

Impact du processus d'activation sur les propriétés microphysiques des brouillards et sur leur cycle de vie

Marie Mazoyer
Frédéric Burnet, Christine Lac
(CNRM/GAME, Météo-France/CNRS)

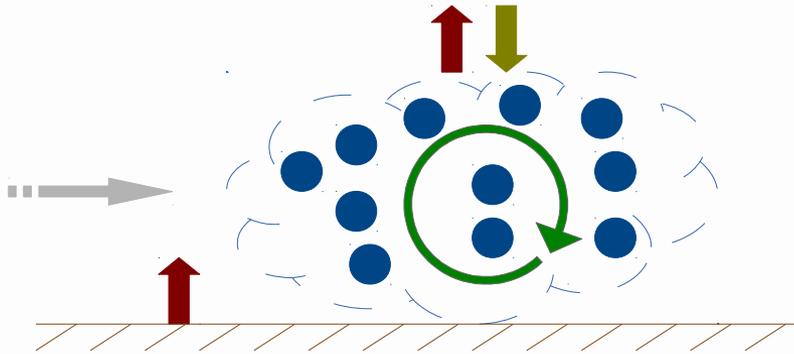
AMA 19-01-2015



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

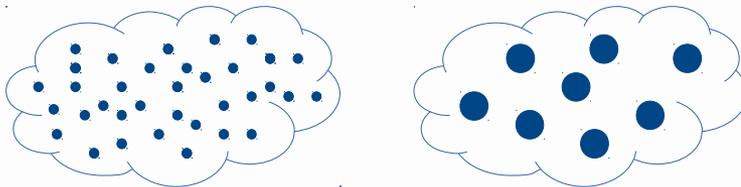
Contexte – Brouillard et microphysique

Brouillards : Gouttelettes d'eau microscopiques en suspension dans l'air au niveau de la surface réduisant la visibilité horizontale à moins de 1000m



- › Fines échelles
- › Processus radiatifs, dynamiques, turbulents, **microphysiques**

• Impact de la distribution dimensionnelle des gouttelettes d'eau sur le cycle de vie du brouillard ?



- › Sédimentation
- › Rayonnement

• Intérêt d'un schéma à deux moments (r,N) pour la simulation du brouillard ?

Contexte – Formation des gouttelettes nuageuses

Théorie de l'activation de Köhler (1936)

Processus par lequel certaines particules d'aérosols (CCN) grossissent pour former des gouttelettes nuageuses

Particules d'aérosols

- Concentration
- Dimension
- Composition (hygroscopicité)

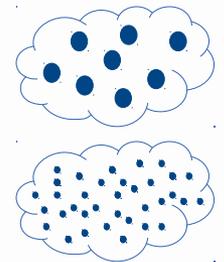


Sursaturation

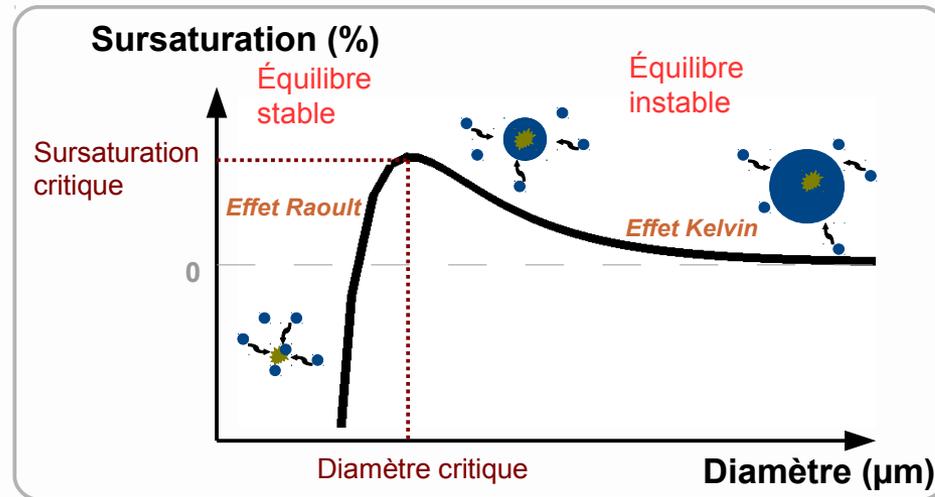
- Refroidissement radiatif
- Turbulence
- Condensation/Évaporation

