Analyse des processus radiatifs du brouillard : observations et code de transferts radiatifs

Delanoë et al. (2016)

J.C. Dupont

Eivind G. Wærsted

Doctorant (LMD), 1ère année

Journée Scientifique SIRTA 23.06.2016

Contexte

Thèse sur le brouillard

Enjeux

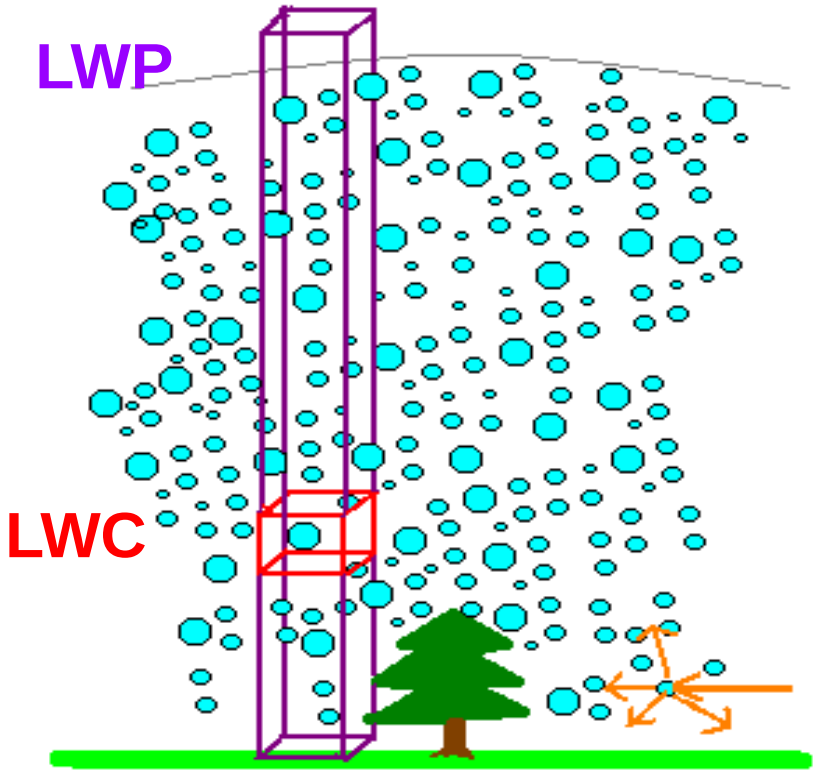
- Améliorer les prévisions de brouillard
  → gestion du trafic, énergie photovoltaïque

Idée de la thèse

- Observations locales d’un brouillard en temps réel
  → analyse des processus physiques
  → détecter indications d’une dissipation imminente
  → compléter prévision numérique

