

LES de brouillard radiatif, améliorer la représentation microphysique du brouillard

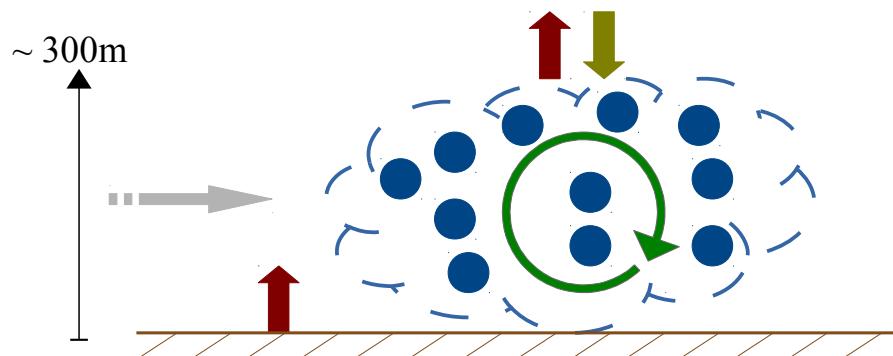
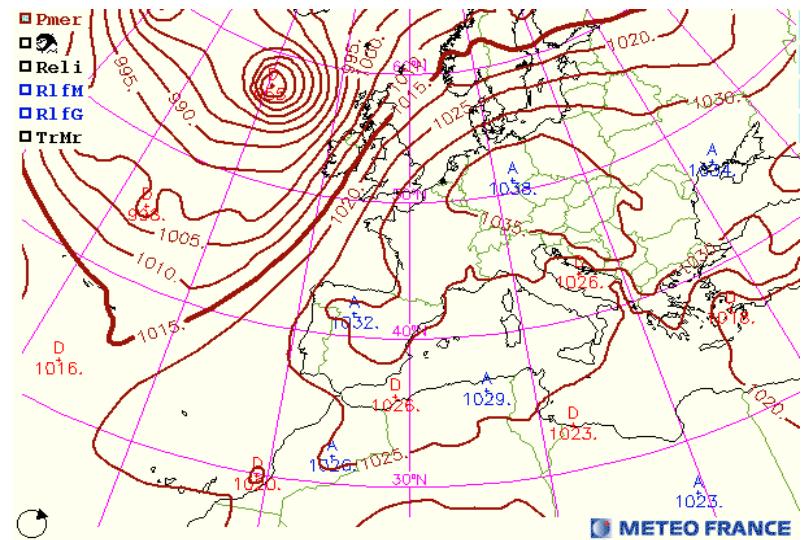
Marie Mazoyer, Christine Lac et Benoit Vié
(CNRM/CNRS-Météo-France)



AMA 2018

CONTEXTE

- › Situations favorables connues
- › Mais leur prévision reste difficile ...



- › Fines échelles
- › Interaction complexe entre processus surfaciques, radiatifs, turbulents, dynamiques et **microphysiques**

CONTEXTE – microphysique des brouillards (au sol)

DANS LES MODÈLES

Contenu en eau liquide

LWC $\sim [0.1-0.6]$ g.m $^{-3}$

Concentration de gouttelettes fixées

↳ Modèles de prévision du temps

N = 100 cm $^{-3}$ ou 300 cm $^{-3}$ (Nakanishi, 1999 ;
Porson et al., 2011 ;
Bergot, 2013)
AROME

Concentration de gouttelettes pronostiquées

N $\sim [100-800]$ cm $^{-3}$ (1-D: Zhang et al. 2014,
Stolaki et al. 2015)
(LES: Maalick et al. 2016
Maronga et al. 2017)

DANS LES OBSERVATIONS ([2-50] μm)

(Wendisch et al., 1998; Garcia-Garcia et al., 2002;
Gultepe et al., 2007b; Niu et al., 2010; Price, 2011;
Gonser et al., 2012 ; Mazoyer et al, 2016)

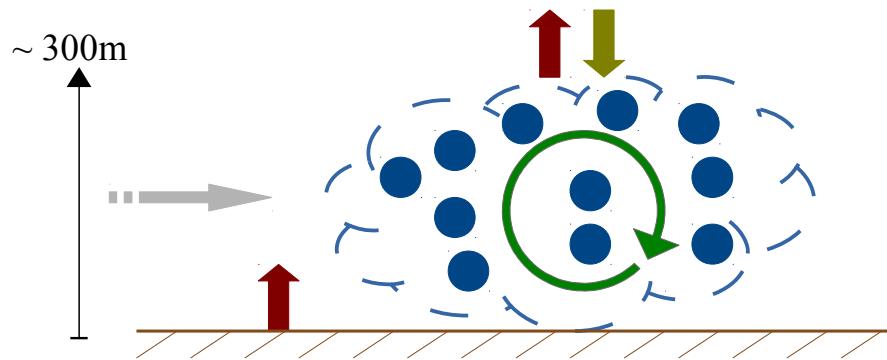
LWC $\sim [0.05-0.3]$ g.m $^{-3}$

N $\sim [10-300]$ cm $^{-3}$
[800-1000] cm $^{-3}$ (Chine)

- Écart trop important entre modèles et obs pour conclure sur l'impact de la microphysique
- Besoins d'approfondir les observations et **les simulations (Processus manquants ou mal représentés pour le brouillard)**

PROBLÉMATIQUE & MÉTHODE

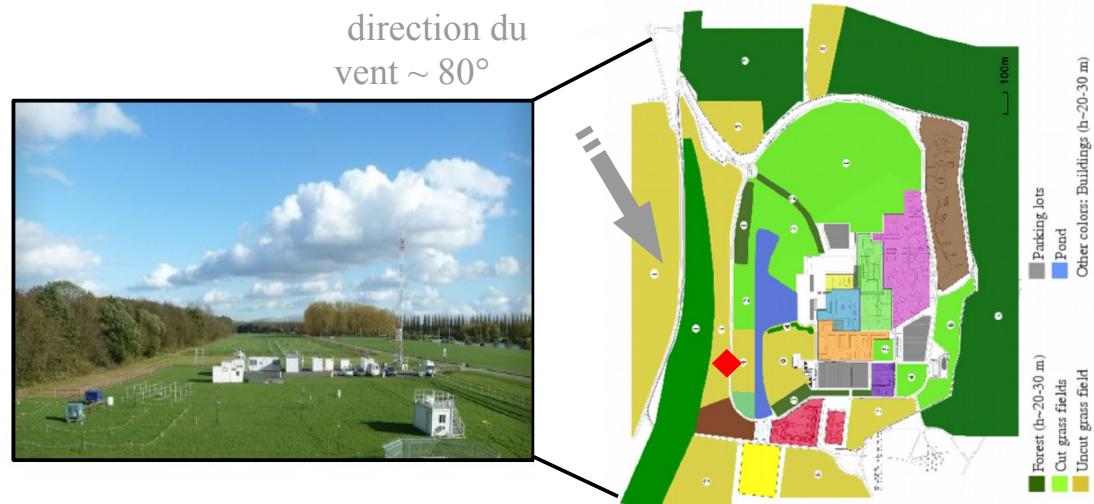
Comment améliorer la représentation microphysique du brouillard ?



- **Simulation LES** → turbulence essentiellement résolue
- Deux ingrédients majeurs:
 1. Dynamique → **Hétérogénéités de surface**
 2. Microphysique → **Dépôt des gouttelettes**
→ **Processus d'activation**

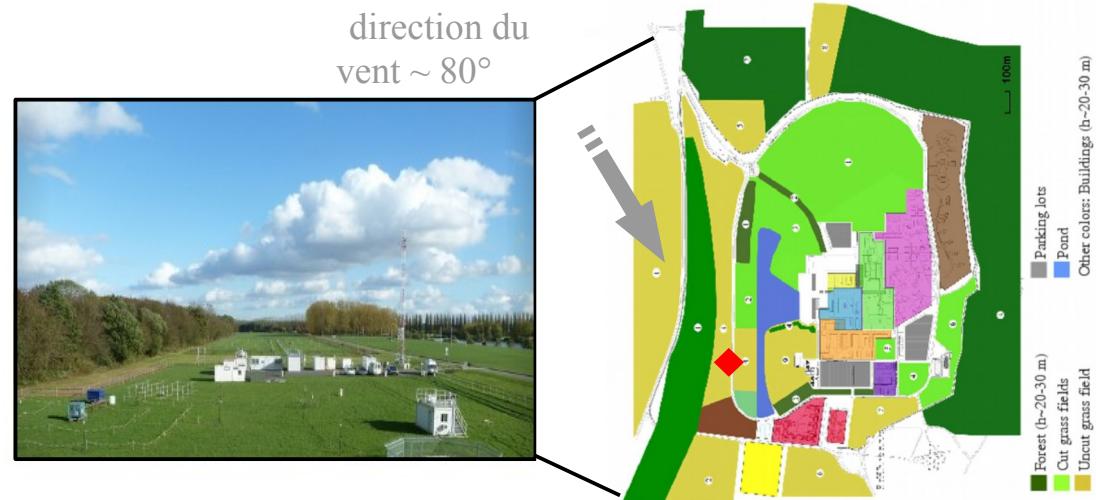
CAS D'ÉTUDE (Mazoyer et al., 2017, ACP)

