



Site Instrumental de Recherche par Télédétection Atmosphérique

<http://sirta.ipsl.polytechnique.fr/>



La campagne de mesures ParisFog au SIRTA *Automne-hiver 2006, 2010, 2011, 2012*

26 Oct. 2010

JC. Dupont⁽¹⁾, M. Haeffelin⁽¹⁾, C. Boitel⁽²⁾, F. Lapouge⁽²⁾, Y. Morille⁽²⁾, C. Pietras⁽²⁾, B. Romand⁽²⁾, J. Delanoë⁽³⁾, JP Vinson⁽³⁾, D. Richard⁽⁴⁾, L. Musson-Genon⁽⁵⁾, E. Dupont⁽⁵⁾, Y. Lefranc⁽⁵⁾, J. Sciare⁽⁶⁾, R. Sarda-Esteve⁽⁶⁾, T. Elias⁽⁷⁾, F. Burnet⁽⁸⁾, T. Bourrienne⁽⁸⁾, P. Formenti⁽⁹⁾, D. Legain⁽¹⁰⁾, D. Tzanos⁽¹⁰⁾, F. Bernardin⁽¹¹⁾

(1) IPSL; (2) LMD/IPSL; (3) LATMOS; (4) IPGP; (5) CEEA; (6) LSCE;
(7) HYGEOS, (8) CNRM, (9) LISA, (10) GMEI 4M, (11) LRPC

1. ParisFog : objectifs scientifiques

- Physique nuageuse et spécificité du brouillard
- Interactions couplées
- Questions scientifiques

2. ParisFog : dispositif instrumental

- Zones d'observations et mesures pérennes
- Mesures spécifiques et complémentarité des mesures
- Perspectives 2012

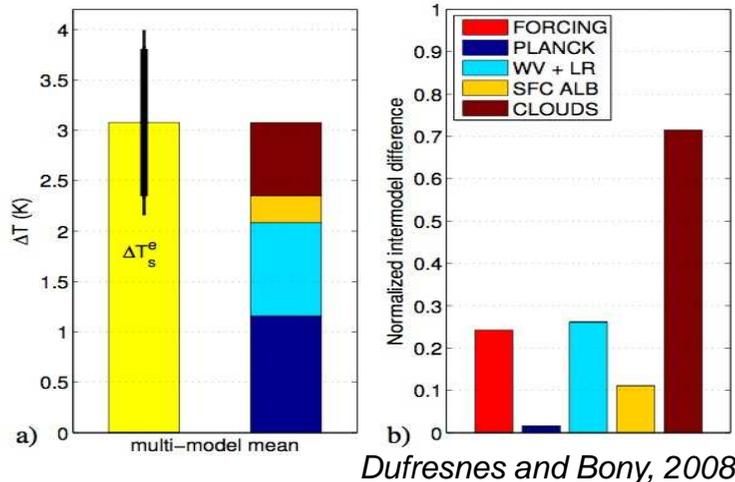
3. ParisFog : statistiques et inter-comparaisons

- Statistiques 2010-2012
- Etude de fermeture massique
- Mesures sol / télédétection

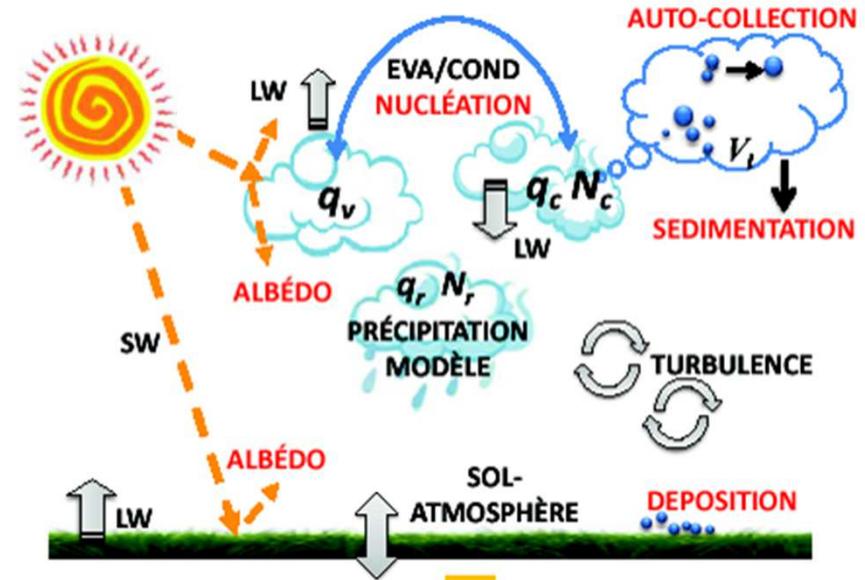
4. ParisFog : résultats scientifiques

- Processus pilotant la transition stratus-brouillard
- Processus conditionnant la formation du brouillard radiatif
- Processus d'hydratation et d'activation
- Processus contrôlant le développement vertical du brouillard

NUAGES = incertitude majeure des études de sensibilités lors d'un doublement de la concentration en CO₂.



NUAGES = siège d'interactions physico-chimiques couplées difficiles à modéliser

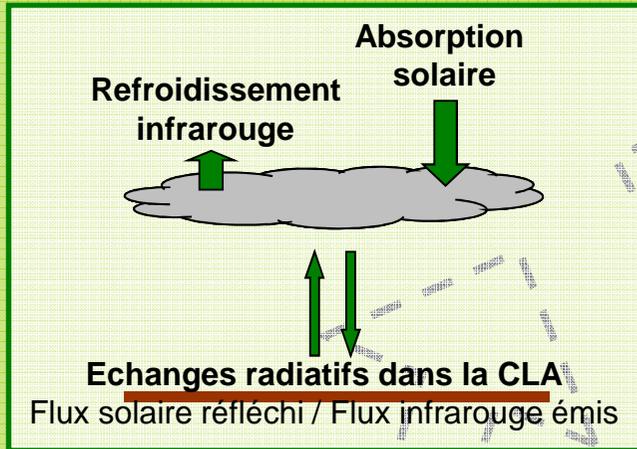


Le BROUILLARD

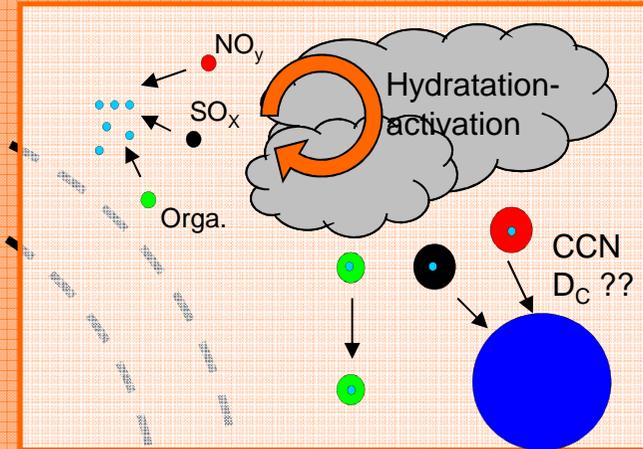
Pourquoi ?