Introduction

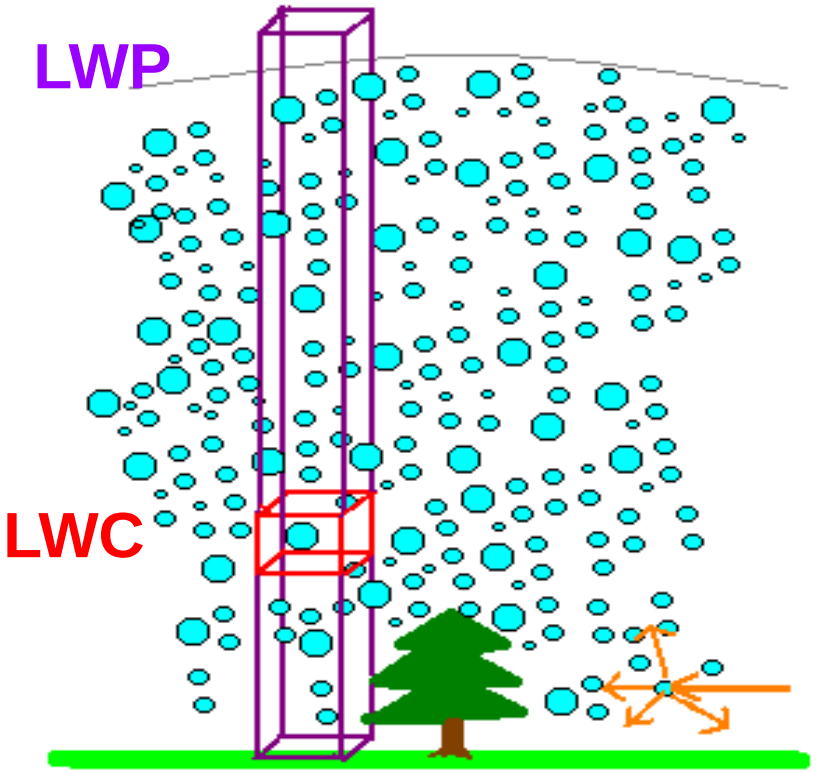
Définitions



LWC = Liquid water content (g/m^3)
LWP = Liquid water path (g/m^2)

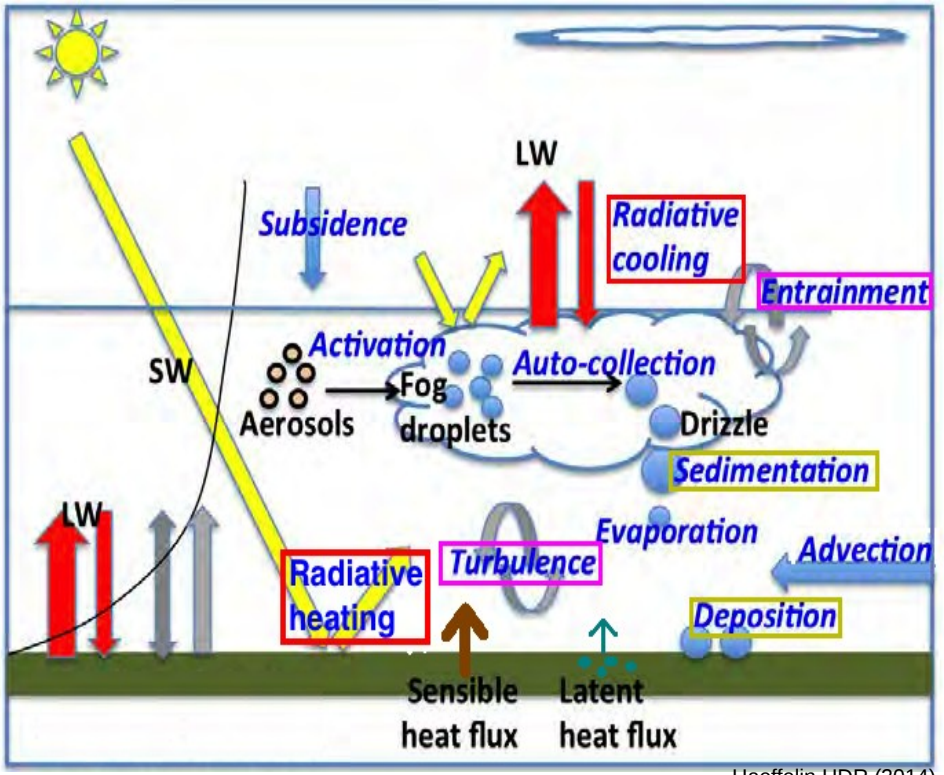
Introduction

Définitions



LWC = Liquid water content (g/m^3)
LWP = Liquid water path (g/m^2)