Gouttelettes

- Concentration



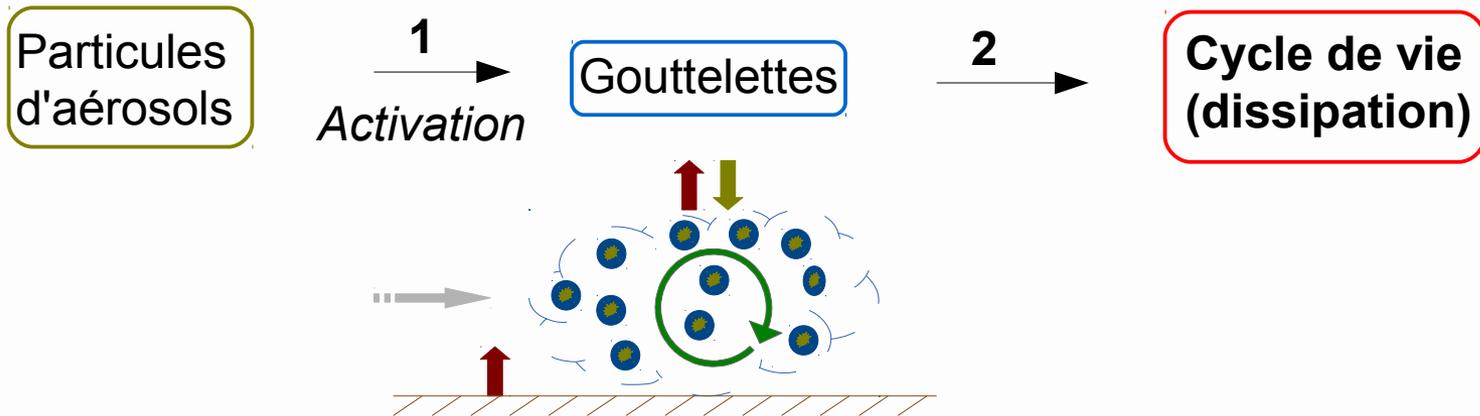
ACTIVATION



Impact du processus d'activation sur la distribution dimensionnelle des gouttelettes d'eau ?

METHODE & MOYENS

Impact du processus d'activation sur les propriétés microphysiques des brouillards et sur leur cycle de vie



Moyens : 1. Dispositif expérimental

- Concentration et distribution dimensionnelle des particules d'aérosols
- Propriétés hygroscopiques des particules d'aérosols
- Concentration et distribution dimensionnelle des gouttelettes d'eau

2. Simulation numérique Méso-NH

- En mode LES
- Schéma microphysique à deux moments

PLAN

Impact du processus d'activation sur les propriétés microphysiques des brouillards et sur leur cycle de vie

1. Étude expérimentale - PréViboSS hivers 2010-2013

1.1 Dispositif expérimental

1.2 Activation des particules d'aérosols (Concentration)

1.3 Evolution microphysique

2. Simulation numérique - Méso-NH en mode LES

2.1 Objectifs

2.2 Paramétrisation de la sursaturation

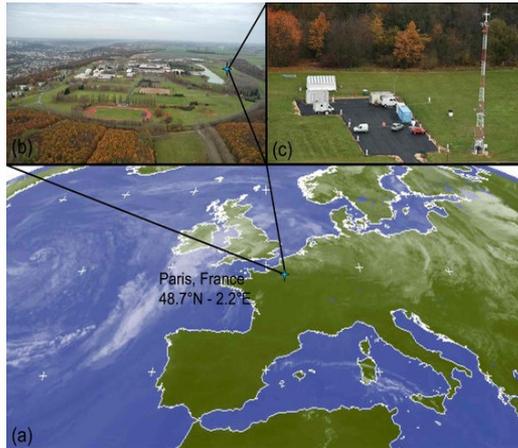
Conclusion

1.1 Dispositif expérimental

PréViboSS hiverns 2010-2013

Site du SIRTA, Palaiseau (environnement semi-urbain)

Influence de masse d'air océaniques, continentales, polluées



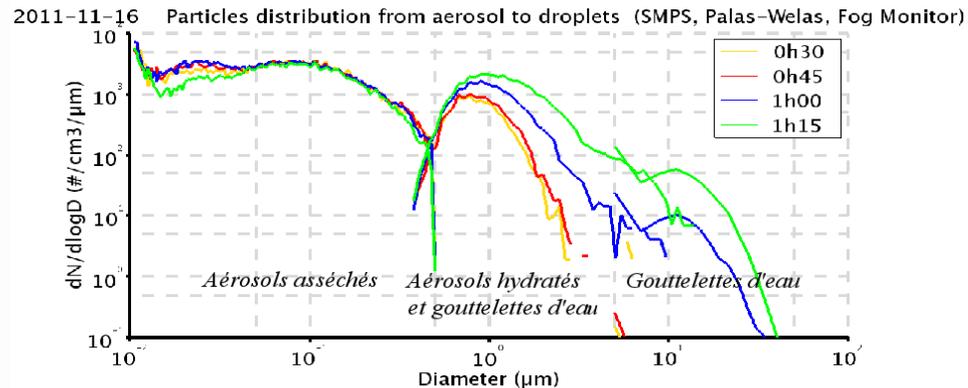
Mesures :

- Couche limite de surface
- Surface et sol
- Radiatif
- Téledétection
- Microphysique (2,5m)**

-Spectre granulométrique des particules d'aérosols :
1 instrument (10nm – 496nm)

jusqu'aux gouttelettes d'eau :
2 instruments (0.4µm - 50µm)

-Fraction de CCN parmi les aérosols (hygroscopicité) à différentes sursaturations