Laboratoire sur les interactions aérosols-gouttelettes
Impact direct sur les transports (aérien, routier, naval, ferroviaire)
Impact sur la qualité de l'air

A. Radiatifs et thermiques

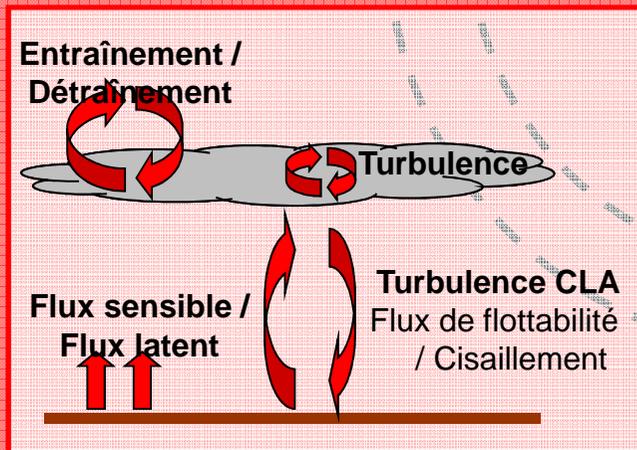


D. Chimiques

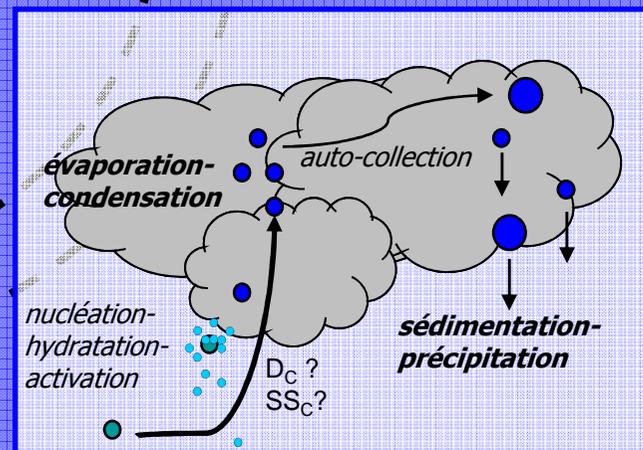


BROUILLARD

B. Dynamiques et turbulents



C. Microphysiques



A. Radiatifs et thermiques

+ Quel est l'impact des aérosols hydratés sur le refroidissement infrarouge avant les brouillards radiatifs ?

+ Dans quelles mesures les aérosols interstitiels impactent ils le réchauffement solaire pendant la phase de dissipation ?

+ Quel est l'impact de la structure verticale de la turbulence sur la formation et la dissipation du brouillard ?

+ Dans quelles mesures la structure verticale de la dynamique nuageuse (sédimentation, drizzle, précipitation) influence t elle le cycle de vie du brouillard?

B. Dynamiques et turbulents

D. Chimiques

+ Quelles sont les interactions brouillard / chimie des particules : qualité de l'air (toxicité, PM2.5, composition), chimie hétérogène ?

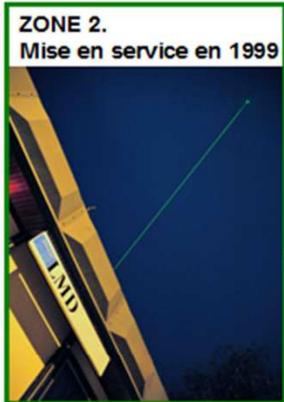
+ Comment la composition chimique des aérosols sec pilote t elle l'hygroscopicité des particules ?

+ Quelles sont les rétroactions entre les propriétés des aérosols secs et les propriétés du brouillard ?

+ Quel est l'impact de la distribution verticale des aérosols sur la structure verticale des gouttelettes ?

C. Microphysiques

BROUILLARD



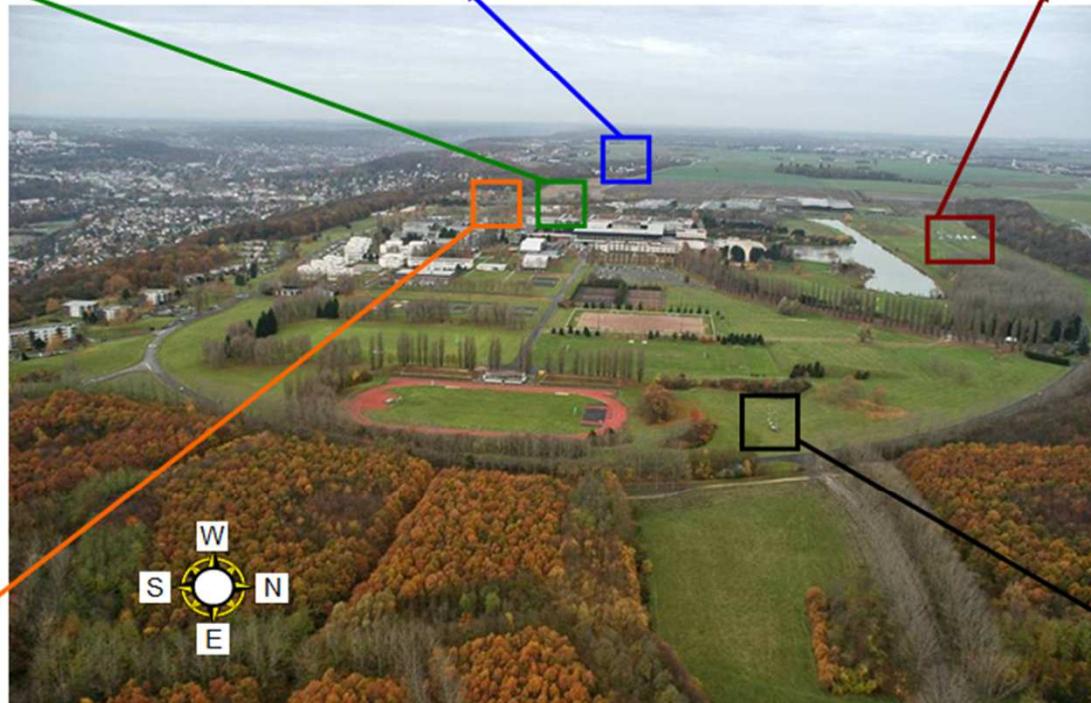
- Météo standard
- Radiomètres UV, SW et LW
- GPS
- Photomètre solaire
- Imageur visible TSI440
- Radiomètre Climat
- Lidar LNA



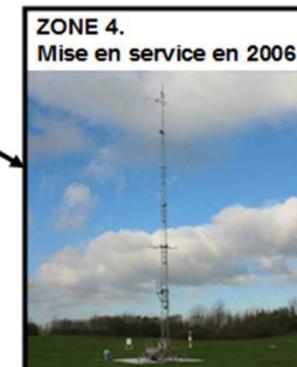
- Spéciation des aérosols secs (ACSM)
- PM2.5
- Chimie des gaz



- Météo standard, visibilimètres
- Mat de 30m (T, RH)
- Radiomètre micro-onde HATPRO
- Lidar ALS450, télémètre CL31
- Radar BASTA
- Mesures sol (-5 à -50 cm)
- Anémomètres soniques (10-30m)
- Lidar Doppler, Sodar, Radar UHF
- Radiomètre SW et LW (↑↓)