Bilan d'eau liquide



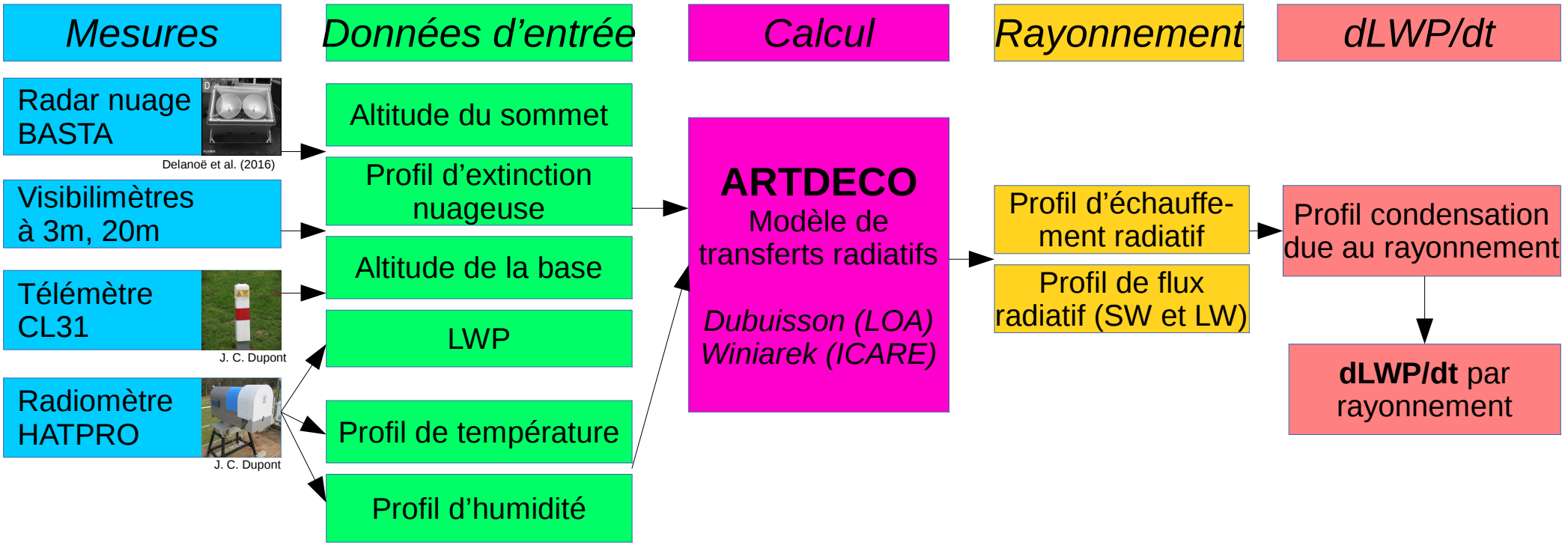
Haeffelin HDR (2014)

$$\frac{dLWP}{dt} = \left(\frac{dLWP}{dt}\right)_{heat} + \left(\frac{dLWP}{dt}\right)_{dep} + \left(\frac{dLWP}{dt}\right)_{mel}$$

LW = Rayonnement terrestre (long-wave)
SW = Rayonnement solaire (short-wave)