- Cas de la campagne PréViBoss (2010-2013) au SIRTA (zone semi-urbaine)
 - Simulation idéalisée du **cas du 15/11/11**, représentatif des cas radiatifs au **SIRTA**
 - Initialisation avec un radiosondage
 - **$\Delta x = 5m$ (200*200), $\Delta z \sim 1m$ (156 niveaux $\rightarrow 1500m$), $\Delta t \sim 0.1s$**
 - Turbulence 3D (Cuxart et al, 2000), rayonnement ECMWF



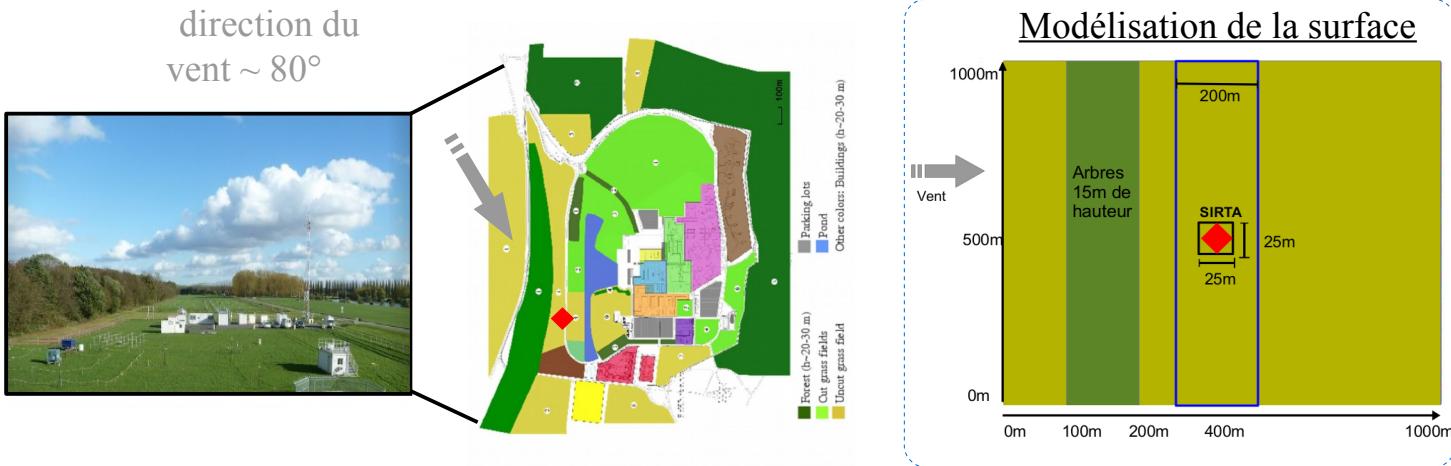
CAS D'ÉTUDE (Mazoyer et al., 2017, ACP)

- › Cas de la campagne PréViBoss (2010-2013) au SIRTA (zone semi-urbaine)
- › Simulation idéalisée du **cas du 15/11/11**, représentatif des cas radiatifs au **SIRTA**
- › Initialisation avec un radiosondage
- › $\Delta x = 5\text{m (200*200)}$, $\Delta z \sim 1\text{m (156 niveaux) \rightarrow 1500m}$, $\Delta t \sim 0.1\text{s}$
- › Turbulence 3D (Cuxart et al, 2000), rayonnement ECMWF



- › Barrière d'arbres modifie l'écoulement au SIRTA et crée des structures turbulentes propres (Zaïdi et al., 2013)
- › Cas fréquents de formation de brouillard radiatif en altitude

CAS D'ÉTUDE (Mazoyer et al., 2017, ACP)



► **Ajout** d'une modélisation de l'**effet de traînée due aux arbres** (Aumond et al., 2013) :

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t}_{DRAG} = -C_d A_f(z) \alpha \sqrt{u^2 + v^2}$$

$\alpha = u, v, \text{TKE}$

CAS D'ÉTUDE (Mazoyer et al., 2017, ACP)



› **Ajout** d'une modélisation de l'**effet de traînée due aux arbres** (Aumond et al., 2013) :

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t}_{DRAG} = -C_d A_f(z) \alpha \sqrt{u^2 + v^2} \quad \alpha = u, v, TKE$$

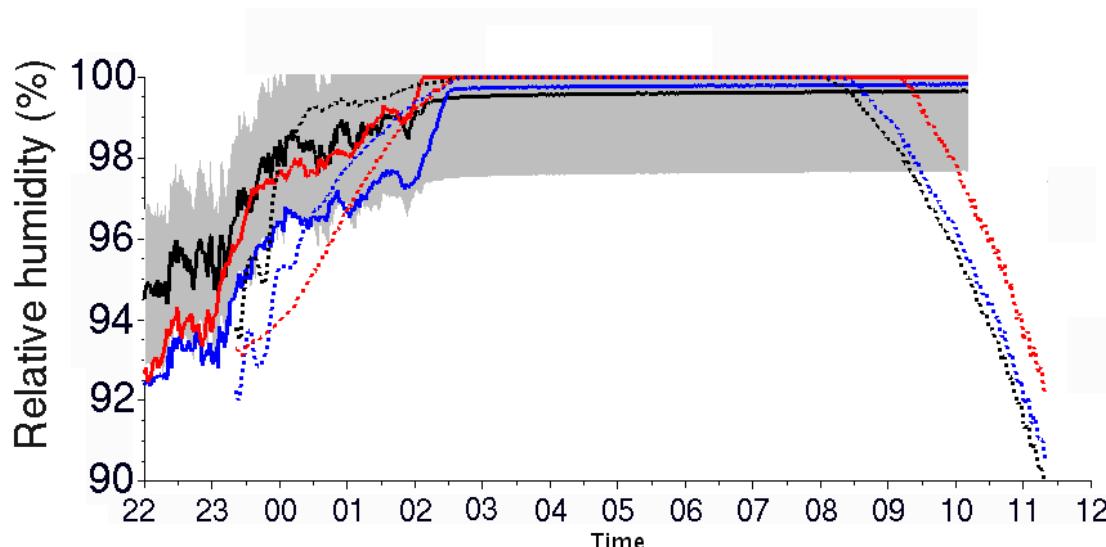
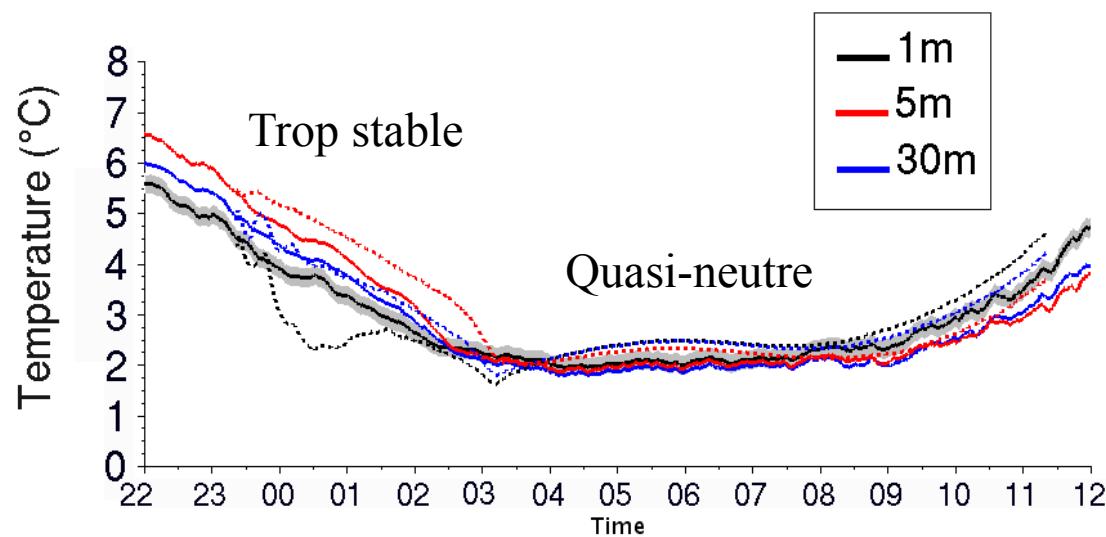
› Schéma de **microphysique chaude à deux moments**, KHKO (Cohard et Pinty (2002), Geoffroy (2007)), **incluant la sédimentation**

→ **Ajout** d'un nouveau processus : **Dépôt des gouttelettes sur la végétation** (terme puits d'interception direct par les arbres et la surface) : seulement pour le premier niveau sur l'herbe et sur la hauteur des arbres (15m) :

