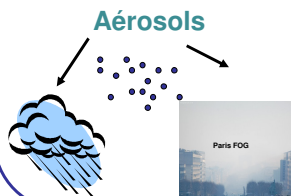


Le brouillard

Phénomène atmosphérique important du point de vue de la visibilité proche de la surface et de la composition chimique de l'air. La composition d'un aérosol (particules microscopiques solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère) détermine en grande partie son acidité. Les particules acides sont nuisibles sur la santé.

La visibilité faible caractérisant le brouillard (visibilité < 1 km) peut résulter également d'un niveau élevé de concentration des aérosols dans des conditions d'humidité relative élevée. Les mesures réalisées dans la campagne de mesures « ParisFog » durant tout l'hiver 2006/2007 sont analysées pour identifier l'impact des aérosols sur l'apparition et la formation du brouillard, le développement et la dissipation de brouillard. Les données recueillies visent à améliorer significativement la connaissance du brouillard et sa prévision au niveau local ainsi que la vigilance à observer.



Objective :

Améliorer notre compréhension des processus microphysiques et dynamiques pilotant le cycle de vie du brouillard et les phénomènes de petite échelle à partir de mesures ParisFog.

Méthode:

- Analyse des propriétés microphysiques et optiques des aérosols et des conditions météorologiques dans le brouillard.
- Comparaison de ces propriétés dans des conditions de brumes (évolution temporelle et gradient temporel)

Instruments

L'hiver 2006-2007 sur le site du SIRTA, les instruments ont été équipés quatre plateformes d'observation localisées sur le campus de l'Ecole Polytechnique. La base de données a été analysée pour offrir une description expérimentale des processus physiques lors de différents événements atmosphériques (<http://sirta.ipsl.polytechnique.fr/parisfog/>)

Tableau 1. Liste des instruments repérant l'apparition du brouillard et définissant les conditions initiales de formation.

Instrument	Modèle	Paramètres mesurés	Précision / Résolution
Compteur de particules	WELAS-2000 de PMAAS	Nombre d'aérosols et caractéristiques de diamètre comparés entre 0.2 µm et 40 µm, par unité de volume d'air	5 minutes
Télescope	CT25K de Vaisala	Rayonnement infra-rouge en fonction de l'altitude	
Thermomètre et sonde d'humidité		Température et humidité relative	1 minute
Visuimètre	DF130 de DeGrauwe	Visibilité en m	10 s

Observation du brouillard à partir des données météo et de la visibilité

C'est l'évolution thermodynamique de l'atmosphère (refroidissement, advection, ...) qui permet d'atteindre la saturation. Cependant, sans aérosols, pas de brouillard. Les brouillards de rayonnement sont caractérisés par des conditions anticycloniques, ciel clair, et vent faible.

Moyenne de 10 min dans une fenêtre de 50 min		Seuil de visibilité
Va < 1000	-----	Brouillard
Va < 2000	-----	quasi brouillard

BROUILLARD : formation 13 Mars 2007 vers 23.30 TU ; dissipation matinée du 14 mars 2007 (anticyclone, ciel clair).

BRUMES : formation de brumes éparées 10 Mars vers 03 TU, HR=100% en surface, mais pas de formation de brouillard (anticyclone, ciel clair).

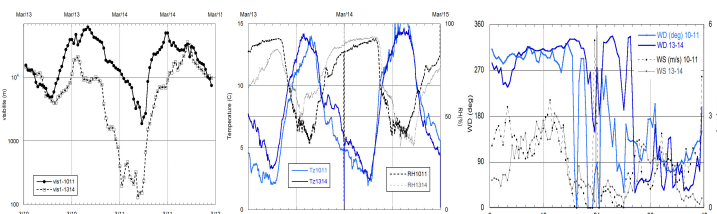
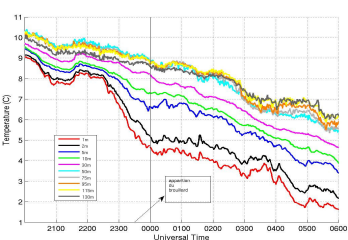


Tableau 1. Valeurs moyennes, max, min des données météo et visibilité

MÉTÉO et visibilité	Min visibilité 10-11	13-14	Valeur moyenne 10-11	13-14	Valeur max 1h 10-11	13-14	Valeur min 1h 10-11	13-14
Visibilité (m)	1410	847	3560	1105	3970	1541	2660	677
Température (°C)	3.32	6.6	3.18	7.65	3.3	8.2	3.1	6.6
Humidité relative (%)	88.47	87.3	87.9	87.18	88.4	87.32	87.8	86.9
Vitesse du vent (m/s)	0.238	0.131	0.18	0.42	0.6	0.628	0.238	0.131
Direction du vent (°)	155	50.7			233.26	339	153.92	50.7

Situations météorologiques Brouillard et Brume sont proches. L'humidité relative (>87%) est le facteur le plus important. Vent faible ; direction secteur Sud le 10 mars avant le minimum visibilité, et secteur Nord le 13 mars. La température de 6°C peut affecter la hauteur relative de brouillard pendant le brouillard du 13-14 Mars.