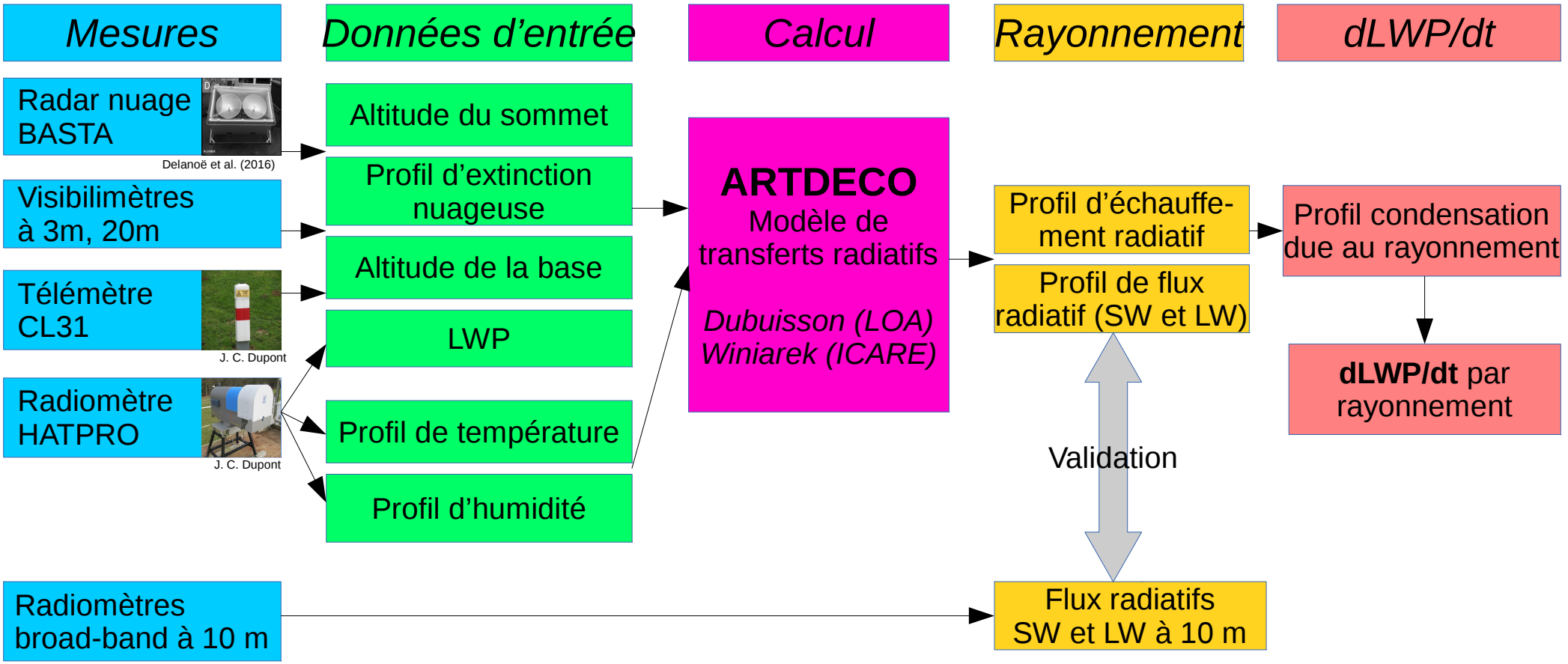
Méthode

Quantifier l'effet du rayonnement sur LWP



Méthode

Quantifier l'effet du rayonnement sur LWP



Méthode

Quantifier l'effet du rayonnement sur LWP

Mesures

Radar nuage BASTA

Delanoë et al. (2016)

Visibilimètres à 3m, 20m

Télémètre CL31

J. C. Dupont

Radiomètre HATPRO

J. C. Dupont

Radiomètres broad-band à 10 m

Données d'entrée

Altitude du sommet

Profil d'extinction nuageuse

Altitude de la base

LWP

Profil de température

Profil d'humidité

Calcul

ARTDECO
Modèle de transferts radiatifs

Dubuisson (LOA)
Winiarek (ICARE)

Rayonnement

Profil d'échauffement radiatif

Profil de flux radiatif (SW et LW)