Katata (2014) : $2 \text{ cm/s} < V_{DEP} < 8 \text{ cm/s}$
végétation basse

$$F_{dep} = \rho_{aa} a V_{DEP} \text{ avec } V_{DEP} = 2 \text{ cm/s} \quad \alpha = N_c, R_c$$

Évolution thermodynamique



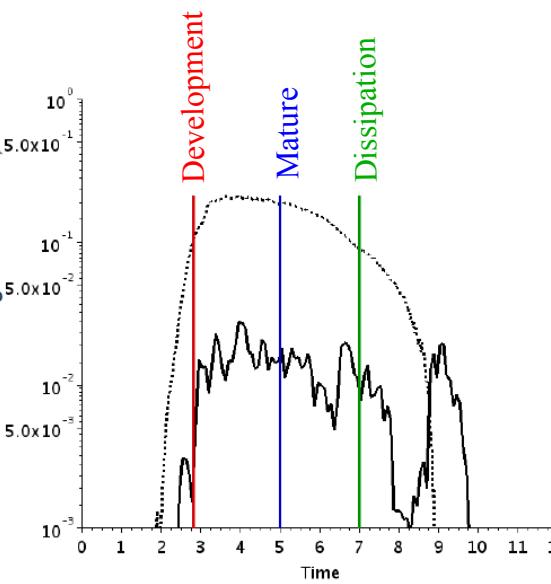
◆ Formation du brouillard au sol :
02h30 dans les OBS et REF

◆ Dissipation au sol :
10h dans les OBS
8h30 avec REF

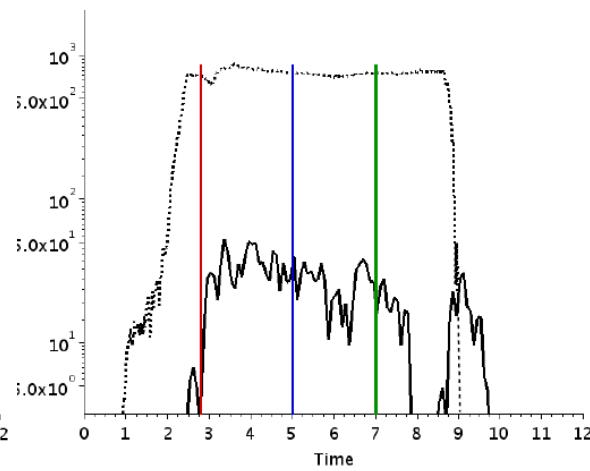
Microphysique à 3m et intégrée sur la verticale

— OBS
- - REF

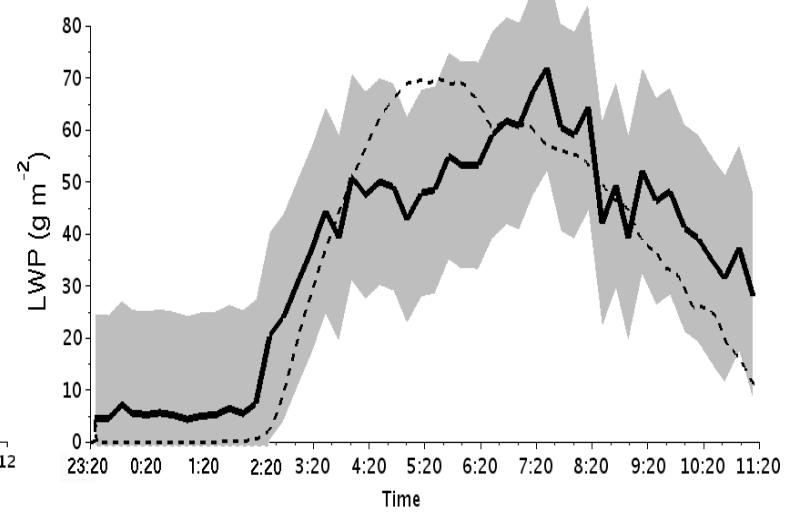
Rc (g/kg) à 3 m



Nc (part.cm⁻³) à 3 m



LWP (Rc intégré sur la verticale)