> 114 cas de brouillard dont 102 radiatifs et d'affaissement de stratus

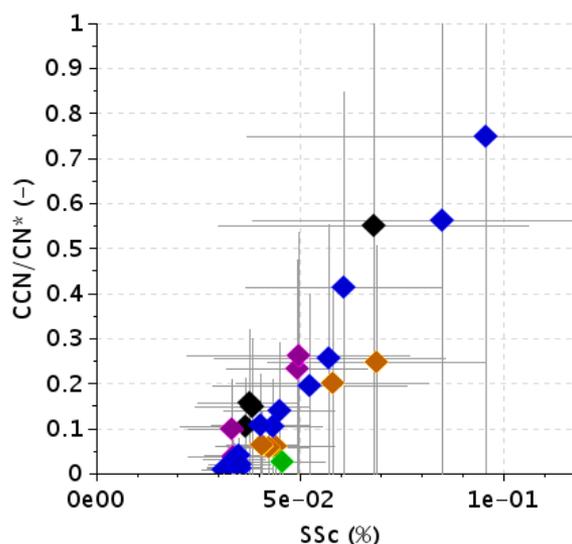
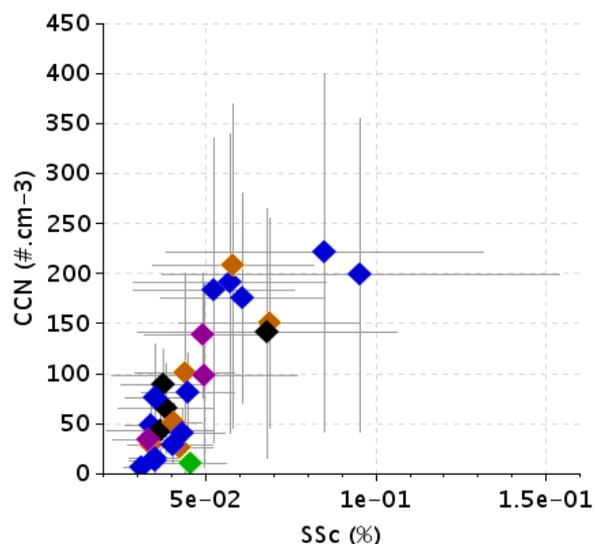
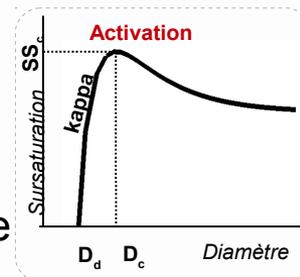
- + Instrumentation « humide » : 48 cas
- + Instrumentation « sèche » : 29 cas

1.2 Activation des particules d'aérosols

Détermination de $(S_c, D_c, \text{Kappa}, D_d, N_{\text{CCN}})$ - 29 cas

Utilisation de quatre instruments CCNC, SMPS, Palas Welas et Fog Monitor et théorie de Kappa-Köhler (Petters and Kreidenweis (2007))

- Concentration de CCN dans le brouillard $\sim 100 \# \cdot \text{cm}^{-3}$
- Sursaturation faible $\sim 0,05 \%$
- $D_d \sim 0,4 \mu\text{m}$, activation des plus gros aérosols
- Kappa (affinité de l'aérosol avec l'eau) faible $\sim 0,17$: influence de la pollution locale



- ◆ $0.25 < \text{Kappa}$
- ◆ $0.2 < \text{Kappa} < 0.25$
- ◆ $0.15 < \text{Kappa} < 0.2$
- ◆ $0.1 < \text{Kappa} < 0.15$
- ◆ $\text{Kappa} < 0.1$

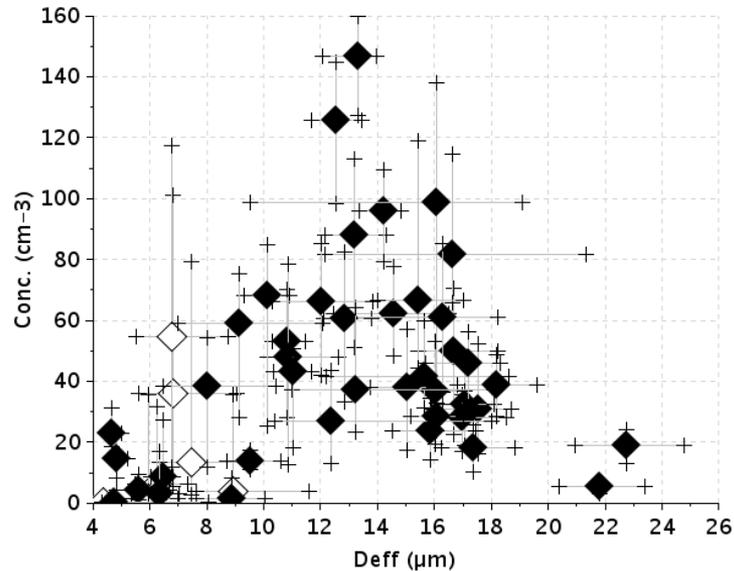
CN* = CN(200nm-500nm)
Particules activables

- Impact majeur de la sursaturation sur la concentration de CCN
- Impact fort de la concentration de particules d'aérosols (CN) et secondaire de la chimie des particules (sursaturation modulée par la distribution de particules d'aérosols)