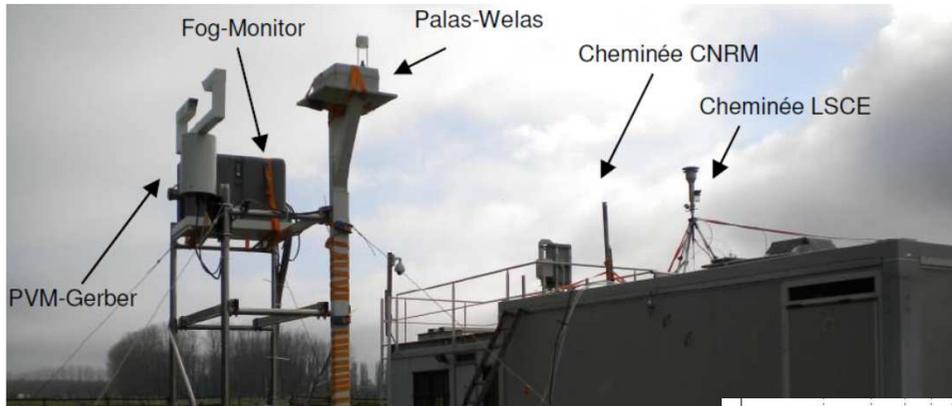


- Visibilimètre

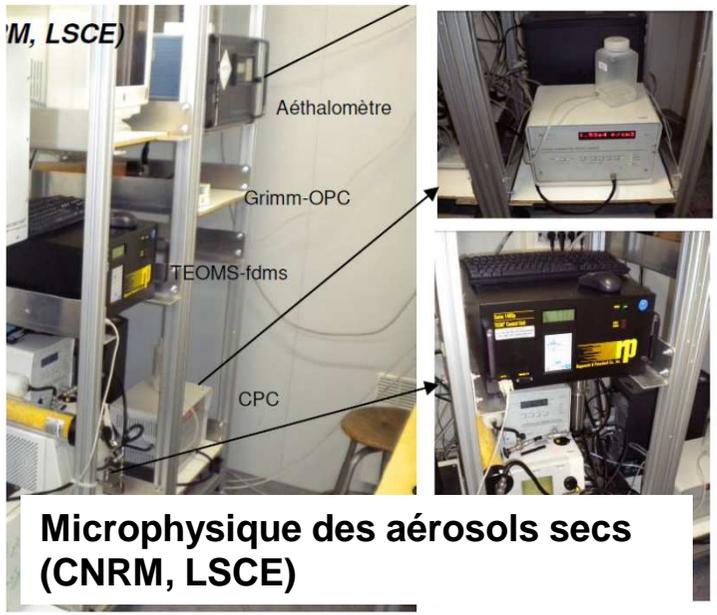
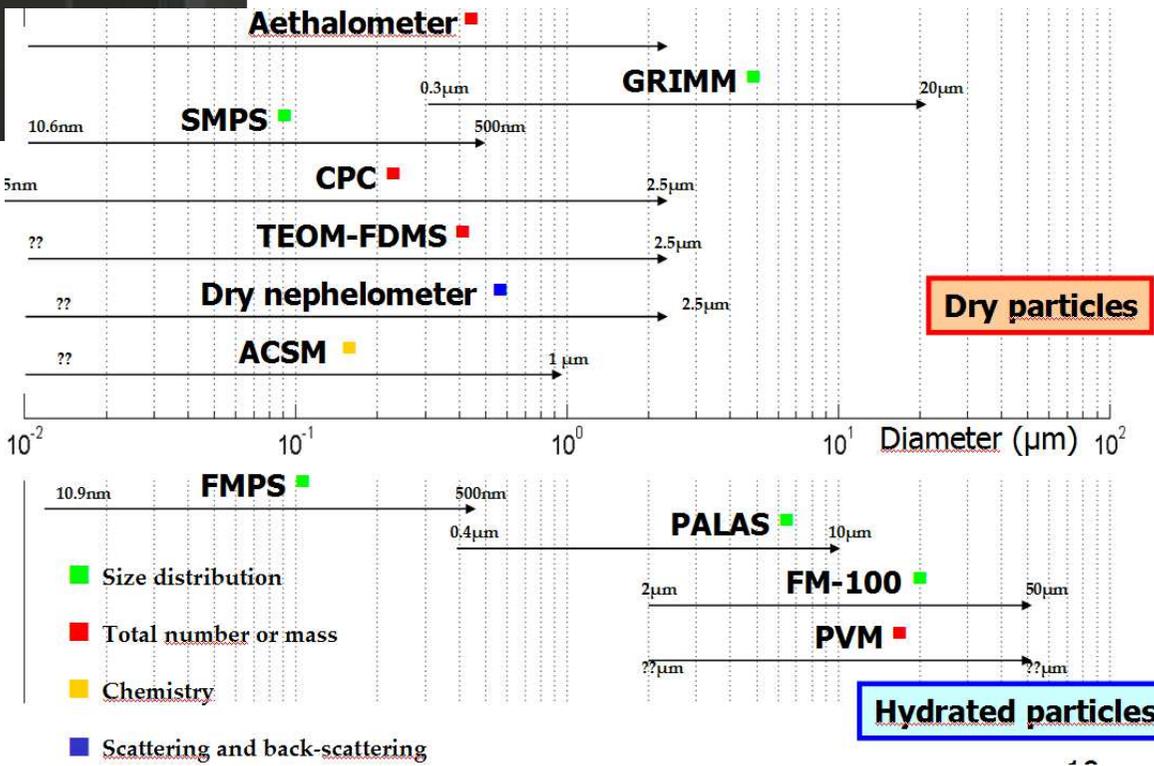


- Mat de 30m (T, RH)
- Anémomètres soniques (10-30m)

Etude des interactions microphysiques aérosol et brouillard



Microphysique des gouttelettes et des aérosols hydratés (CNRM, LRPC)



Microphysique des aérosols secs (CNRM, LSCE)

Etude des interactions thermodynamiques / radiatives

Instrument : Ballon sonde motorisé (GMEI 4M)

Mesures : T / RH (0-300m), POI alerte

Objectifs : Documenter les gradients à la base et au sommet du brouillard, mais aussi en conditions stables



Instrument : Radiomètre bande large K&Z (LMD)

Mesures : rayonnement SW et LW, up and down

Objectifs : Documenter les échanges radiatifs Sol / atmosphère



Instrument : Abris socrima + sonde T/RH (1, 2, 5, 10, 20 et 30m), LMD

Mesures : T / RH (0-30m), 24h/24

Objectifs : Documenter les gradients à la surface



Collaboration DSO Trappes

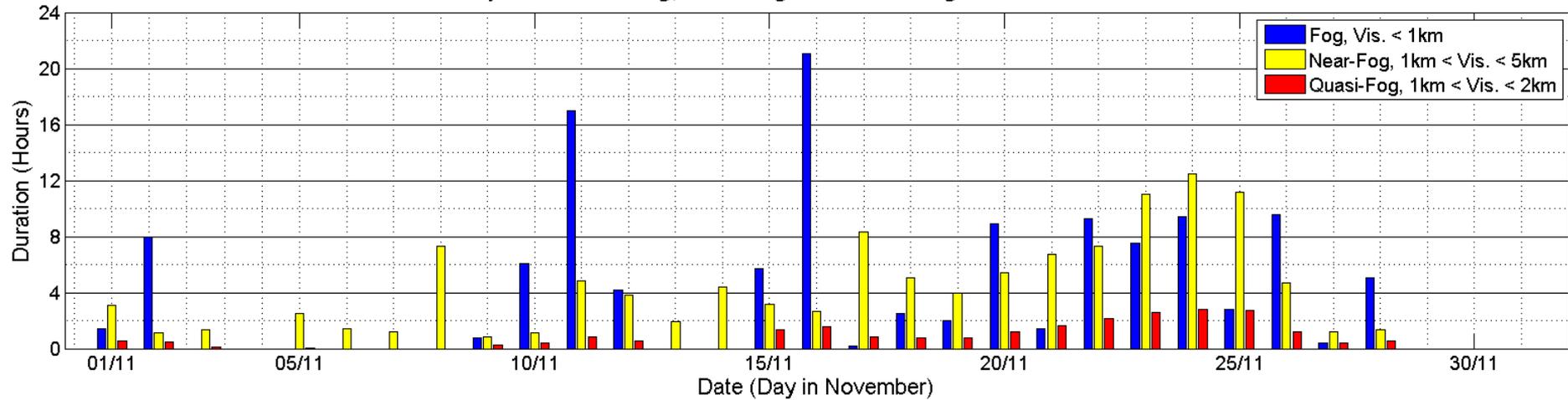
Instruments validés

- **Collecteur de gouttelettes de brouillard** pour faire de la chimie des gouttelettes (O. Klemm, Univ. Munster)
- **Anémomètre sonique Gill** couplé à un **Licor 7500** et à un **FM100** pour étudier les flux turbulents de vapeur d'eau et d'eau liquide (O. Klemm, Univ. Munster)
- **Second SMPS** pour estimer le spectre d'aérosols activable en complément du SMPS CNRM (E. Hammer, PSI)
- **Néphélomètre en ambient** à 3λ pour étudier les fermetures optiques en ambient et voir l'effet de l'humidité sur la diffusion (E. Hammer, PSI)

Instruments à valider

- **Ballon captif** pour capteur de flux turbulents (D. Legain, GMEI 4M)
- **Ballon sonde motorisé** pour réaliser des profils de flux radiatifs (R. Philippona, Davos)

Daily duration of Fog, Near-Fog and Quasi-Fog in NOVEMBER 2011



Mois/Année	Brouillard <i>Visi. < 1km</i>		Quasi-brouillard <i>1km < Visi. < 2km</i>		Brume <i>1km < Visi. < 2km</i>	
	2010-2011	2011-2012	2010-2011	2011-2012	2010-2011	2011-2012
Octobre	6	15	8	6	73	33
Novembre	30	114	29	22	187	112
Décembre	60	32	68	6	242	28
Janvier	18	1	43	8	178	76
Février	61	13	99	31	248	140
Mars	7	26	34	31	217	161
TOTAL	182	201	281	104	1145	550