Validation

Flux radiatifs SW et LW à 10 m

dLWP/dt

Profil condensation due au rayonnement

dLWP/dt par rayonnement

Quantifier les effets des flux turbulents à la surface sur LWP

Anémomètre sonique + IRGA à 2.5 m

J. C. Dupont

30-min flux turbulents sensible Q_H, latent Q_E

dLWP/dt par les flux Q_E,Q_H de la surface

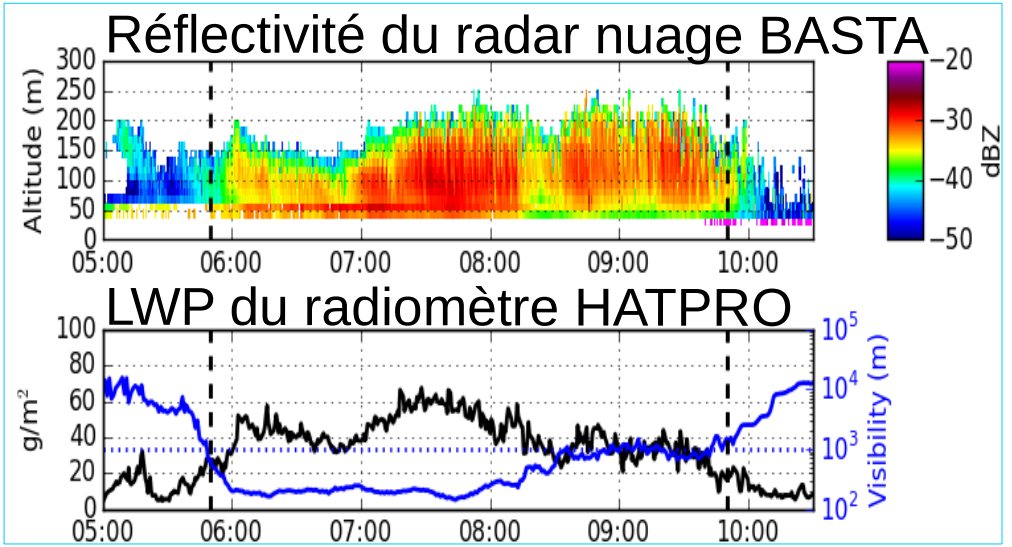
IRGA = Infrared gas analyser

Rayonnement

8/11/2015

Description du brouillard

- De 05h50 à 0950 UTC
- Épaisseur : 100-200 m
- LWP ~ 40-60 g/m^2. Variabilité notable