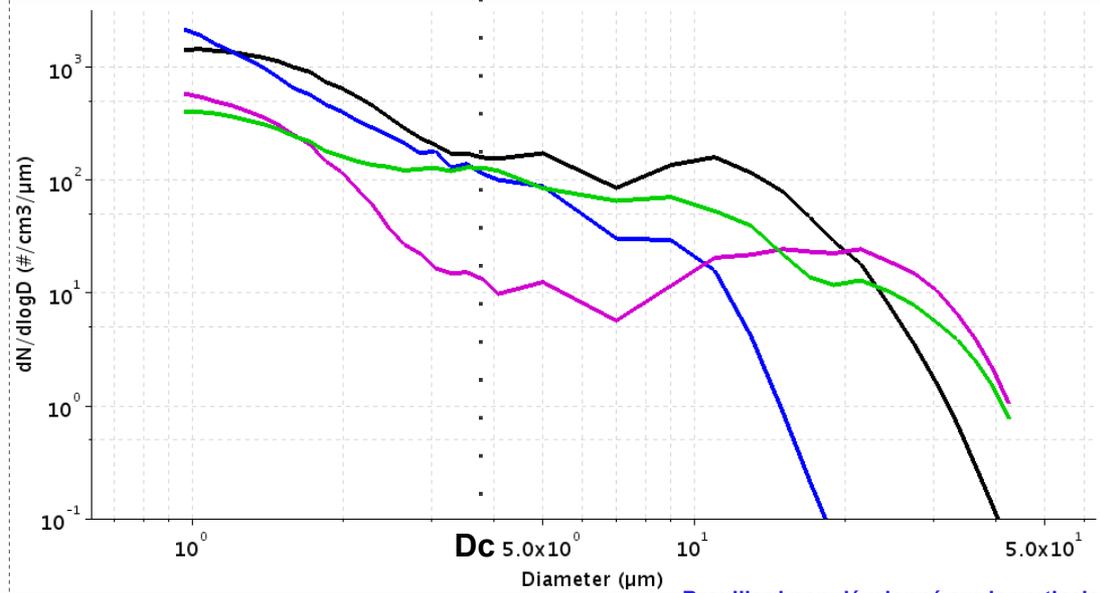
1.3 Evolution microphysique

48 cas

[2-50] μm , statistiques sur toute la durée des épisodes



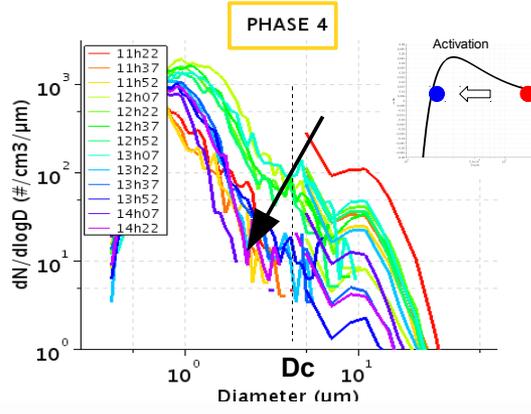
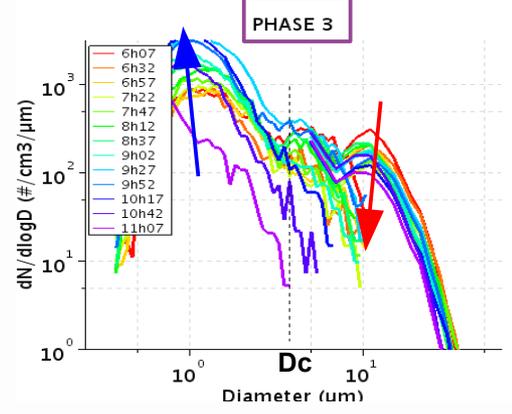
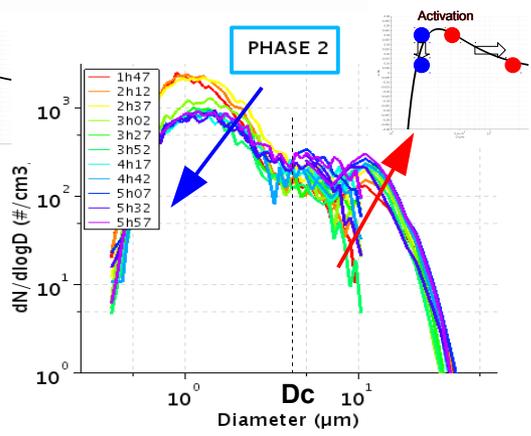
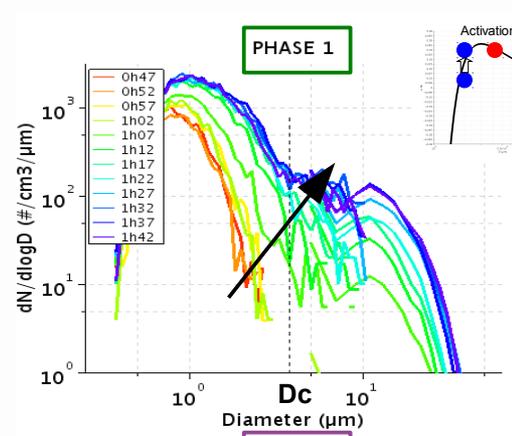
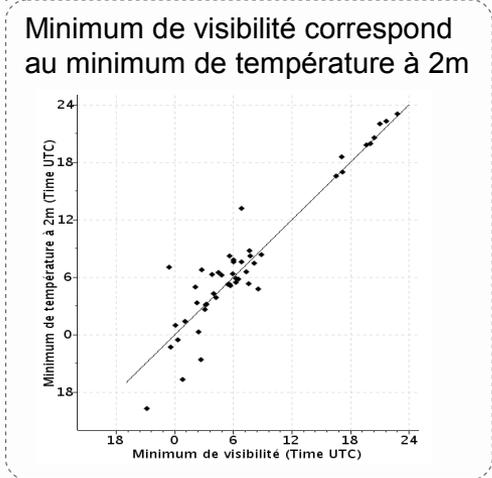
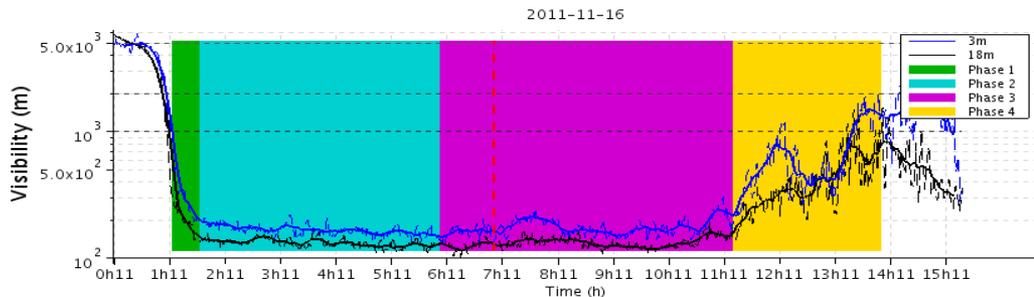
Distribution granulométrique des particules hydratés et des gouttelettes [1-50] μm