Max_OBS=0.03 g.kg⁻¹

Max_MNH=0.2 g.kg⁻¹

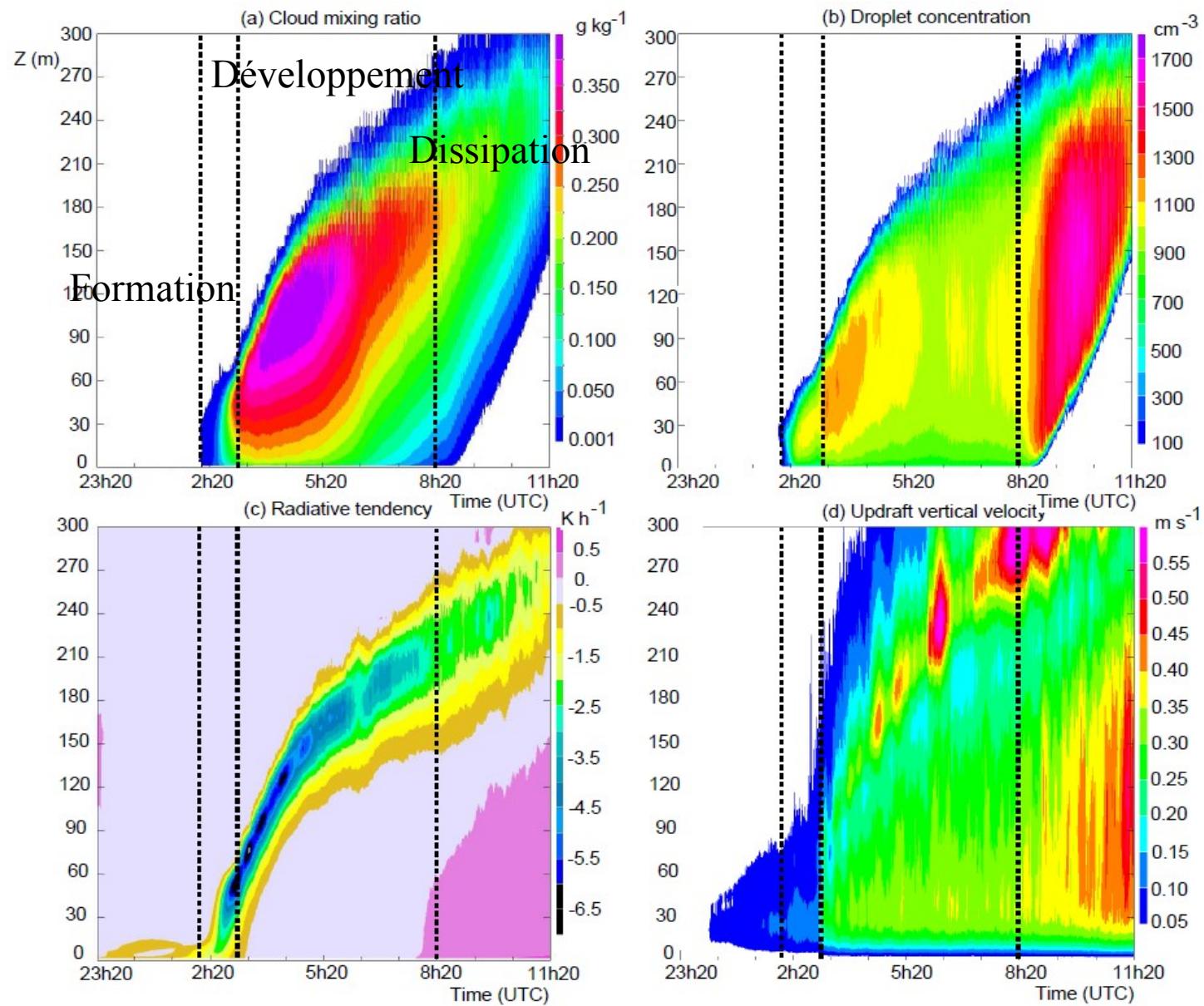
Max_OBS= 53 cm⁻³

Max_MNH=700 cm⁻³



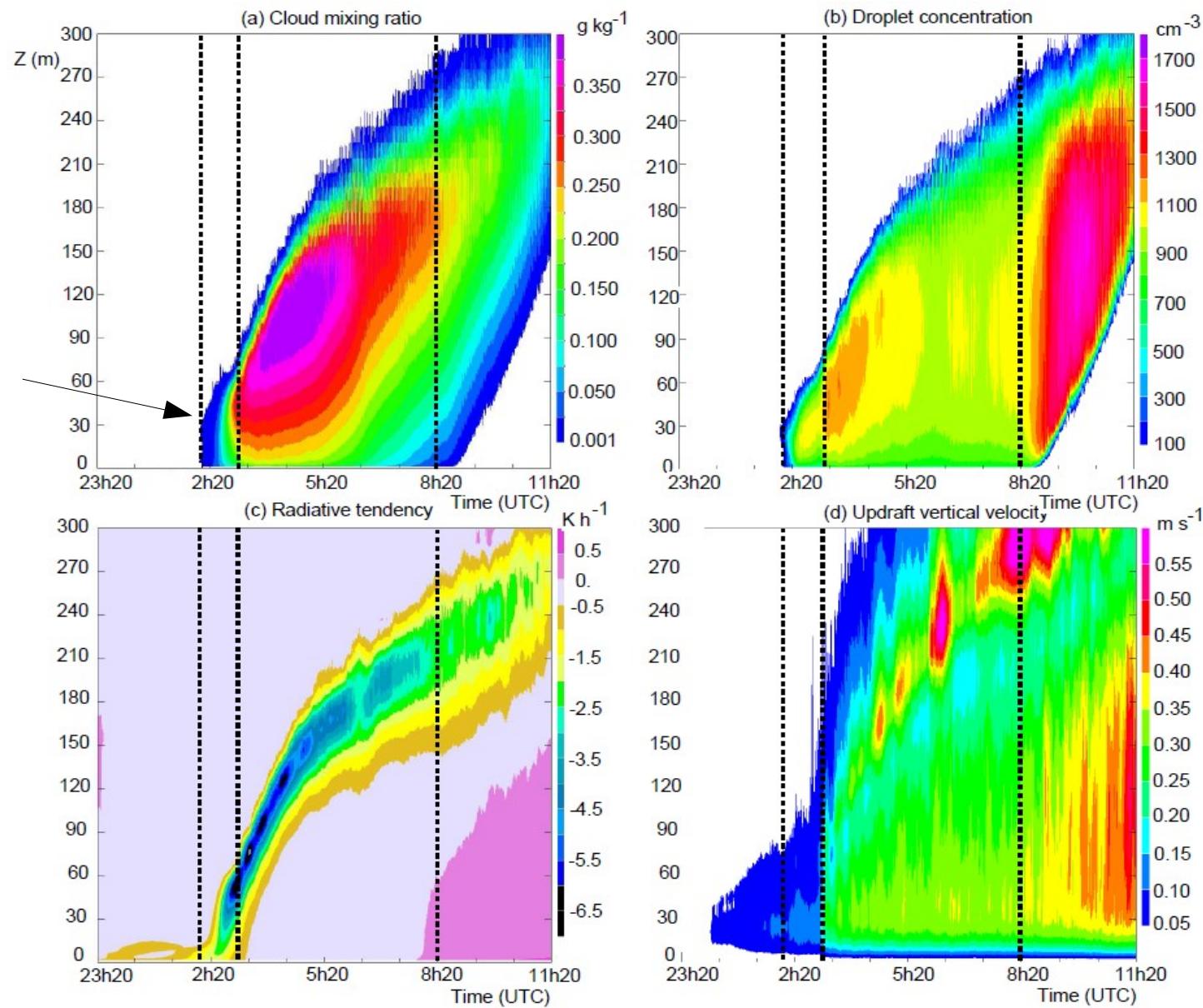
- ◆ Surestimation de rc et Nc par rapport aux obs
- ◆ Représentation correcte du LWP

Évolution temporelle sur la verticale



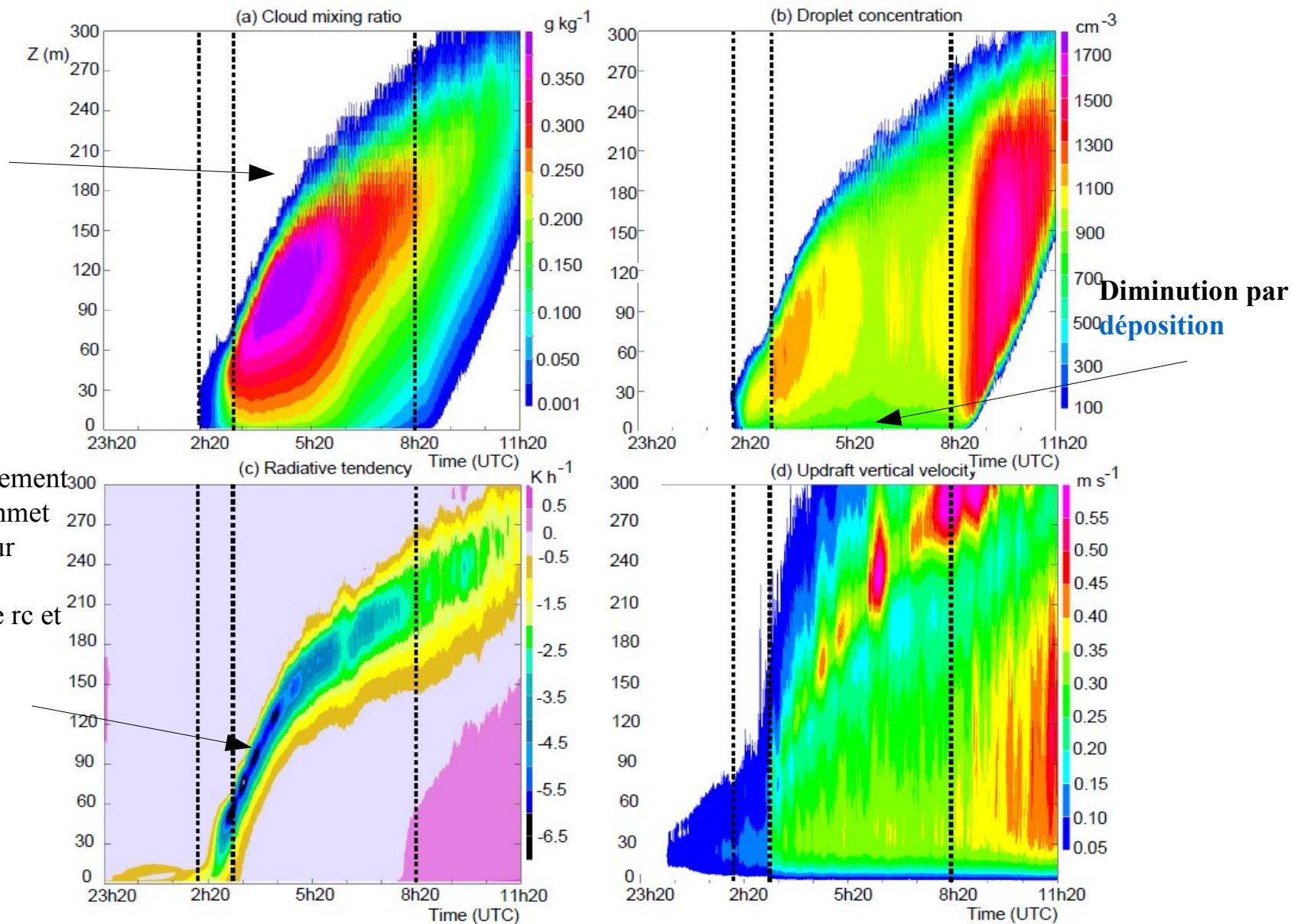
Évolution temporelle sur la verticale - Formation

Formation
en hauteur



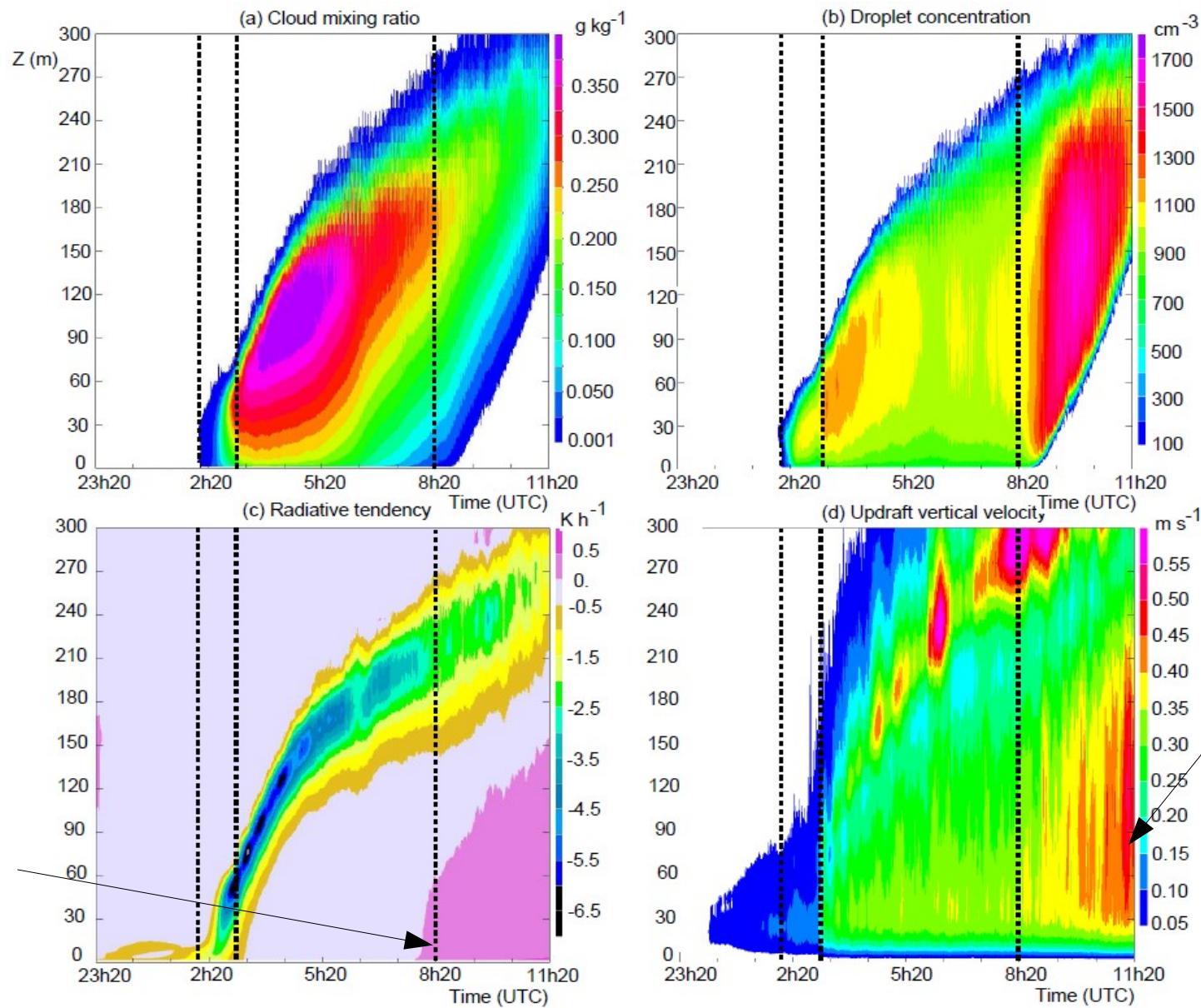
Évolution temporelle sur la verticale - Développement

