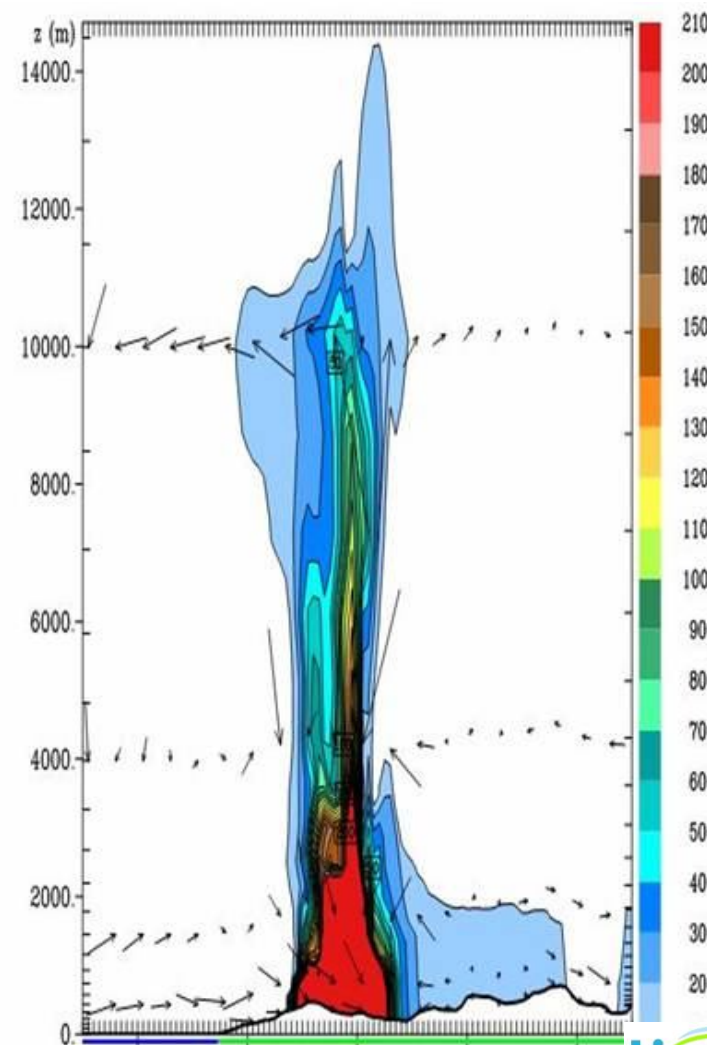
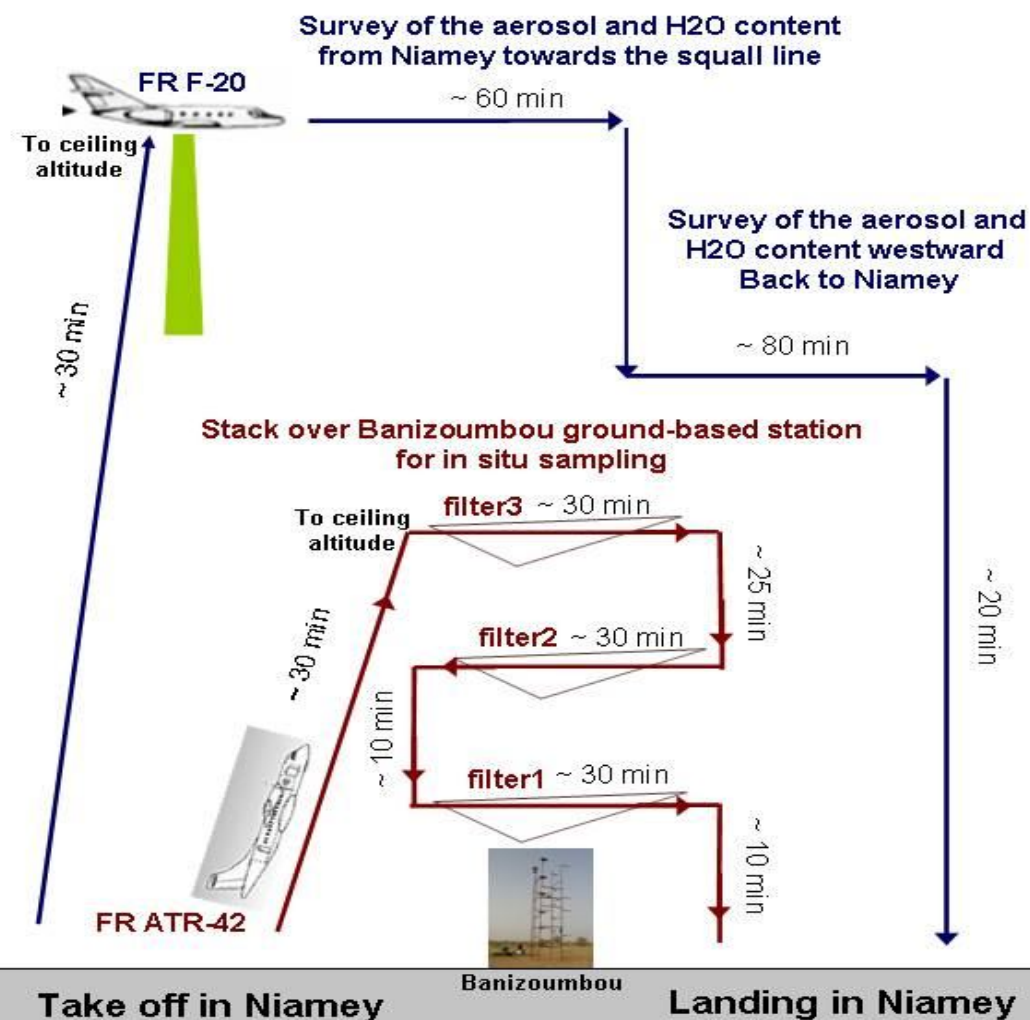
F20 ITD survey flight (IOP1.1), 05 June 2006