- Environ 200 heures de brouillard par an 10
- Forte hétérogénéité interannuelle ⇒ 6 mois de campagne

#	Date / Time (Year/Month/Day - hr:min)	Fog type	Dur. (hr:min)	Low. Visi. (km)	Average values				Aerosol micro.					Droplet Micro.				Lidar/Radar				
					Temp. (°C)	Rel. Hum. (%)	Wind Spd (m/s)	Pres. (hPa)	SMPS	CPC	GRIMM	AETHA	TEOM	FM100	PVM	WELAS	AFSD	WLS7	WLS70	CL31	ALS450	BASTA
1	2010/10/26 - 02:50	RAD	04:30	0.146	-0.3	96.1	0.4	1011			X	X	X	X	X	X					X	X
2	2010/10/31 - 23:20	RAD	01:00	0.201	7.6	95.1	0.2	986							X						X	X
3	2010/11/01 - 03:10	RAD	01:20	0.298	7.6	97.4	0.4	989							X						X	X
4	2010/11/15 - 04:10	IND	01:30	0.280	4.9	95.2	0.2	991			X	X	X	X	X						X	X
5	2010/11/16 - 05:00	RAD	03:40	0.062	3.4	96.7	1.0	1002	X	X	X	X	X	X	X						X	X
6	2010/11/16 - 22:00	RAD	07:40	0.070	2.1	97.0	2.7	996	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X
7	2010/11/19 - 05:40	STL	04:30	0.128	3.7	98.5	1.7	995	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X
8	2010/11/19 - 15:40	STL	02:00	0.489	5.6	98.9	1.8	996	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X
9	2010/11/28 - 23:20	RAD	02:00	0.809	-1.1	93.2	0.8	985	X	X	X		X	X	X	X					X	X
10	2010/11/30 - 02:10	IND	04:30	0.064	-5.3	95.3	1.4	991	X	X	X		X	X	X	X					X	X
11	2010/12/08 - 11:30	PRE	04:00	0.291	-1.0	98.7	0	985	X	X	X	X	X	X	X						X	X
12	2010/12/20 - 15:30	STL	08:00	0.143	-0.1	98.7	2.4	984	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X
13	2010/12/21 - 02:20	STL	03:20	0.114	3.3	98.9	2.1	983	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X
14	2010/12/21 - 06:40	STL	04:40	0.114	1.7	98.9	1.2	984	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X
15	2010/12/21 - 15:10	STL	03:50	0.114	2.1	98.9	0.5	983	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X
16	2010/12/28 - 18:40	STL	01:30	0.229	1.0	98.8	0.6	1000							X							X
17	2010/12/28 - 21:50	RAD	01:40	0.280	1.1	98.8	0.6	1001							X							X
18	2010/12/29 - 00:20	STL	13:00	0.091	1.8	98.9	0.7	1002							X					X		X
19	2010/12/29 - 16:20	RAD	01:10	0.242	3.5	99.0	1.6	1002							X					X		X
20	2010/12/30 - 04:50	STL	01:50	0.169	0.9	98.9	2.0	1002							X					X		X
21	2010/12/30 - 18:20	RAD	07:30	0.100	0.7	98.8	1.7	1004							X					X		X
22	2010/12/31 - 07:30	RAD	03:10	0.457	-0.8	98.8	2.0	1006							X							X
23	2011/01/01 - 08:00	STL	01:50	0.623	-1.5	98.5	0.6	1006				X	X	X	X					X		X
24	2011/01/01 - 21:10	STL	03:30	0.185	0.5	98.7	1.1	1005	X	X		X	X	X	X					X		X
25	2011/01/17 - 01:40	ADV	07:50	0.077	3.1	98.7	1.9	1005	X	X		X	X	X	X	X				X		X
26	2011/01/19 - 05:50	RAD	02:30	0.163	-1.1	98.4	0.8	1014	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X
27	2011/02/01 - 02:30	STL	01:10	0.771	-5.5	95.9	1.6	1008	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X
28	2011/02/02 - 04:30	STL	03:30	0.527	-1.1	98.6	1.5	1012	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X
29	2011/02/03 - 19:20	STL	03:00	0.161	4.6	98.7	2.2	1010	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X
30	2011/02/08 - 05:50	RAD	01:30	0.190	6.7	98.8	0.2	1004	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X
31	2011/02/09 - 06:40	STL	05:10	0.169	5.0	98.9	2.8	1003	X	X		X	X	X	X					X	X	X
32	2011/02/13 - 04:00	RAD	04:40	0.141	1.9	98.6	3.1	993							X					X	X	X
33	2011/02/16 - 03:40	ADV	08:50	0.085	2.7	98.9	2.5	979	X	X		X	X	X	X					X	X	X
34	2011/02/17 - 20:00	RAD	11:30	0.041	-0.1	98.8	1.3	991	X	X		X	X	X	X					X	X	X
35	2011/02/19 - 02:20	STL	06:30	0.072	0.6	98.8	3.1	994	X	X		X	X	X	X					X	X	X
36	2011/02/19 - 14:50	STL	03:00	0.466	5.1	99.2	1.9	992	X	X		X	X	X	X					X	X	X
37	2011/02/19 - 18:40	STL	02:30	0.619	4.7	99.2	1.1	993	X	X		X	X	X	X					X	X	X
38	2011/02/21 - 04:30	IND	02:20	0.245	1.3	98.8	0.4	996						X						X	X	X
39	2011/02/25 - 00:30	RAD	01:50	0.107	5.0	98.9	0.5	1010	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X
40	2011/03/20 - 04:20	RAD	02:20	0.400	0.6	98.6	0.2	1013	X	X		X	X	X	X					X	X	X
41	2011/03/27 - 03:00	STL	01:10	0.143	8.3	99.2	0.6	993	X	X		X	X	X	X					X	X	X

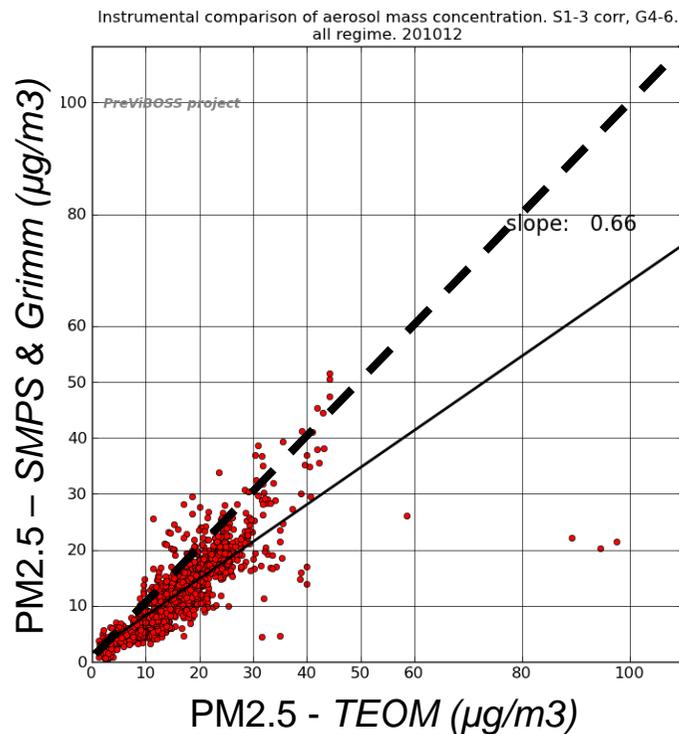
La méthodologie de Tardif and Rasmussen (2007) a été appliquée et a permis d'identifier les brouillards :

- Radiatifs (**RAD**, 16) ;
- Par affaissement de stratus (**STL**, 19) ;
- Advectifs (**ADV**, 2) ;
- De précipitation (**PRE**, 1)
- Indéfinis (**IND**, 3)