Sommet de la couche nocturne : baisse de production d'eau liquide

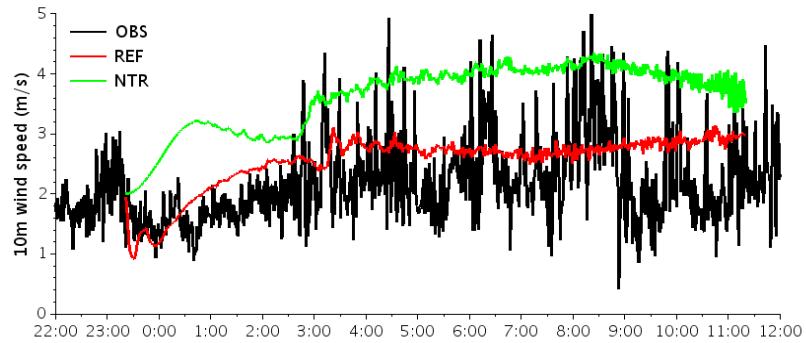


Évolution temporelle sur la verticale - Dissipation

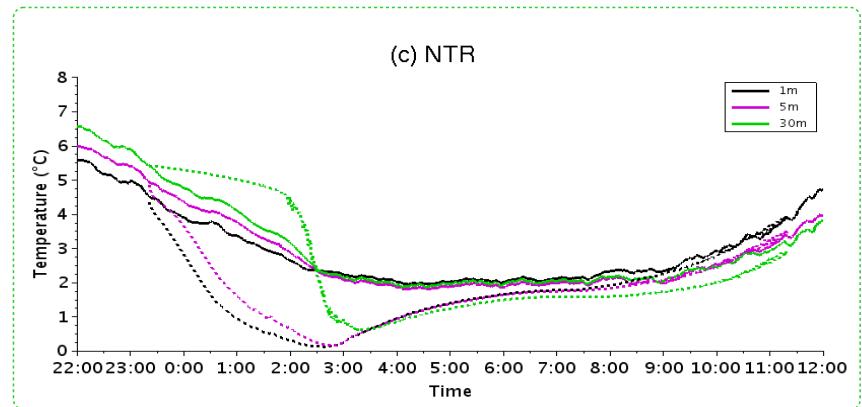
Chauffage
du sol :
dissipation



Impact de la barrière d'arbres → dynamique à la formation

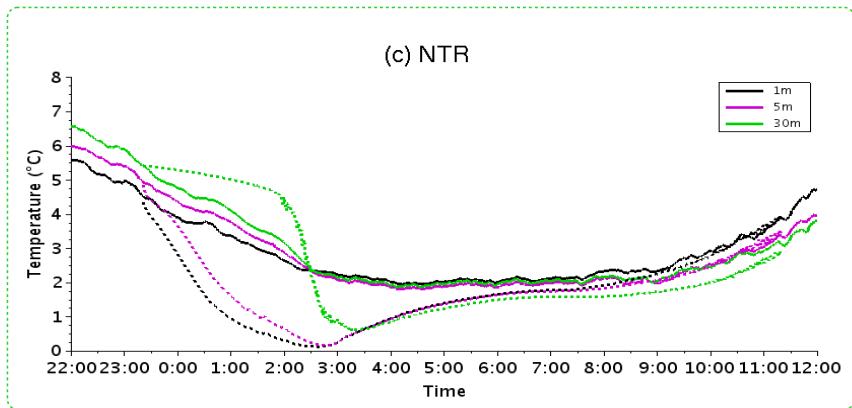
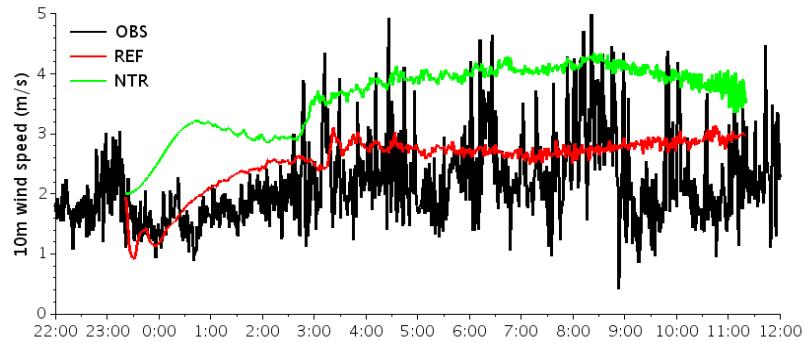


AVEC
ARBRES

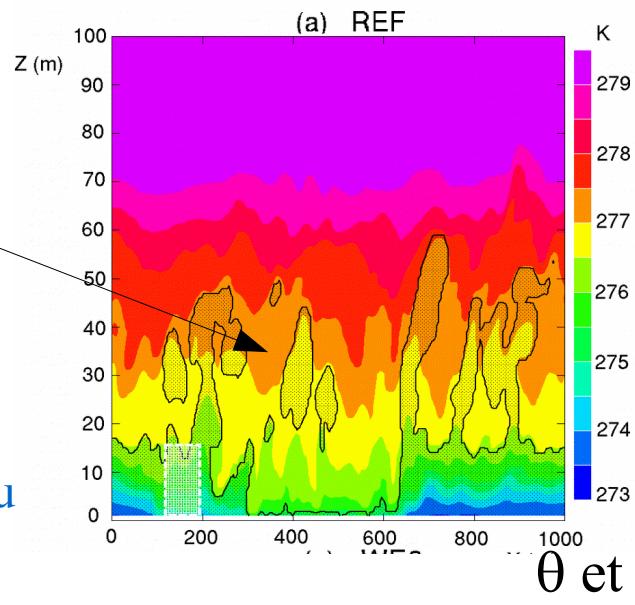


SANS
ARBRES

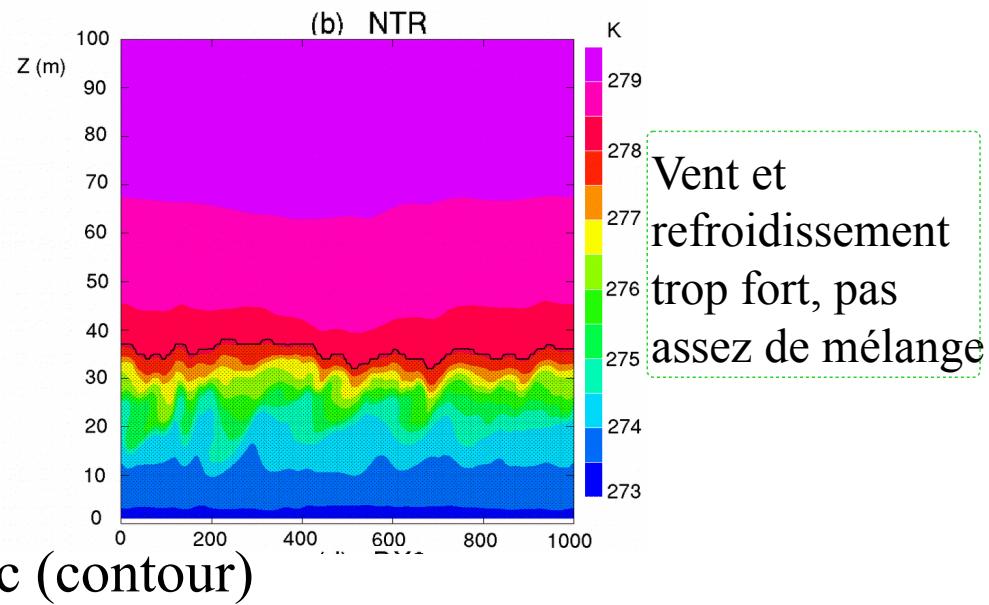
Impact de la barrière d'arbres → dynamique à la formation