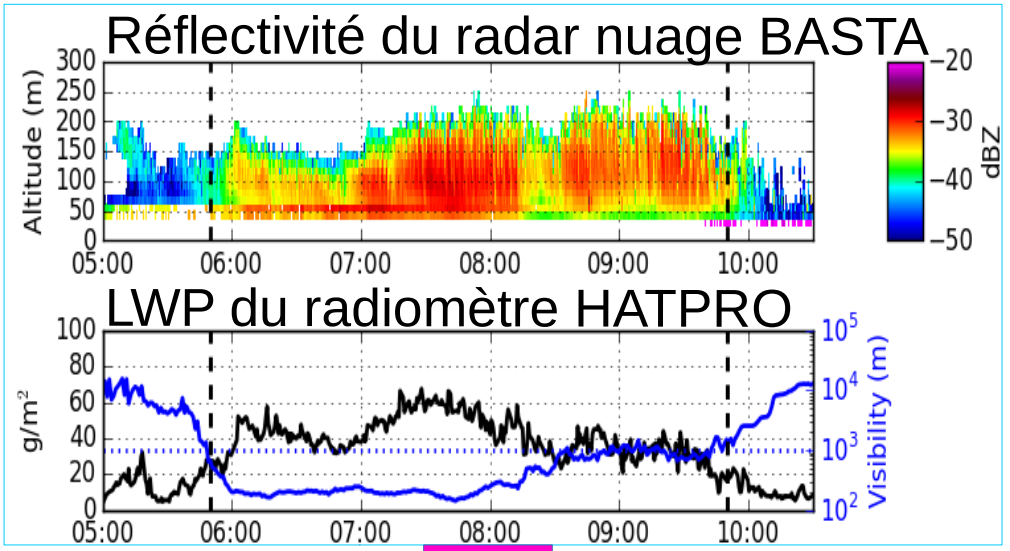


Rayonnement

8/11/2015

Description du brouillard

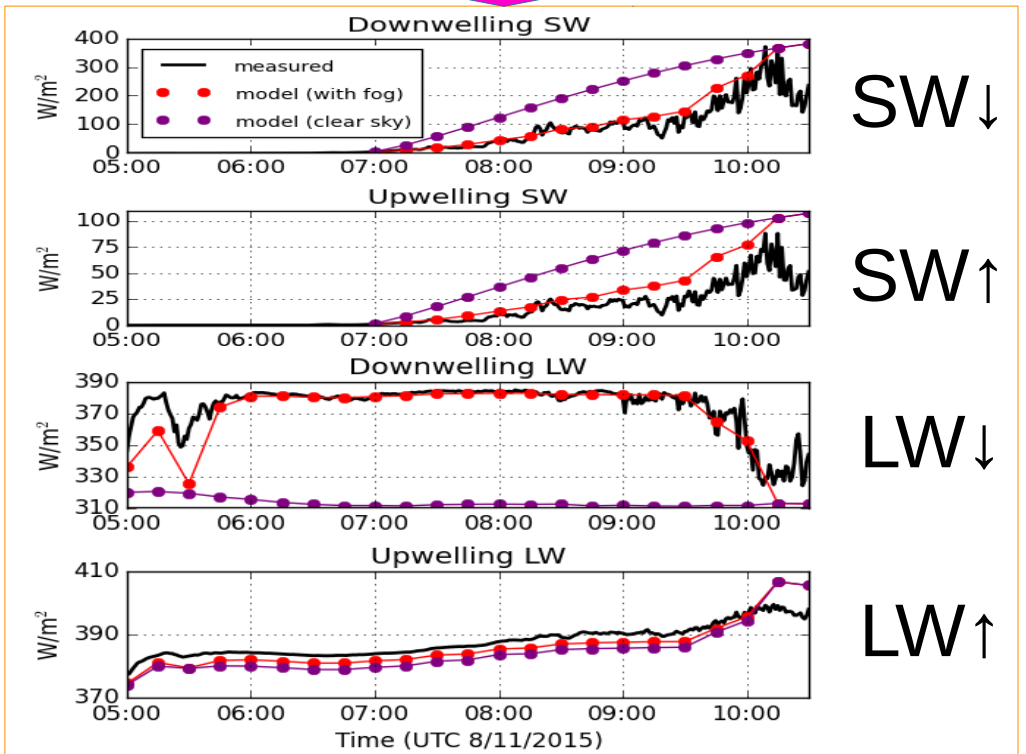
- De 05h50 à 0950 UTC
- Épaisseur : 100-200 m
- LWP ~ 40-60 g/m^2. Variabilité notable



ARTDECO

Modèle v.s. mesures

- SW↓ et LW↓ sous le brouillard est bien modélisé
- LW↓ moins précis quand le brouillard est mince (avant 6h).

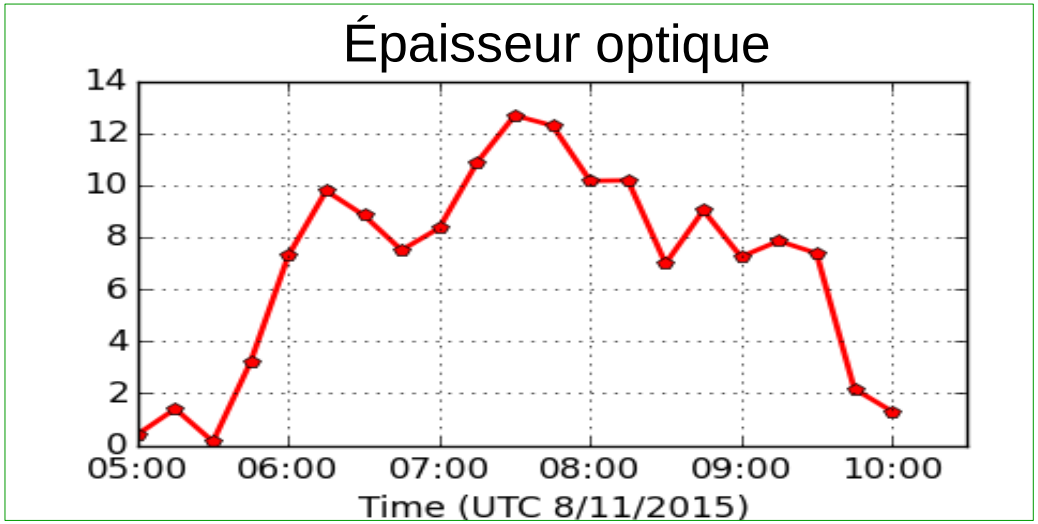


Condensation

8/11/2015

Épaisseur optique (τ)