- Très grande diversité de cas
- Cas avec plusieurs modes de gouttelettes
- Cas avec mode de grosses gouttelettes
- Mode plus fin pour les brouillards non développés sur la verticale

1.3 Evolution microphysique

Découpage en phases basé sur l'évolution de la visibilité



- Mode de gouttelettes stable
- 4 phases 4 évolutions distinctes
- Thermodynamique 1er ordre : pas de tendance évidente entre microphysique et durée de vie du brouillard

2.1 SIMULATION MESO-NH EN MODE LES

Cas idéal : $\Delta x \sim 5\text{m}$, $\Delta z \sim 1\text{m}$, $\Delta t \sim 0,05\text{s}$, $200*200$, **surface homogène**

- Schéma microphysique à deux moments KHKO (r,N) (Cohard et Pinty (2002), Geoffroy (2007))
- Schéma pseudo-prognostique pour la paramétrisation de la sursaturation (O.Thouron (2012))

Schéma actuel : ajustement à la saturation. Maximum de saturation doit être atteint à chaque pas de temps, ne convient pas pour des résolutions fines (10m, 1s). Adapté pour des mailles sans liquid water content (LWC) initialement.

Choix de deux cas de brouillard à la microphysique distincte à simuler

Cas 1 mode de gouttelettes – 15/11/11

Cas 2 modes de gouttelettes – 22/11/12

Objectifs :

1. Valider et adapter le nouveau schéma pour la sursaturation
 - Activation et cycle de vie du brouillard (phases)
2. Modifier les propriétés des particules d'aérosols en entrée (distribution, hygroscopicité) et étude de l'impact sur le cycle de vie

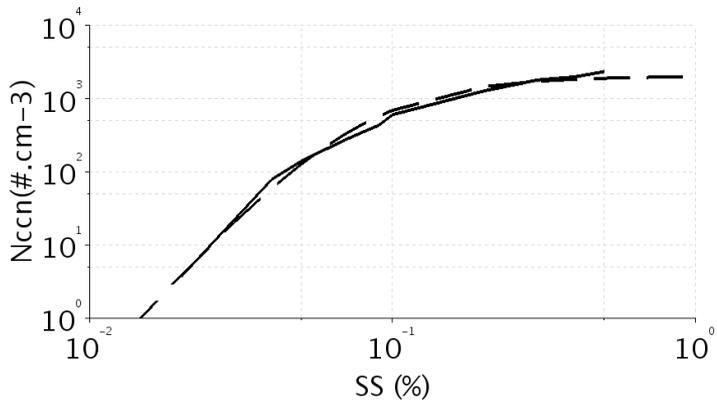
2.1 Simulation MESO-NH en mode LES

Cas du 15/11/11 02H30-09H30

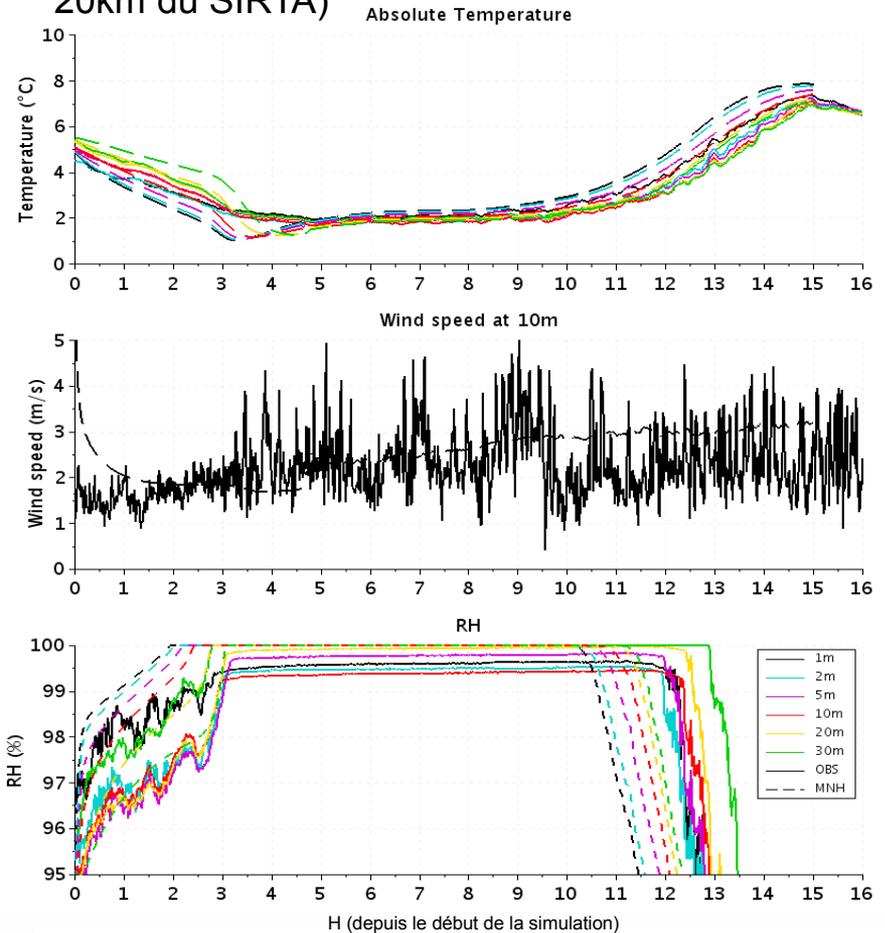
- Hfog ~ 100m
- LWC ~ 0,02 g.m⁻³
- Nccn ~ 70 #.cm⁻³
- Nd ~ 60 #.cm⁻³