AVEC
ARBRES



SANS
ARBRES



Formation
en hauteur
due aux
arbres

Durée de la
formation au
sol : 1h

Impact du processus de dépôt



OBS

AVEC ARBRES ET DÉPÔT

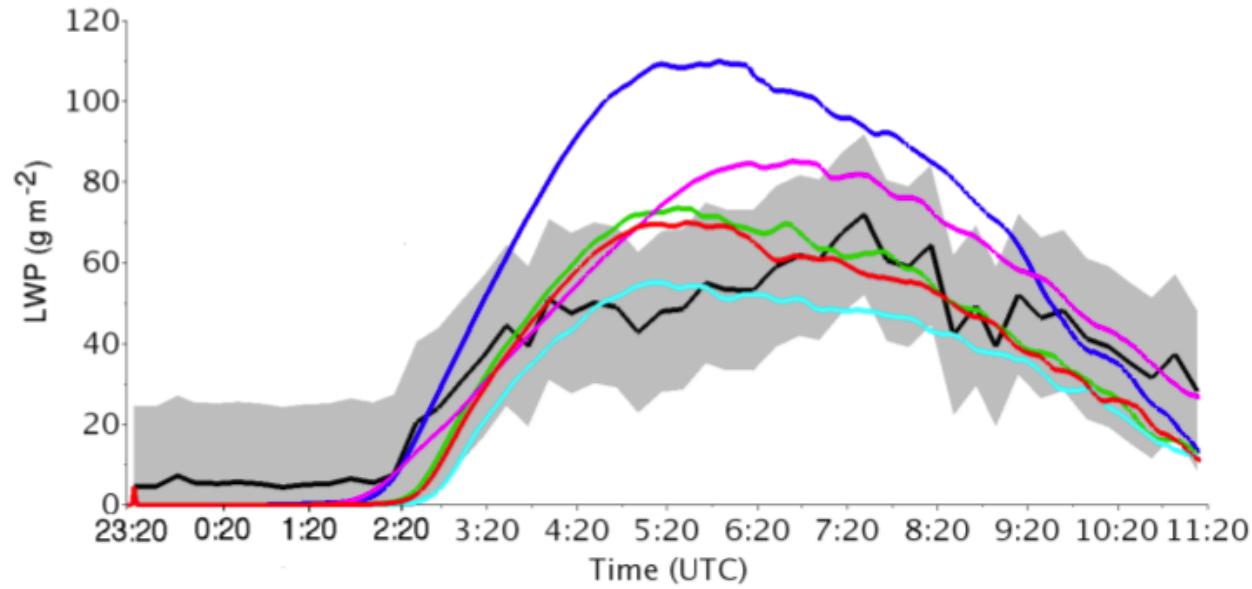
SANS DÉPÔT

$$V_{\text{dep}} = 8 \text{ cm/s}$$

Pas de dépôt sur les arbres

SANS ARBRES

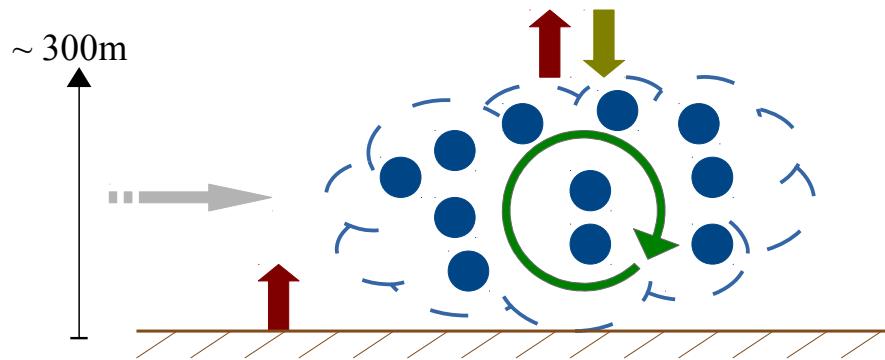
LWP (Rc intégré sur la verticale)



Le processus de dépôt et l'effet de trainée induit par les arbres sont essentiels pour une représentation plus réaliste du cycle de vie du brouillard et de ses champs microphysiques

PROBLÉMATIQUE & MÉTHODE

Comment améliorer la représentation microphysique du brouillard ?

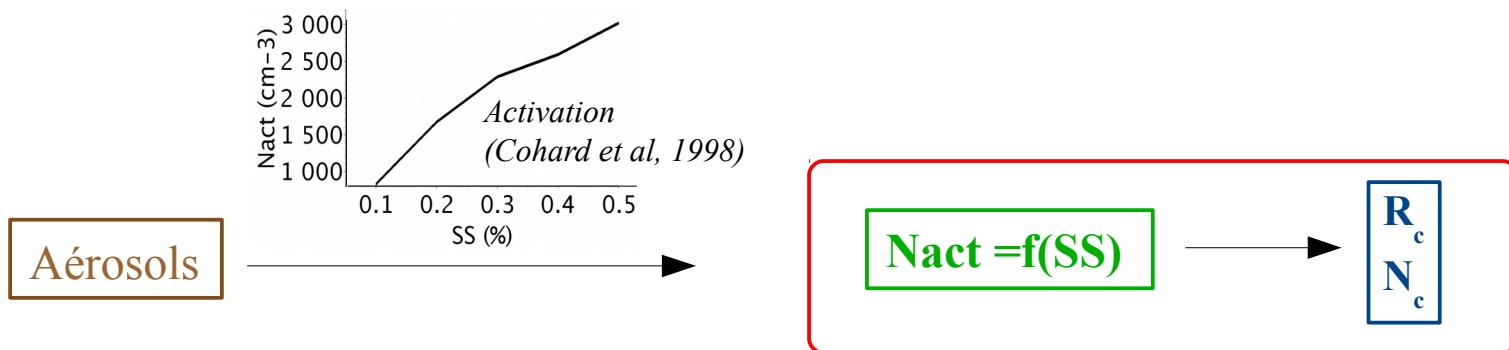


- **Simulation LES** → turbulence résolue
- Deux ingrédients: 1. Dynamique → **Hétérogénéités de surface**
2. Microphysique → **Dépôt des gouttelettes**
→ **Processus d'activation**

Processus d'activation – paramétrisation de la sursaturation

Modélisation de la microphysique

- Schéma de **microphysique chaude à deux moments**, KHKO (Cohard et Pinty (2002), Geoffroy (2007))
 - ⇒ prognostique de r_c et N_c et diagnostique de N_{act} à partir de la sursaturation



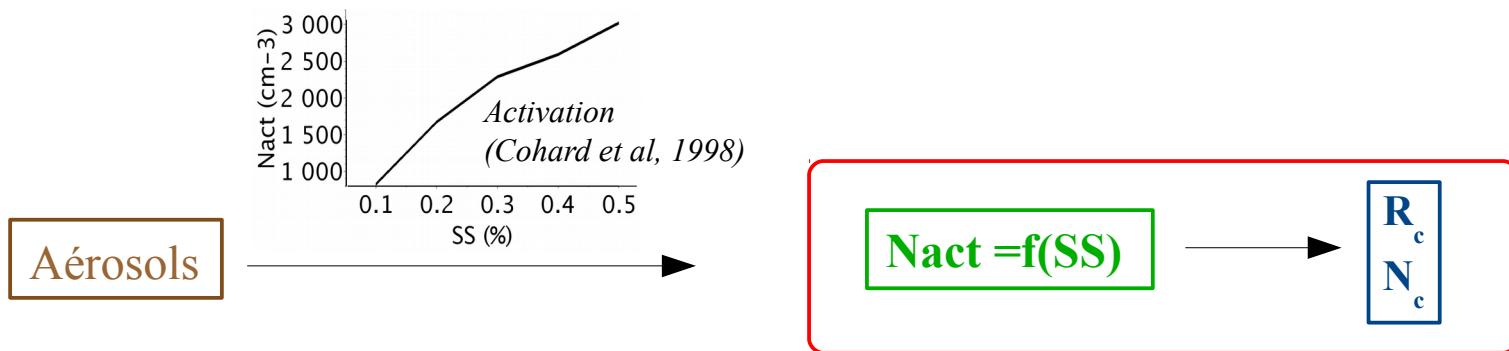
Deux approches pour la condensation et le calcul de SS :

- 1-Ajustement à la saturation nulle pour la condensation & calcul de Smax pour l'activation (**Schéma d'ajustement à la saturation**)