- τ du brouillard varie entre 0-12
- Variabilité liée à l'épaisseur et LWP

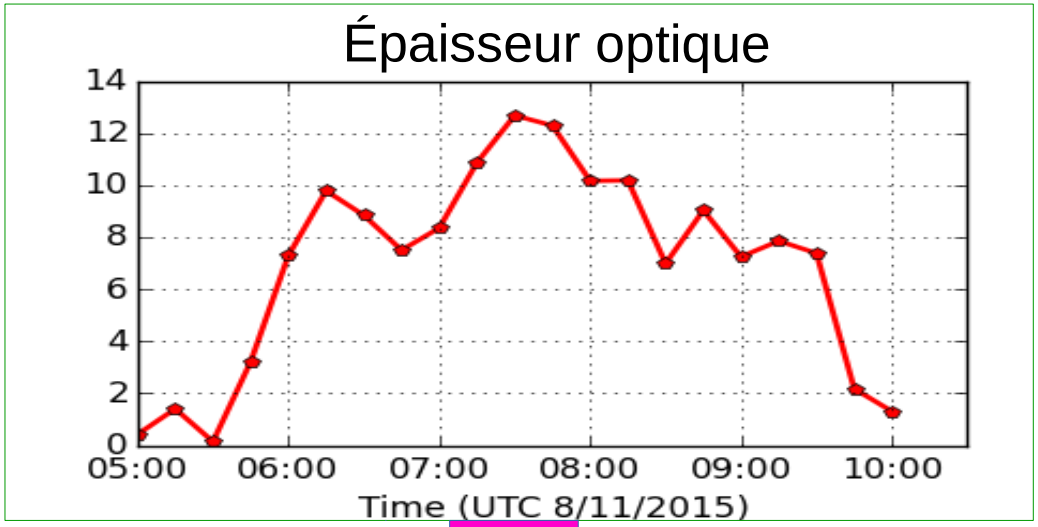


Condensation

8/11/2015

Épaisseur optique (τ)

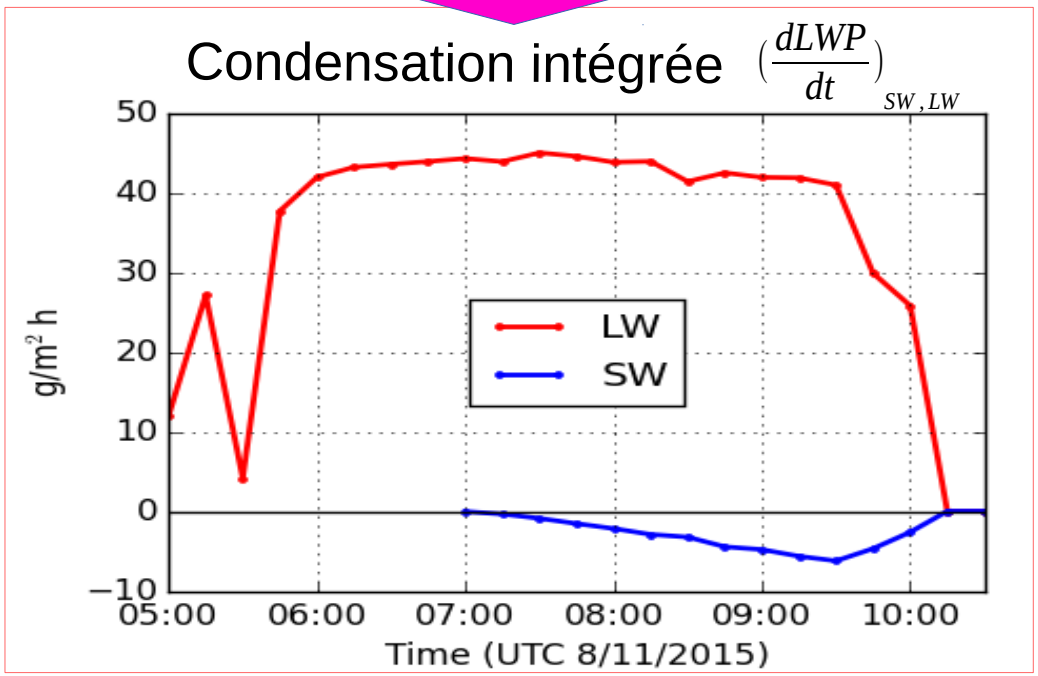
- τ du brouillard varie entre 0-12
- Variabilité liée à l'épaisseur et LWP