OBS ———
MNH - - -

‣ Spectre d'activation correspondant aux Obs (CCNC)



‣ Initialisation et forçage : Mat de 30m (P,T,HU), radiosondages de Trappes (Toutes les 12h à 20km du SIRT)



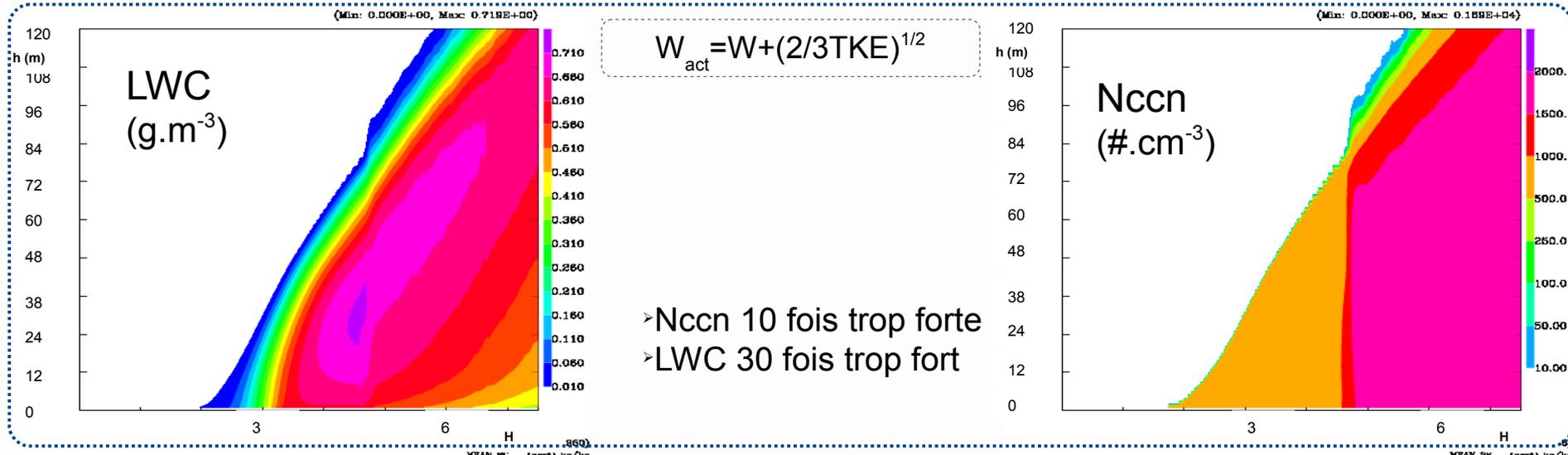
Evolution thermodynamique satisfaisante

2.2 Paramétrisation de la sursaturation

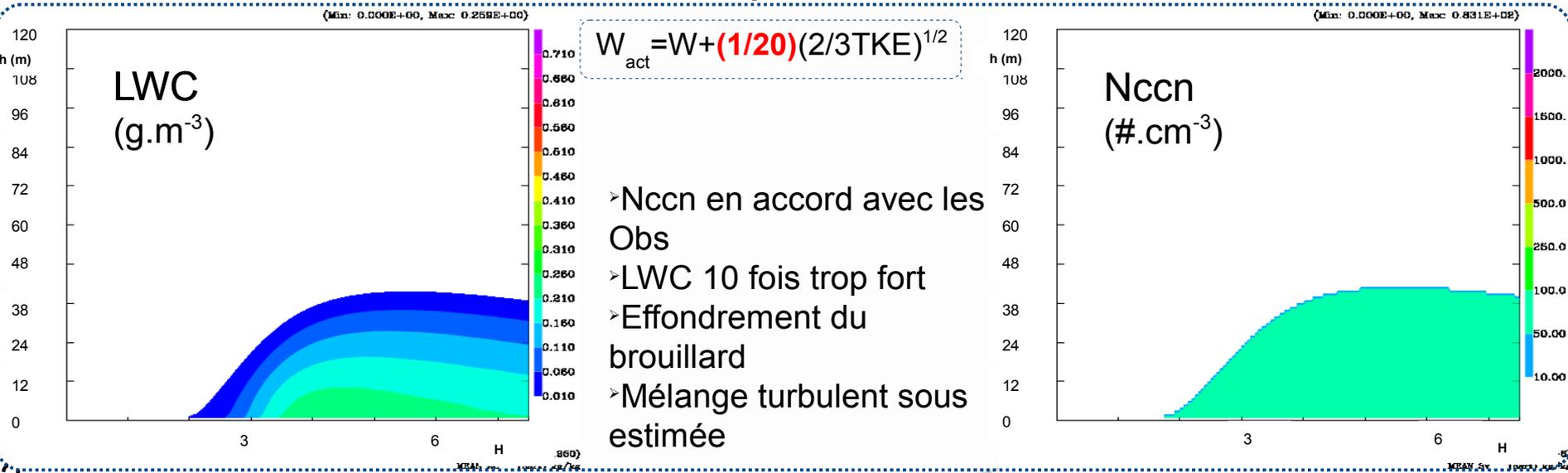
Schéma actuel : ajustement à la saturation