Presque 50% de radiatif et 50% par affaissement de stratus

PM2.5, aérosols secs

TEOM-FDMS vs SMPS&Grimm



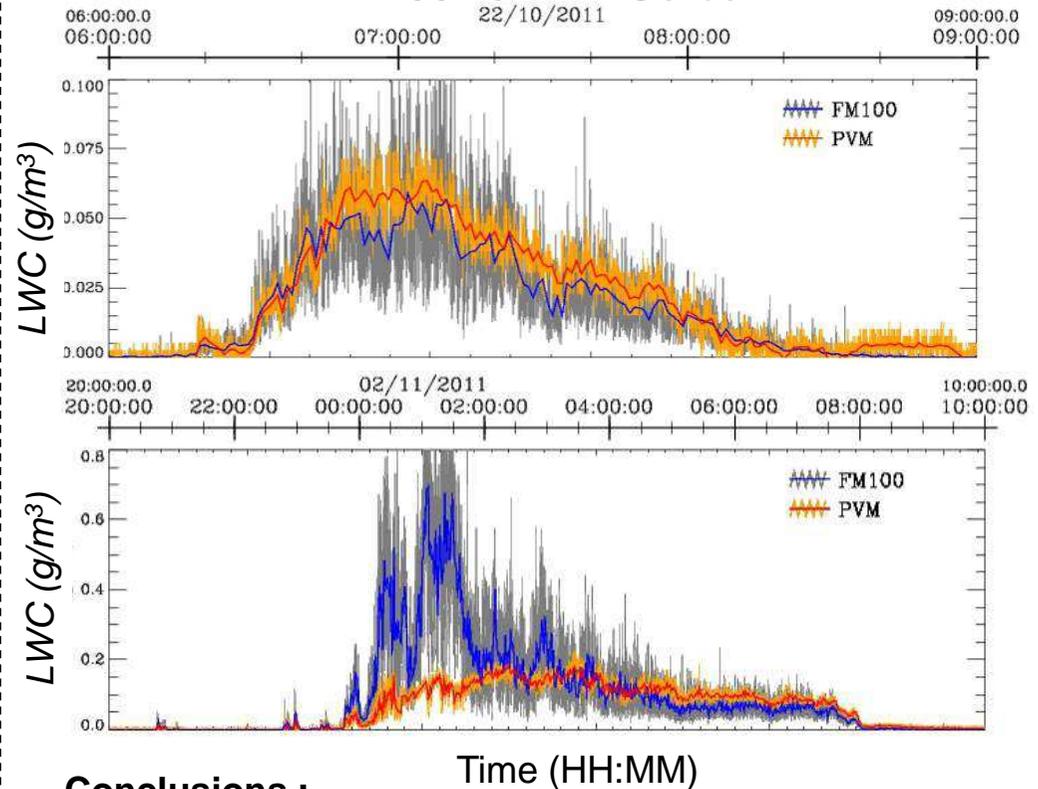
Conclusions :

- Bonne reconstitution de la dynamique de variabilité des PM2.5
- Besoin de corriger en valeur absolue les distributions en taille des particules ;

T. Elias, Hygeos, Projet Previboss

LWC, eau liquide

FM100 vs PVM Gerber



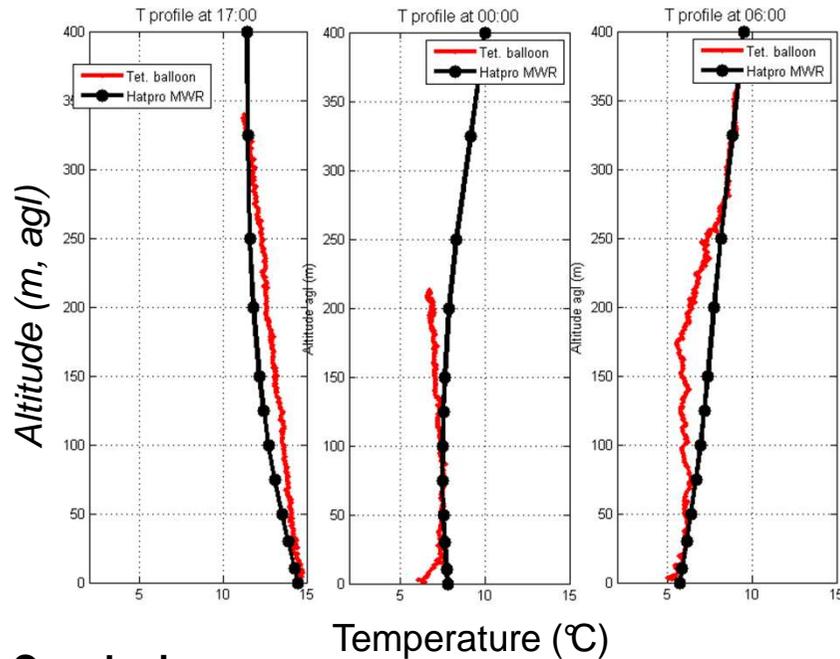
Conclusions :

- Bon accord global de contenu en eau liquide à la surface, variabilité temporelle forte
- Nécessité de mieux comprendre les incohérences ponctuelles (vent, taille des gouttelettes) ;

F. Burnet, CNRM, Projet Previboss

Profil de température 13-14 mars 2012

Ballon sonde vs radiomètre μ -onde

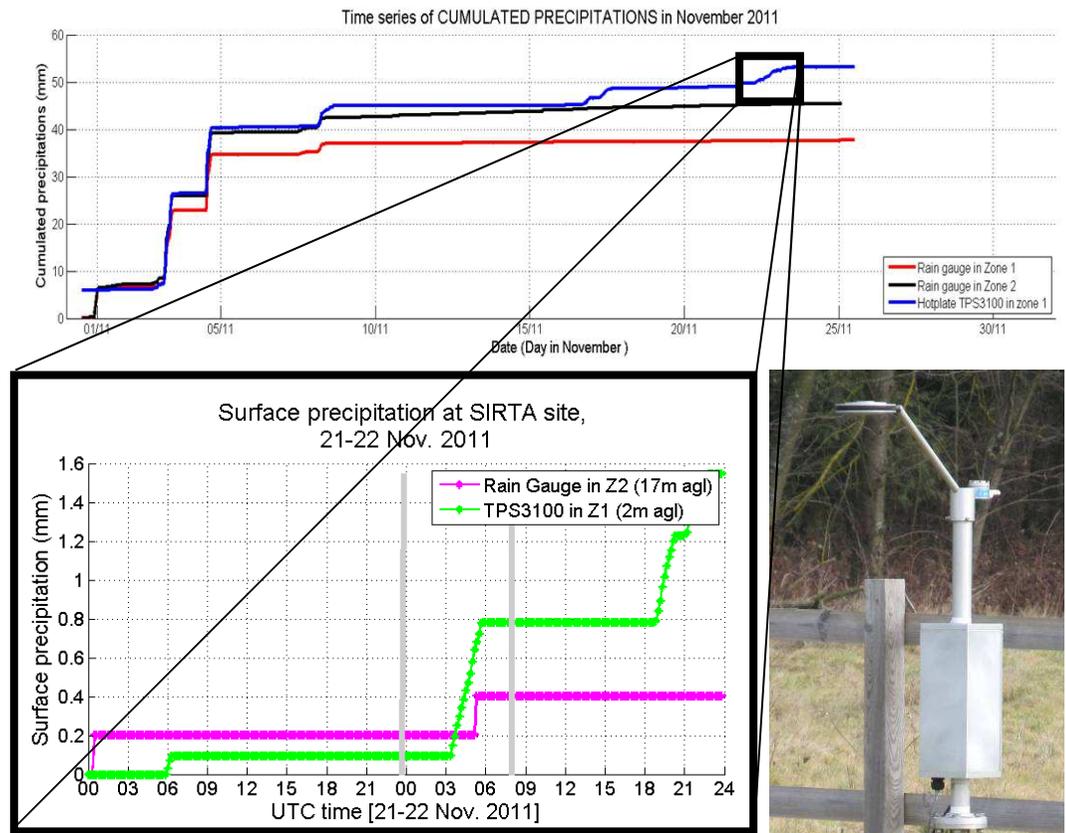


Conclusions :

- Forme des profils cohérente (stabilité, etc.) ;
- Manque de résolution/dynamique pour les gradients fine échelle

Précipitations « faibles »