Processus d'activation – paramétrisation de la sursaturation

Modélisation de la microphysique

- Schéma de microphysique chaude à deux moments, KHKO (Cohard et Pinty (2002), Geoffroy (2007))
 - ➡ prognostique de r_c et N_c et diagnostique de N_{act} à partir de la sursaturation

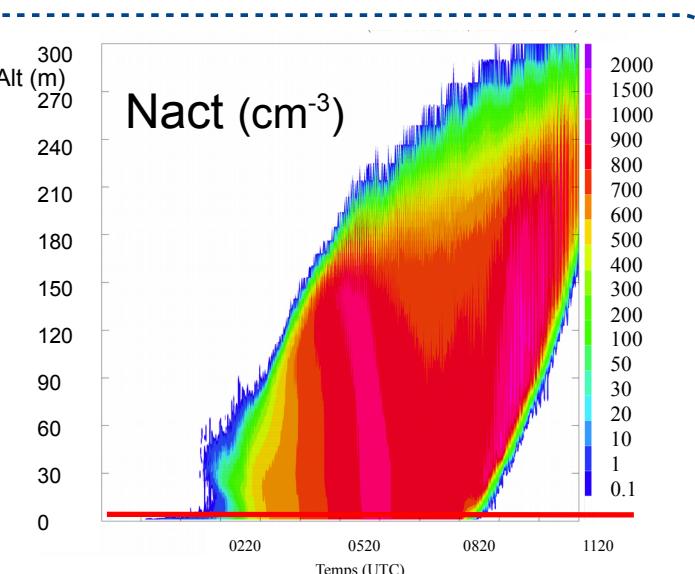
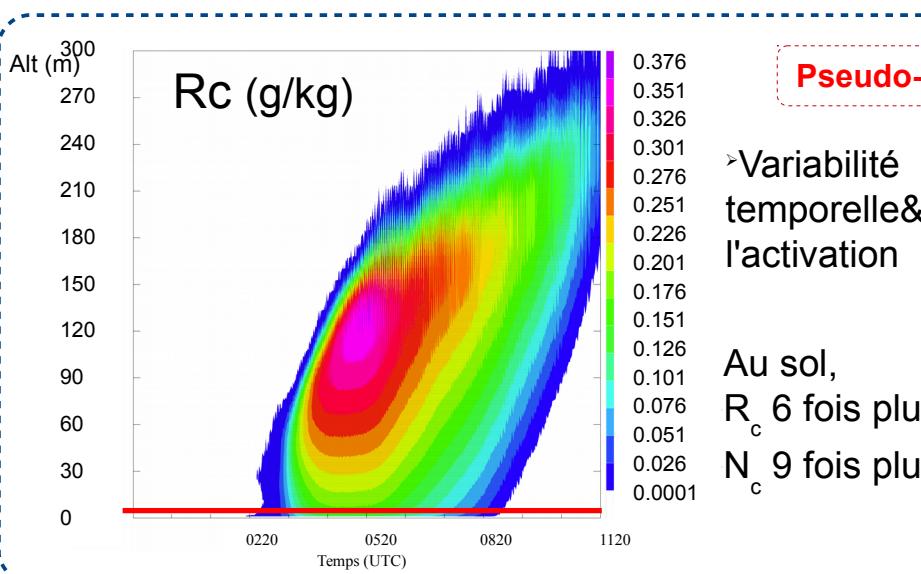
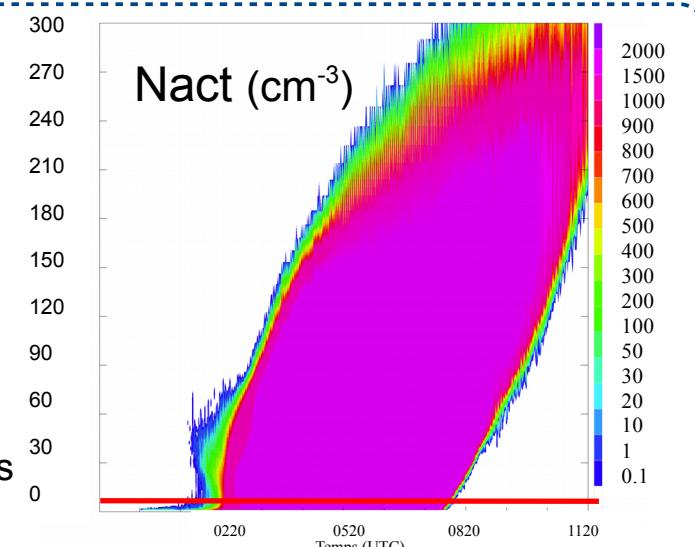
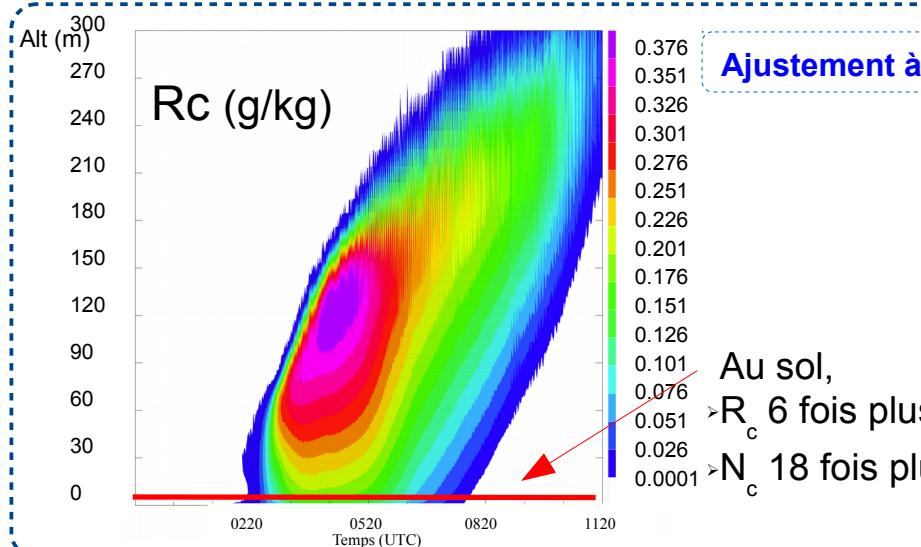


Deux approches pour la condensation et le calcul de SS :

- 1-Ajustement à la saturation nulle pour la condensation & calcul de Smax pour l'activation (**Schéma d'ajustement à la saturation**)
- 2-Ajustement à la saturation réelle pour la condensation & activation selon la sursaturation réelle (**Schéma pseudo-pronostique** de Thouron et al. (2012)), uniquement pour des LES

Processus d'activation – Évolution temporelle sur la verticale

Observations (2.5m) : $LWC \sim 0.03 \text{ g.m}^{-3}$ $Nc \sim 55 \text{ cm}^{-3}$, à 0820 UTC, Hfog $\sim 300\text{m}$



Processus d'activation – comparaisons des schémas pour l'activation

Phase mature (0620 UTC, un pas de temps)