Phases d'initialisation et de développement

Hfog ~ 100m LWC ~ 0,02 g.m⁻³ Nccn ~ 70 #.cm⁻³



Activation par la turbulence 3D

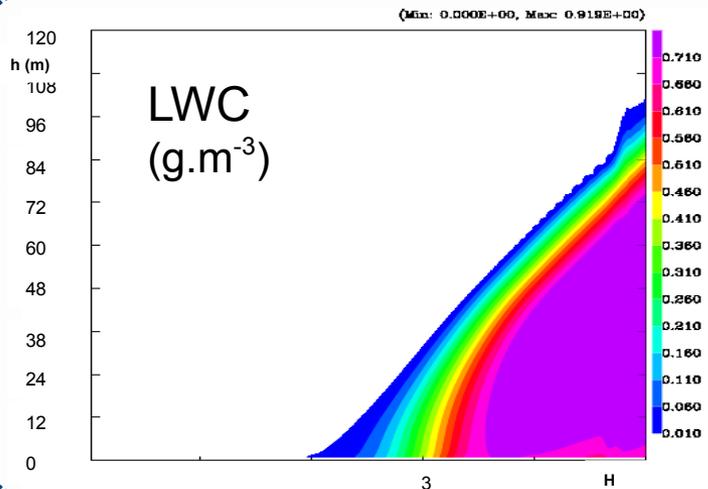


2.2 Paramétrisation de la sursaturation

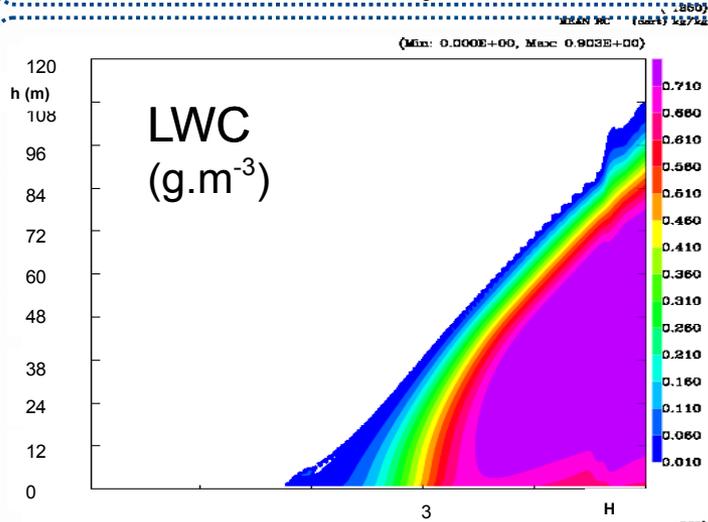
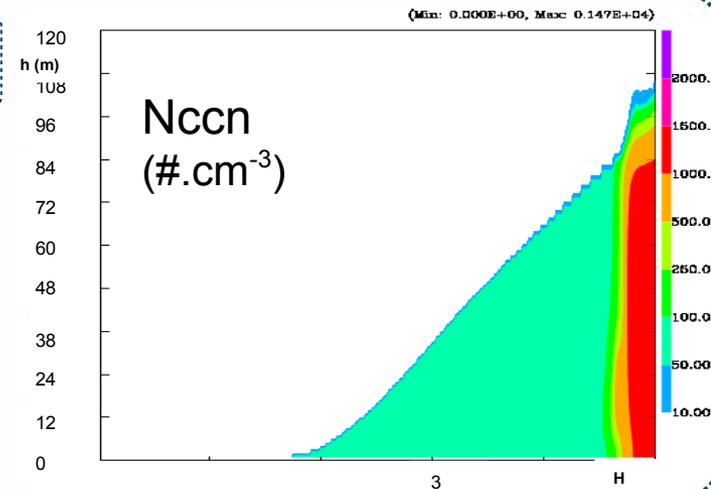
Ajustement à la saturation vs pseudo-prognostique

Sédimentation désactivée

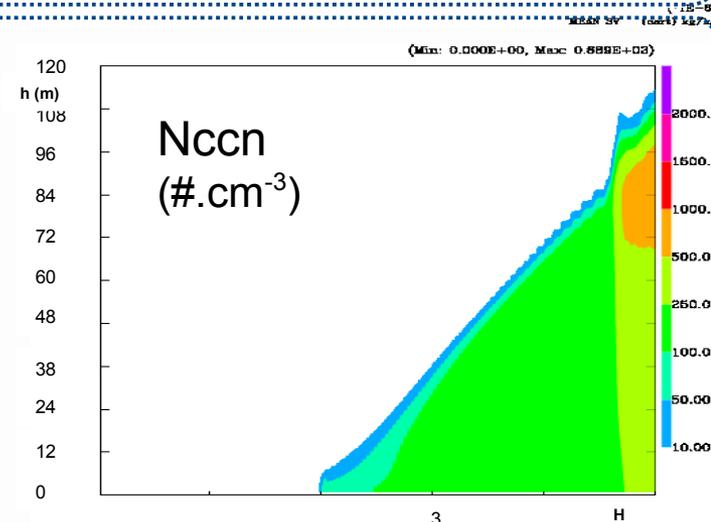
Hfog ~ 100m LWC ~ 0,02 g.m⁻³ Nccn ~ 70 #.cm⁻³