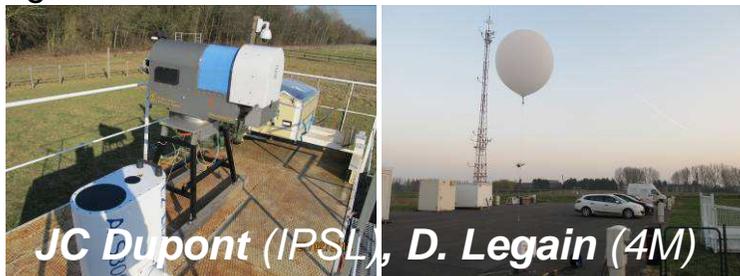
TPS3100 vs pluviomètre a augets



Conclusions :

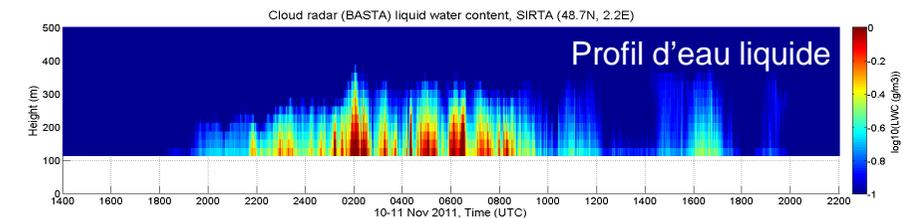
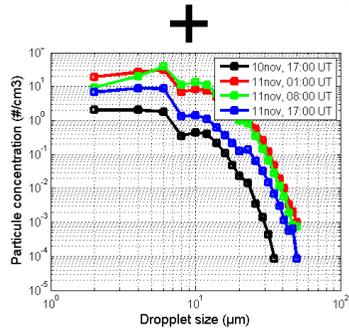
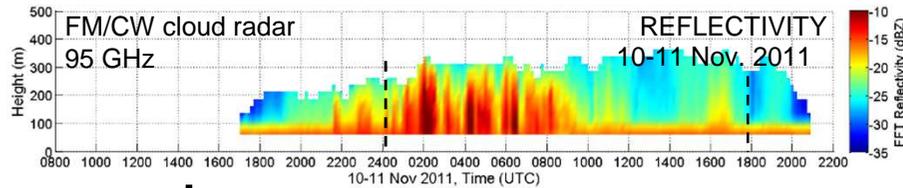
- Mesure fine des précipitations « faibles » avec le TPS3100, absence de sensibilité pour les pluviomètres classiques

JC Dupont (IPSL)



JC Dupont (IPSL), D. Legain (4M)

Profil d'eau liquide dans le brouillard Radar BASTA & mesure in-situ de surface

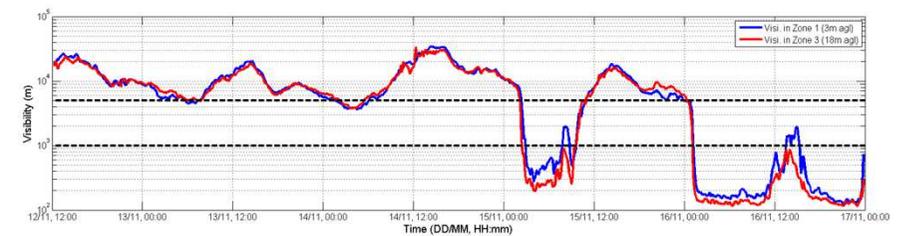
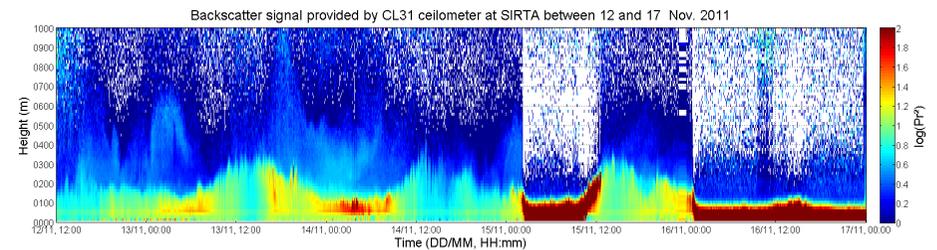


Conclusions :

- Complémentarité des mesures importante (1^{ère} porte radar à 20m);
- Algorithmie à développer : spectre en taille vs réflectivité vs doppler
- Variabilité forte des profils au cours du cycle de vie des brouillards

J Delanoë (LATMOS), JC Dupont (IPSL)

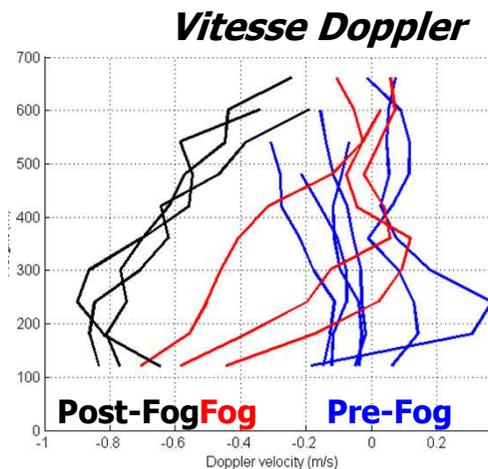
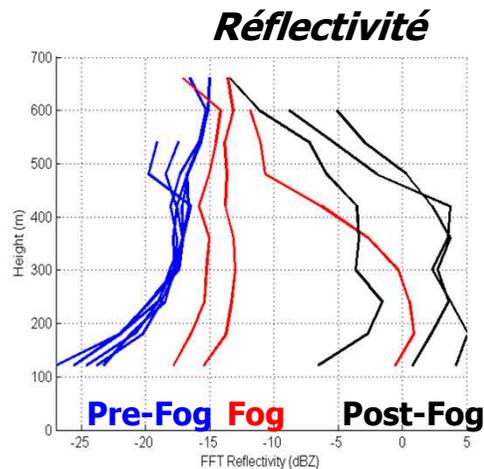
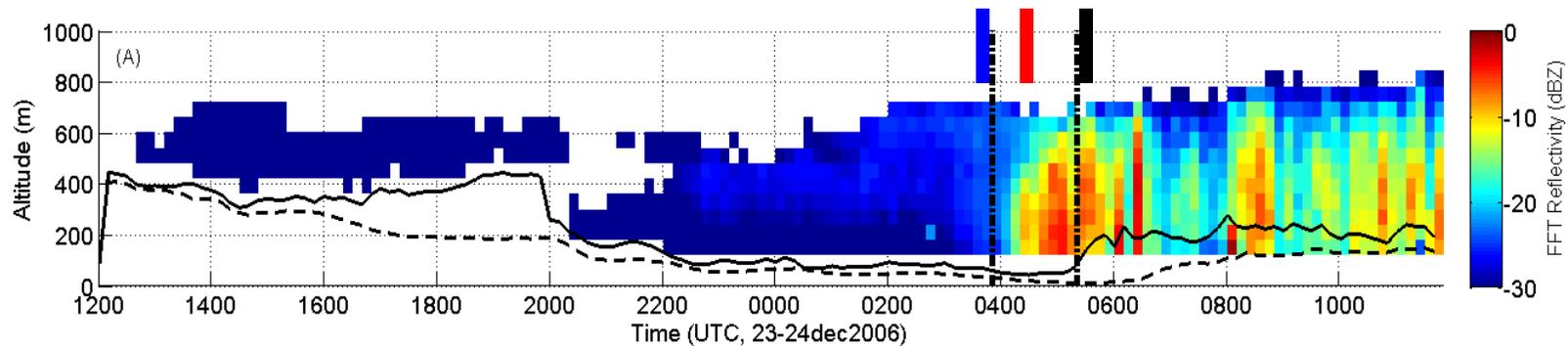
Profil d'extinction des aérosols Lidar/télémètre & mesure in-situ de surface



Conclusions :

- Complémentarité des mesures de rétrodiffusion et in-situ de surface ;
- Identification de la signature de l'hydratation en altitude
- Estimation du profil d'extinction ;

