Brouillards formés par affaissement de Stratus : étude expérimentale et simulation numérique d'un épisode observé pendant la campagne Bure 2016

M. Fathalli, F. Burnet, et C. Lac

Météo-France/CNRS, CNRM UMR 3589, Toulouse

Journée Scientifique du SIRTA, Palaiseau, 15 Juin 2018

Contexte

- **Améliorer les prévisions du brouillard**

  pour réduire l'impact sur les transports

- **AROME 1,3 km => Difficultés à simuler les affaissements de stratus :**

  Sur un hiver à CDG (17 RAD,20 CBL, 3 ADV) : AROME simule 70 % RAD mais seulement 30 % CBL.

  Pour les CBL manqués, tous les stratus étaient produits mais base trop haute (Philip, 2016)

=> Mieux comprendre les processus clés : forte inversion, subsidence de grande échelle, évaporation des gouttelettes sous le nuage, etc ...

Les campagnes à l'OPE (Meuse)

- Profil vertical des propriétés microphysiques :
  - pylône 120 m et ballon captif (500 m)
- Thèse de Jackie TAV (IRSN/CNRM) sur l'étude du dépôt des radionucléides par les nuages et les brouillards
  - Développement d'un système de pesée et collecte d'eau liquide

Observatoire Perenne de l'Environnement de l'ANDRA

Z=388 m (48.562315 ; 5.505741)

Campagnes à l'OPE (Meuse) – hiver 2016-1017

- Microphysique de oct 2016 à avril 2017 :
  - 120 m (pylône) : CDP+visi
  - 50 m (pylône) : PVM + station MTO
  - 10 m (tour) : welas+FM100+visi
  - sol (IRSN) : FM120+visi+PVM pesées (dépôt)

2 POI avec ballon captif et RS

Site fond de vallée (309 m)

Télédétection

Drones Xeno

Turbulence

Episodes de brouillards – hiver 2016-2017

- **33 épisodes station Oct-Nov-Dec 2016**

	Oct 2016	Nov 2016	Dec 2016
Fond de vallée	2	1	1
Radiatif peu développé (vallée + station)	3	1	4
Généralisé levé en St (depuis vallée ou non)	3	3	8
Nuage (que 120 m)	10	8	2
Descente de St (120m + 10m)	2	4	5
Total brouillard à 10m	8	8	17
Total jours (données)	20	17	20

Bure1 2015-16 :

Type de brouillard	Oct- Dec 2015
Brouillard de rayonnement	17 cas
Brouillard par affaissement de Stratus	11 cas
Stratus	26 cas

POI 2 du 01/12 au 03/12/2016

Thermodynamique pylône (10, 50 et 120m)

F. Burnet et al. – Journée Scientifique SIRTA, Palaiseau, 15 juin 2018

Profils T, RH et vent (radiosondages)

Inversion de température et sommet du St s'élèvent

Brouillard

Ballon captif

Pas de données (batterie vide)

Ballon captif : Stratus

- profil de LWC quasi-adiabatique : H > 250m puis LWC diminue (Zb monte ou s'évapore ???) Zb descends (CL31 et mât : St à 120m de (22h à 0h) jusqu'à 50m
- Ballon => St très fin et bas (top < 200m) et une 2e à 450 m

Ballon captif : Stratus

- Disparaît complètement en dessous de 300m puis se reforme à 2h35 entre 100 et 200m
- St s'épaissit puis 2 couches distinctes et formation brouillard à 5h45

Ballon captif

- Formation brouillard puis dissipation en St

Microphysique surface (FM100 et Welas)

=> brouillard de 5h45 à 9h45

=> formation progressive d'un mode ~20-25 µm

POI 2 : CDP ballon captif

Montée :

Palier :

=> découplage brouillard / St

mode 20-25 µm

Simulation Méso-NH 5.3.1 (Lac et al. 2018)