Observational strategy of IOP 1.2

Before and after a dust production episode due to a convective system

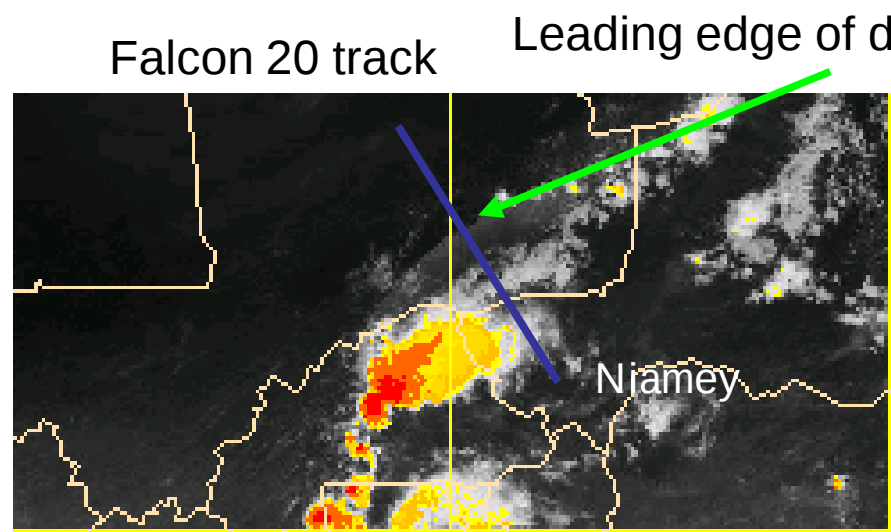
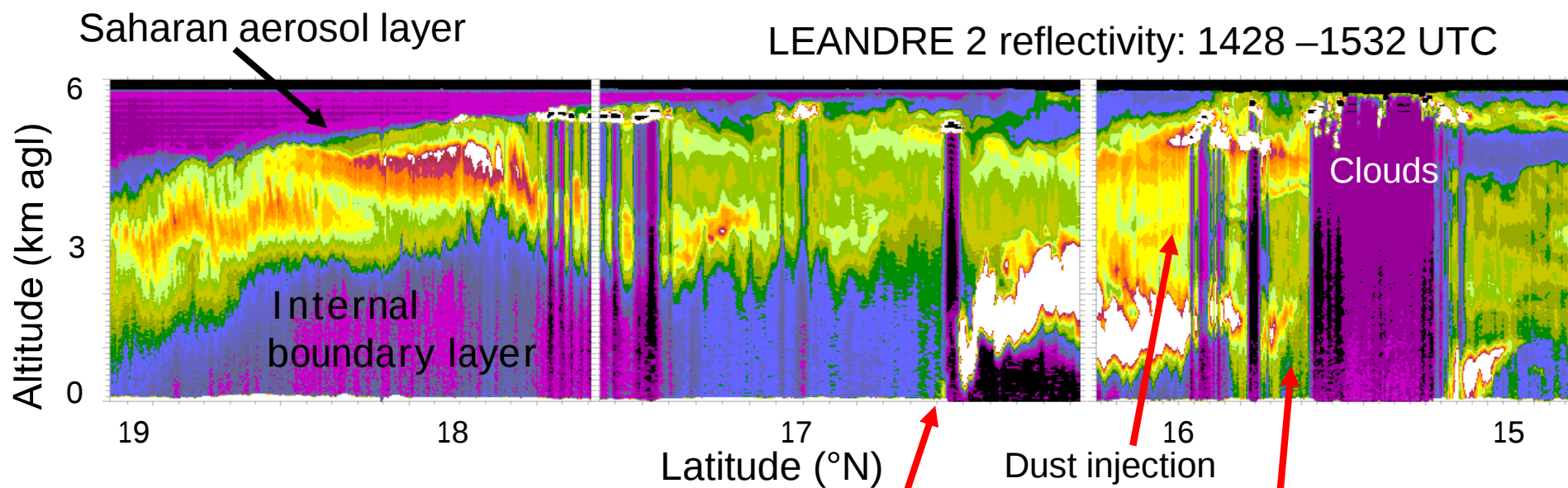


lisa

INSU

IRD

Inter-tropical discontinuity & Heat Low survey – 05 June 2006



MSG IR 10.8 μ 1500 UTC