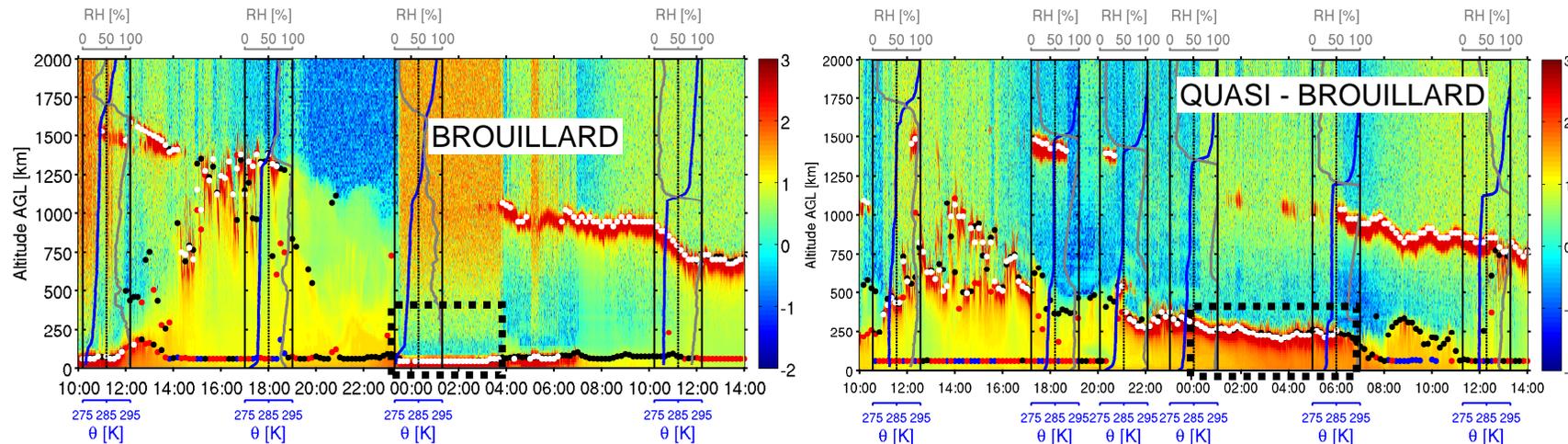
Analyse des processus couplés pilotant la transition stratus – brouillard : le rôle de la dynamique nuageuse



Transition stratus-brouillard

- Refroidissement radiatif est le moteur qui alimente le nuage en eau
- Microphysique et dynamique interne finement liées
- Impact des nuages hauts sur évolution du Stratus (empêche affaissement)
- Dissipation par flux chaleur et par collection des gouttelettes
- Radar Doppler 95 GHz indispensable pour ces études

Analyse des processus couplés pilotant la formation du brouillard radiatif : le rôle des aérosols et de l'humidité



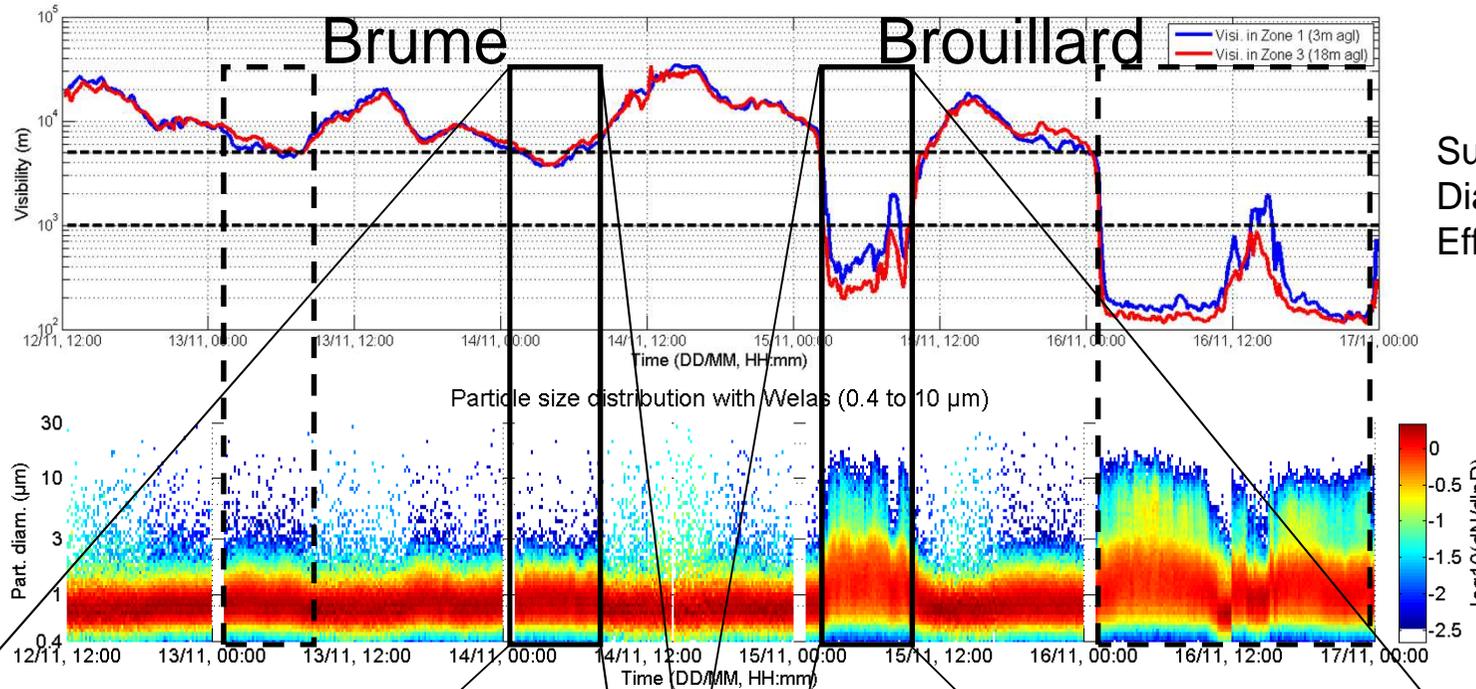
*Rétrodiffusion des aérosols (jaune-vert) et nuages (rouge)
Et profils T (K) et RH (%)*

Brouillard radiatif :

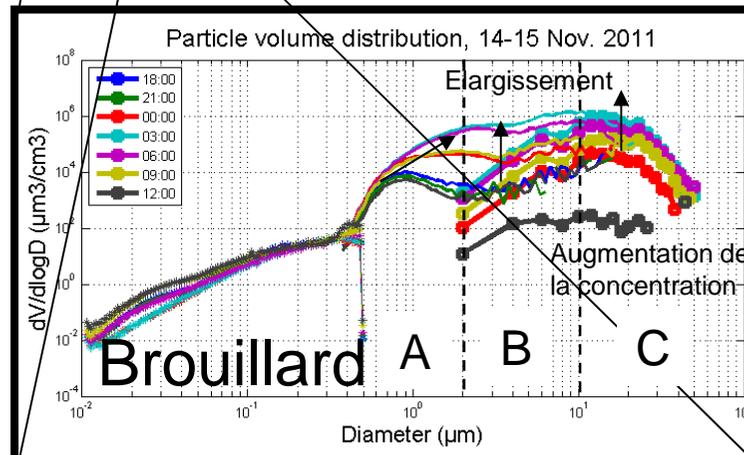
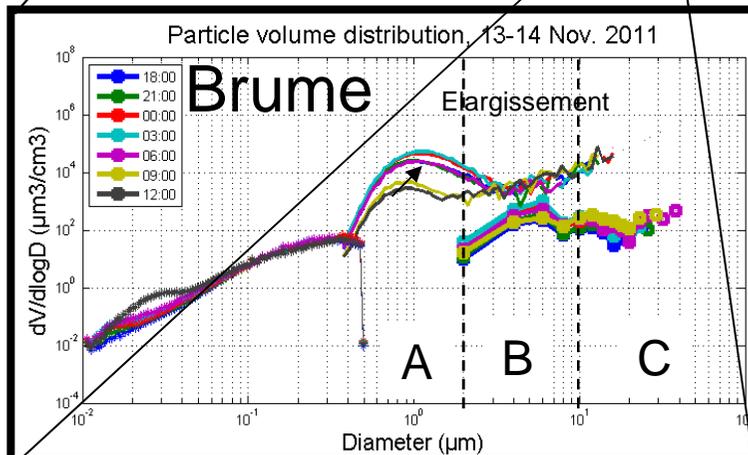
M. Haeffelin (IPSL)

- ❖ Rôle important des aérosols, mais nombre total pas discriminant
- ❖ Mesure du spectre dimensionnel est complexe
- ❖ PM2.5 paramètre prédictif? Lidar/Télémètre indispensable?
- ❖ Profil d'humidité discriminant: condensation en altitude si humidité le permet
- ❖ Rôle important de la turbulence: étudier profil de température, humidité et de vent (Radiomètre micro-onde, Lidar Doppler, Lidar rétrodiffusion)

Analyse des processus d'hydratation et d'activation : évolution spectrale



Sursaturation critique ?
Diamètre critique ?
Effet de la chimie ?