Événement	GMT
Accroissement du nombre de particules	18:30
Augmentation faible de température à 1 et 5 m	23:30
Uniformisation thermique de la couche atmosphérique de surface	00:18

L'augmentation du nombre de particules indique le début de la condensation de la vapeur d'eau sur les particules. La température à 1 et 5 m diminue jusqu'à 5°C à 23:20 puis est stoppée par l'apparition du brouillard. Elle est ensuite stable à 4.2°C.

Caractéristique des aérosols pendant les brouillards et brumes :

Conditions favorables à la formation du brouillard : concentrations fortes d'aérosols caractérisés par une super saturation d'activation basse. La nature chimique et le type d'aérosols influencent directement la condensation de l'eau à l'origine du brouillard, avec un effet sur le nombre et la taille des gouttelettes d'eau. La densité du brouillard est fonction du type et de la concentration des aérosols.

Optique:

La diffusion de lumière a été mesurée par un néphélomètre. Le coefficient de diffusion est un paramètre important car il est inversement proportionnel à la visibilité. Les valeurs de rétrodiffusion sont inversement proportionnelles à la visibilité. La valeur enregistrée le 13 Mars à 22h correspond à une faible visibilité et à une forte diffusion des aérosols.

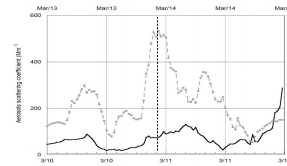


Tableau 2. Propriété optique des aérosols en moyenne horaire

	moyenne 10-11	13-14	Max 10-11	13-14	Min 10-11	13-14
Extinction (Mm ⁻¹)	499	6235	926	5080	332	3960
Retro diffusion (Mm ⁻¹)	15.65	42.85	16.6	43.1	14.7	42.6

Microphysique:

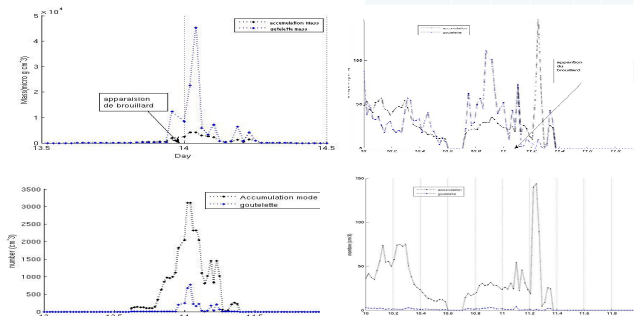


Fig 6. Série temporelle de la masse et nombre d'aérosols lors du mode d'accumulation et des gouttelettes 10-11 et 13-14 Mars

Le nombre et la taille des gouttes d'eau varient selon la nature des aérosols et la densité du brouillard sera plus ou moins importante en fonction du type et de la concentration des aérosols

Tableau 3. Concentration de Masse et nombre des aerosol en moyenne horaire

Date	Accumulation mode number (cm ⁻³)	Gouttelette number (cm ⁻³)	PM2.5 (µg/m ³)	Accumulation Mass (µg/cm ³)	Gouttelette mass (µg/m ³)	Effective radius (µm)	Effective radius G (µm)
11	38.25	0.4	39.35	24.1	6.65	0.503	0.705
13	1813	212	62.65	1994	11453	0.6	2.2

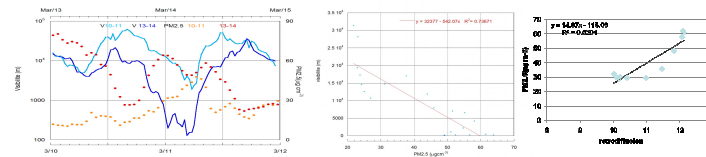


Fig 7. Série temporelle de moyenne horaire de PM2.5 et de la visibilité 10-11 et 13-14 Mars

Fig 8. La corrélation entre concentration de masse de PM2.5 et la visibilité

Fig 9. La corrélation entre concentration de masse de PM2.5 et la rétrodiffusion

Le gradient temporel des PM2.5 et la visibilité montrent que le maximum de variabilité sont synchrones avec le minimum de visibilité. Les régressions entre les valeurs de PM2.5 et la visibilité ou avec la rétrodiffusion des aérosols - lidar montrent un coefficient de corrélation R² de 0.74 et 0.82 respectivement.

Analyse chimique des aérosols:

La chimie des gouttelettes de brouillard est fortement influencée par la dynamique :

- Les nitrates ont les valeurs plus élevées que les sulfates dans les deux situations.
- Les rapports de cations-anions pour les aérosols « fine » sont similaires et valent 1.01 et 1.05 pour les 10-11 et 13-14 Mars respectivement
- Les aérosols « coarse » (>2µm) ont tendance à être plus acides pour le 10-11 Mars.

Conclusion:

Les variations des propriétés optiques ou microphysiques des aérosols (masse du mode/accumulation, nombre) impliquent des variabilités importantes de la visibilité. Cette variabilité est plus grande en cas de brouillard.