- Résolution horiz. : 500 m et 100 m
- 156 niveaux verticaux : 0 à 3250 m (de 1.5 à 50 m de résolution)
- Turbulence résolue 1D et 3D avec TKE prognostique (Cuxart et al., 2000)
- Microphysique 1 moment ICE 3 (6 espèces) avec condensation sous-maille
- Couplage surface ISBA/SURFEX (Masson et al., 2013)
- Condition initiales AROME à 15h et 18h

Evolution profil de Rc (g/kg) à la station

- Formation du St à 22h30 et s'affaisse très rapidement
- Reproduit très bien : épaississement + sommet qui s'élève + brouillard dessous + asséchement couche intermédiaire

Liquid Water Path (LWP)

- Décalage en temps
- Reproduit bien cycle du LWP : 4h de St épais, puis diminution (asséchement colonne) puis re-formation avec brouillard

Observation : radiomètre

POI 2 du 01/12 au 03/12/2016

(P. Martinet)

Retard AROME !!

Contenu en eau liquide AROME

Contenu en intégré en eau liquide (LWP)

- LWP MWR = référence (observation)
- AROME
- 1DVAR (analyse après assimilation)

Stratus créé dans AROME entre 18 et 23 UTC

Bonne évolution du modèle

Evolution temporelle : profils à la station

- Conforme aux RS : air très sec au dessus, humidité augmente dessous et sommet du St s'élève de 800 m à 23h à 1400m à 9h

Simulation Méso-NH

Bilans de Rc à la formation du Stratus

- Affaissement du St => advection + subsidence

Coupe horizontale à 400 m

Bilans de Rc lors de l'affaissement

- Sommet s'élève, puis évaporation

Conclusions - perspectives

- POI 2 : affaissement de Stratus de la nuit du 1er au 2 /12/2016 :
  - Complémentarité in situ pylône, ballon captif, télédétection indispensable
  - Plusieurs couches et cycles condensation / évaporation et advection
  - Microphysique : découplage St / brouillard (& différent radiatif)
- Simulation Méso-NH : (préliminaires)
  - Reproduit bien le cycle de vie LWP : Stratus et brouillard dessous
  - Bilans montrent que complexité observée bien reproduite
- Perspectives :
  - Poursuite analyse bilans puis microphysique 2 moments LIMA
  - Analyse des données BURE 1 & 2 :
    - ~ 100 cas brouillards radiatifs développés ou non et affaissement de St
    - Étude affaissement de stratus : statistique et POI 1 très différente
  - Prochaine campagne SOFOG3D hiver 2019/2020 dans les Landes avec radar BASTA, et stratégie 3D (drones, ballon captif, tours flux, etc...)

SOFOG3D experimental strategy

Surrounding domain 50 x 50 km with increased density in-situ sensors network (~ 15 surface met. stations, visibility, ceilometers, turbulence)

Larger domain 300 x 200 km (AROME-500m model) with in-situ sensors (~ 50 surface met. stations) and MWR (6 units ★) networks

Super-site 10 x 10 km:
- radar/MWR/lidars
- tethered balloon
- UAVs
- 50 m mast
- 3 areas with : heat and turbulent fluxes (ground & 10m), radiation budget, aerosol and fog microphysics, water deposition, visibility, ceilometer

Agen : radar/MWR

Toulouse : Météopole flux station, MWR

Principales questions scientifiques

- Dispositif unique pour la caractérisation 3D complète des brouillards

- Étude de processus : **synergie LES haute résolution et études expérimentales**
  - Dynamique :
    - **Impact des hétérogénéités de surface** : circulation locale et flux turbulents, échanges avec la surface
    - Échanges au sommet de la couche de brouillard
  - Microphysique **:**
    - **Impact sur le cycle de vie** : transition brouillards optiquement fins vers épais
    - Apport du schéma à 2 moments LIMA
  - **Mécanismes de formation par descente de stratus**

- **Apport d'instruments innovants pour préparer l'assimilation**
  - Réseau de radiomètres et synergie radar 95 GHz