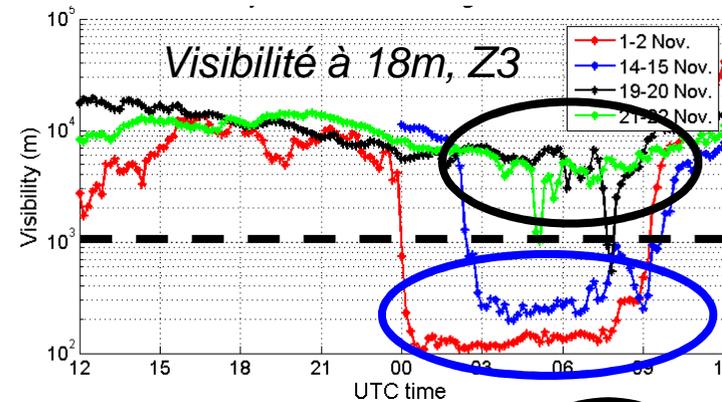
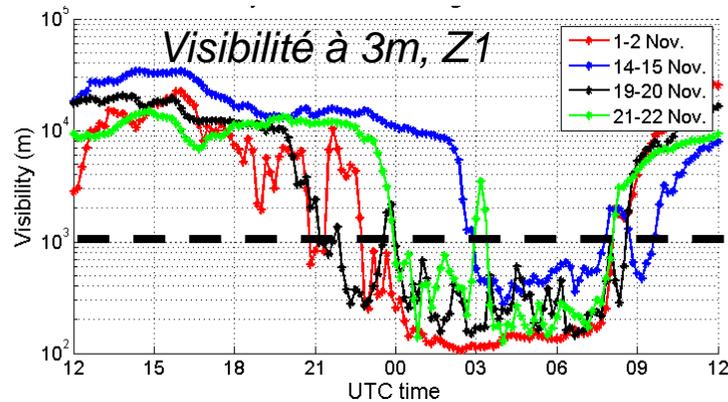


A : hydratation
B : activation
($D_c \sim 2\mu m$)
C : aug. conc.

F. Burnet (CNRM)

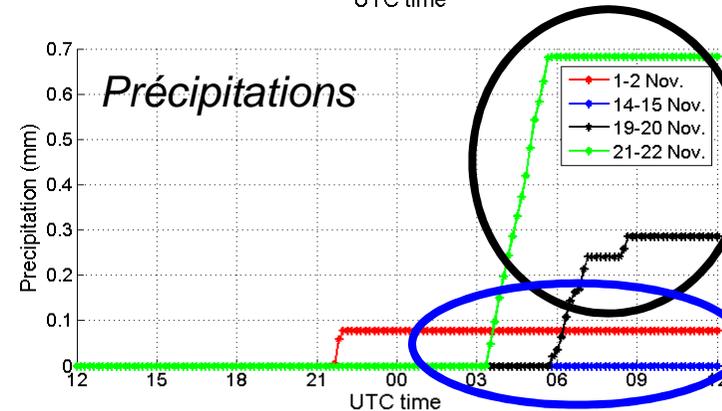
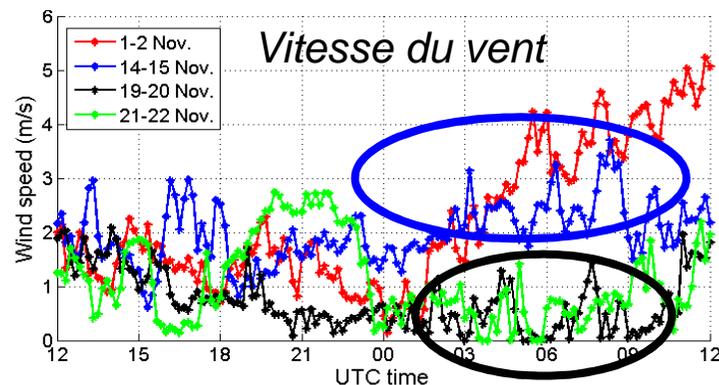
Analyse des processus pilotant le développement vertical du brouillard : le rôle de la dynamique et des précipitations

Etude de 4 situations : 2 brouillards « fins » et 2 brouillards « épais »



Brouillard
« fin »

Brouillard
« épais »



Développement vertical du brouillard :

- conditionne les brouillards « fins » / brouillards « épais », locaux / régionaux ?
- l'absence de mélange au-niveau de la couche de surface conduit à l'apparition de la phase liquide au-niveau du sol (3-5m d'épaisseur) avec un dépôt quasi-immédiat sur le sol.
- la saturation n'est effective qu'à la surface avec une couche au-dessus plus sèche (95% de RH à 30m).

JC Dupont (IPSL)

<http://sirta.ipsl.polytechnique.fr/parisfog/>



PARISFOG

Projet | Campagne | Données | Science | Documentation

Accueil > Projet

Introduction
Objectifs Scientifiques
Campagne Parisfog 2006-2007

Derniers quicklooks

Observations des processus physico-chimiques liés au brouillard

La campagne de mesures PARISFOG

Responsable scientifique : Jean-Charles Dupont (IPSL/UVSQ)

Introduction

Le brouillard est étudié à cause de l'impact avéré et direct de la réduction de visibilité sur des activités majeures de nos sociétés, comme le déplacement et la surveillance [Gultepe et al., 2007]. L'intensification des activités de transport maritime, aérien et terrestre s'accompagne du besoin renforcé de prévoir avec précision dans l'espace et dans le temps son apparition, son développement, son intensité et sa dissipation. Le brouillard est également un facteur essentiel de la qualité de l'air et du climat en modifiant les propriétés particulières de la couche atmosphérique de surface. Cependant la mise en œuvre de solutions doit tenir compte des profonds bouleversements qui marquent notre environnement. En effet l'extension et la densification des agglomérations urbaines, accompagnées de l'augmentation des besoins en carburants, affectent la qualité de l'air, le changement du climat, et l'utilisation des sols, qui sont eux-mêmes des paramètres liés au brouillard. Par exemple, Vautard et al. [2009] estiment qu'une amélioration de la qualité de l'air en Europe a entraîné une diminution de la fréquence des brouillards, avec pour conséquence une amplification du réchauffement climatique.



PARISFOG

Projet | Campagne | Données | Science | Documentation

Accueil > Quick Look search

Quick Look search
Instruments Parisfog:

Tout sélectionner | Tout désélectionner | Inverser la sélection

- Grimm [LSCE]
- Fog Monitor [CNRM]
- Gerber [CNRM]
- Aethalo [LSCE]
- Teoms [LSCE]
- Cpc [CNRM]
- SMPS [CNRM]
- Nephelometer TSI 3550 (LISA)

Envoyer

Instruments:

Tout sélectionner | Tout désélectionner | Inverser la sélection

- Microwave Radiometer Drakkar
- Scanning Dual-Channel Microwave Radiometer (22 and 32 GHz)
- LD40 905-nm Ceilometer (KNMI)
- 532/1064-nm Backscattering Lidar
- Surface Downwelling Radiative Flux Station (Kipp&Zonen)
- 95-GHz Doppler Radar (RASTA)
- Radisonde from Trappes (00 and 12 UT, Météo-France)
- Surface weather parameters (Zone 1)

Envoyer

Merci de votre attention ...

... rejoignez nous pour la future campagne 2012-2013