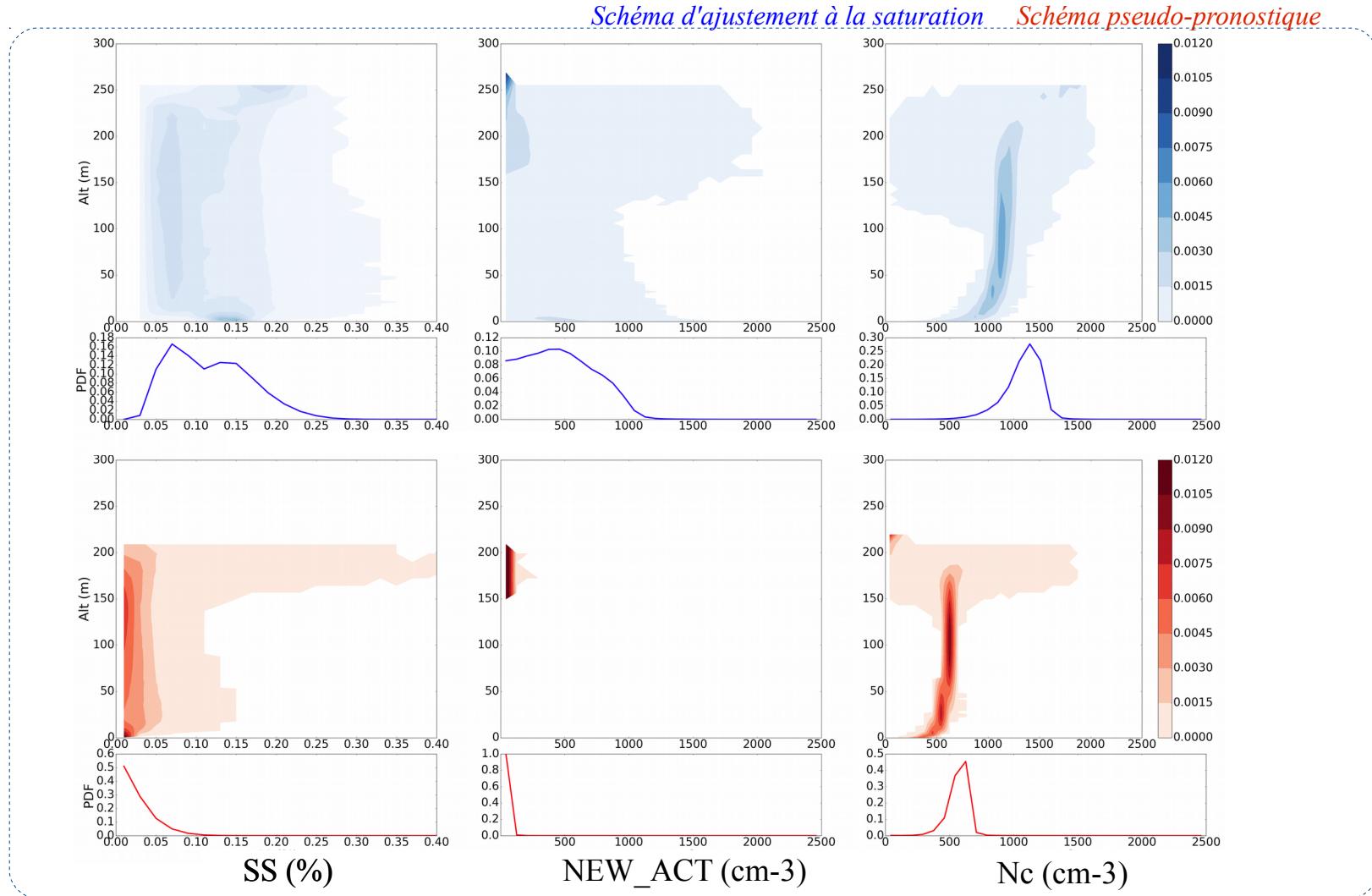
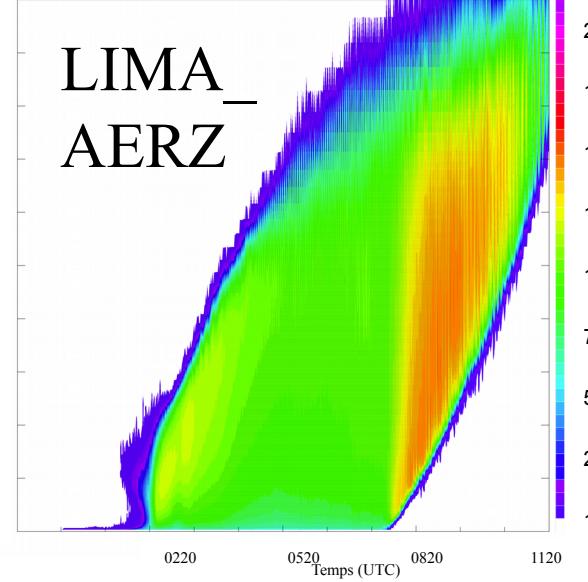
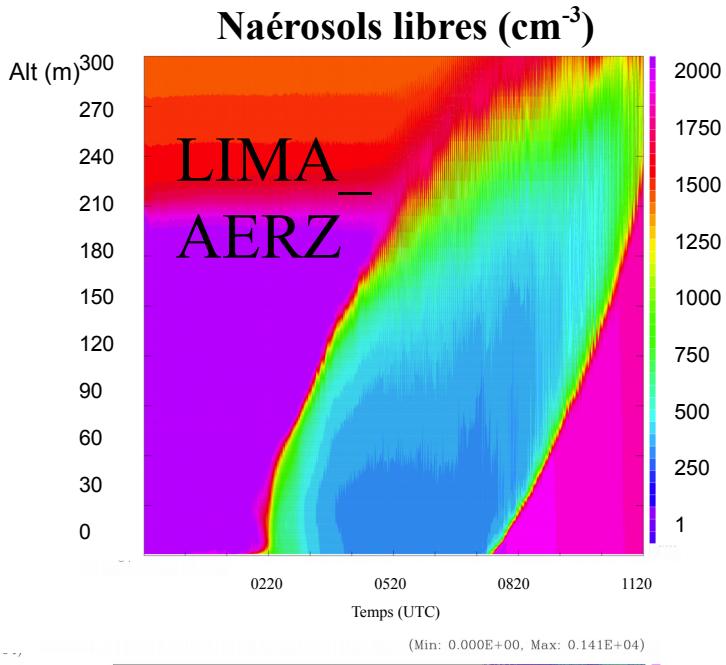
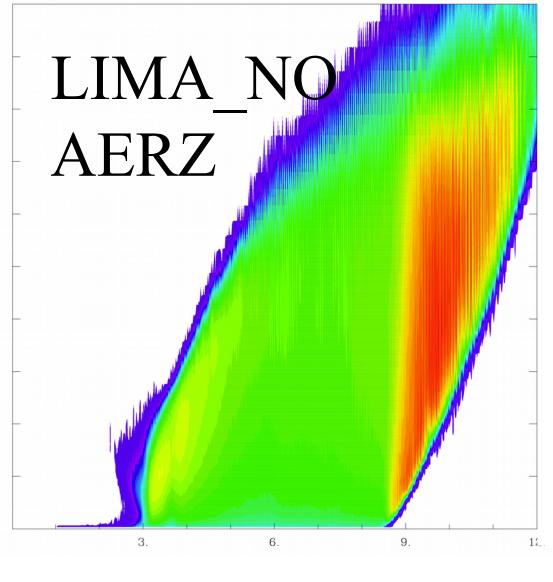
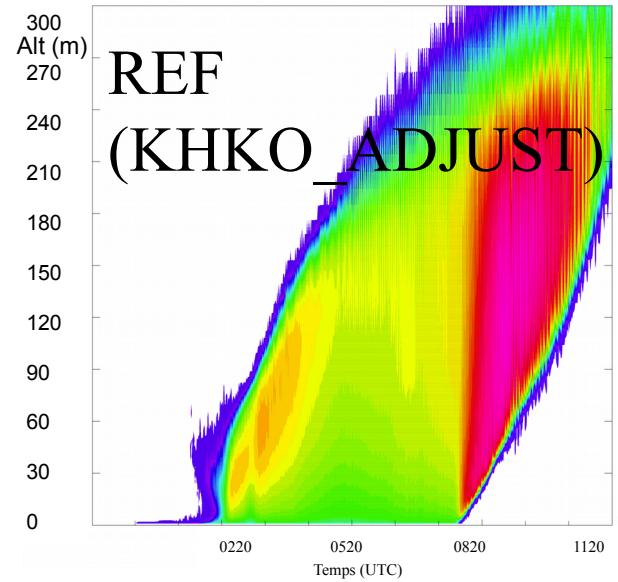


Schéma pseudo-pronostique



plus physique pour la simulation fine du brouillard

Test de LIMA (Vié et al., 2016) pour le brouillard – Variabilité verticale (et transport) des particules d'aérosols



CONCLUSION

Comment améliorer la représentation microphysique du brouillard ?

Simulation en mode LES d'un cas de brouillard observé au SIRTA représentatif des brouillards radiatifs

Dynamique

- Nécessité de considérer les **hétérogénéités de surface** pour obtenir un cycle de vie et une représentation microphysique plus réaliste.

Microphysique

- Nécessité de considérer le **processus de dépôt humide** à la surface et sur ses hétérogénéités : fort terme puits pour la microphysique au sol.
- Représentation plus physique du processus d'activation dans le brouillard avec le **schéma pseudo-pronostique** de Thouron et al. (2012) en mode LES. Mais de fortes sursaturations (et concentrations) persistent au sommet du brouillard.
- Une **variation verticale du profil initial des aérosols** avec LIMA tend vers plus de réalisme

PERSPECTIVES

Comment améliorer la représentation microphysique du brouillard ?

Dynamique&Turbulence

- Couches limites stables et neutres : nécessité de valider les **vitesses verticales et TKE**, grandeurs clés de l'activation

Microphysique

- Mesure sur la verticale
- Utilisation de la **théorie de Kappa-Köhler** plutôt qu'un spectre d'activation (permettrait aussi de considérer l'eau condensée sur les aérosols non activés)
- Approche multimodale des aérosols

Rayonnement

- Amélioration des propriétés optiques des nuages et prise en compte des aérosols et de leurs propriétés optiques

A photograph of a forested landscape. The foreground and middle ground are filled with dark, silhouetted evergreen trees. The sky above is a mix of dark, heavy clouds and lighter, orange and yellow hues, suggesting either a sunrise or sunset. The overall atmosphere is hazy and serene.

Merci de votre attention

Impact du processus de dépôt – à 3 m

OBS

AVEC ARBRES ET DÉPÔT

SANS DÉPÔT

$V_{dep} = 8\text{ cm/s}$

Pas de dépôt sur les arbres

SANS ARBRES