Ajustement à la saturation
 $W_{act} = W + (1/20)(2/3TKE)^{1/2}$



Pseudo-prognostique



Activation réaliste

Nécessité d'améliorer la dynamique en introduisant plus de mélange : introduction d'un effet de traînée des arbres (Aumond et al. (2013))

CONCLUSION/PERSPECTIVES

Impact du processus d'activation sur les propriétés microphysiques des brouillards et sur leur cycle de vie

Étude expérimentale

Analyse des données microphysiques fournies par 4 instruments et obtenues durant trois saisons hivernales (48 cas)

- Détermination des valeurs de sursaturation ($\sim 0,05\%$) et des concentrations de CCN ($\sim 100\#.cm^{-3}$) dans le brouillard
- Mise en évidence de l'impact de la distribution d'aérosol et de la chimie sur l'activation
- Mise en évidence de phases pour la microphysique du brouillard
- Choix de deux cas pour la simulation

Simulation numérique

- Test du schéma de sursaturation pseudo-prognostique dans le brouillard
- Surface hétérogène et inclusion d'arbres afin de créer du mélange turbulent
- Sédimentation dans le brouillard
- Étude de l'impact de l'aérosol sur le cycle de vie du brouillard

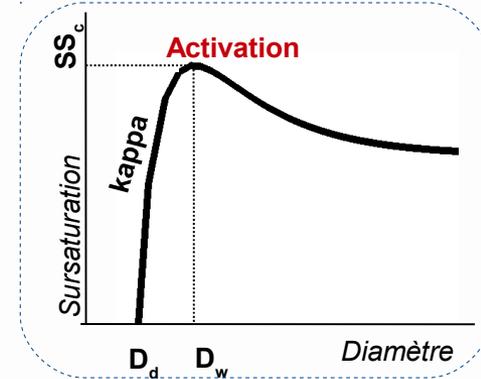
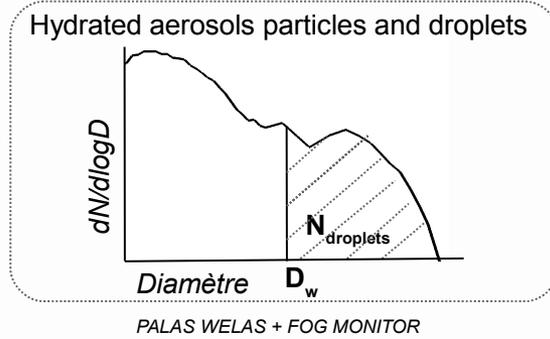
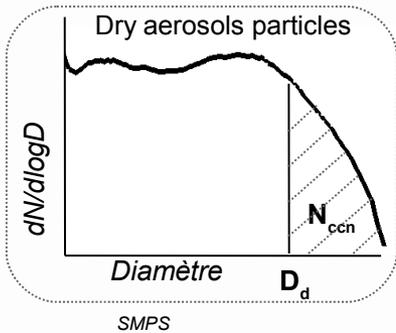
A misty mountain landscape with dense evergreen forests and a thick layer of fog or low clouds filling the valleys. The scene is captured in a cool, blue-toned palette, with the fog creating a soft, ethereal atmosphere. The trees are silhouetted against the lighter mist, and the overall composition is layered, showing multiple ridges and valleys shrouded in fog.

Merci de votre attention

Détermination de N: Étude de l'activation à la formation

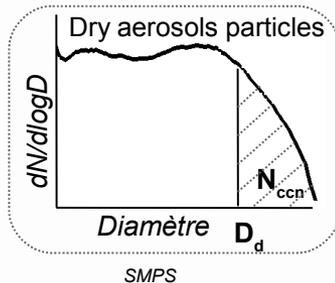
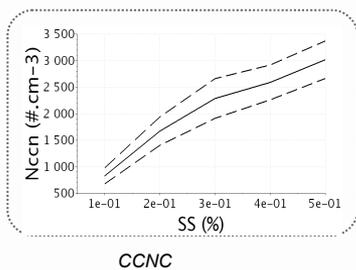
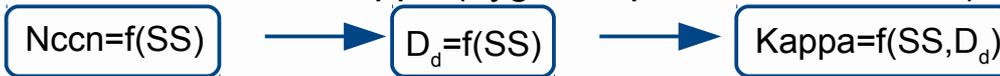
Détermination des paramètres de l'activation (SS_c , D_w , $Kappa$, D_d , N_{act})

➤ Itération sur N_{ccn} pour déterminer les paramètres de l'activation



Kappa-Köhler
(Petters and Kredenweis, 2007)

➤ Détermination de Kappa (hygroscopicité des aérosols)



$$\kappa = \frac{4A^3}{27D_d^3 \ln^2 SS_c}$$

Kappa-köhler

$SS < 0,1\%$ dans le brouillard (Hudson, 80)
Détermination de deux Kappa : $Kappa_{1\%}$