ARTDECO

Condensation

- Le refroidissement par LW domine le réchauffement par SW (qui n'est quand-même pas négligeable)
- τ < 4 => $\frac{dLWP}{dt}_{LW}$ varie avec τ
- τ > 4 => $\frac{dLWP}{dt}_{LW}$ est constant

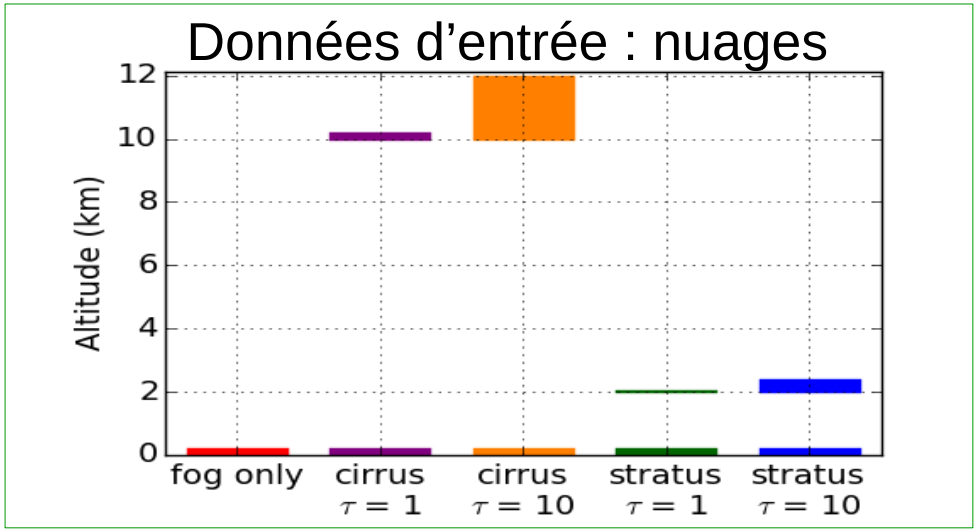


Nuages supérieurs

8/11/2015 – 09 UTC

Rajouter un nuage au-dessus

- Émission de LW↓ par ce nuage affecte le refroidissement dans le brouillard
- 5 simulations : rajouter nuage à 2 km / 10 km



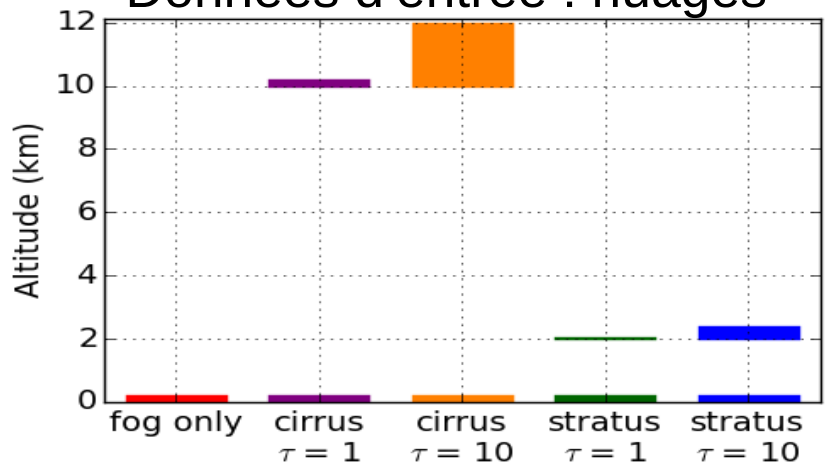
Nuages supérieurs

8/11/2015 – 09 UTC

Rajouter un nuage au-dessus

- Émission de LW↓ par ce nuage affecte le refroidissement dans le brouillard
- 5 simulations : rajouter nuage à 2 km / 10 km

Données d'entrée : nuages



ARTDECO

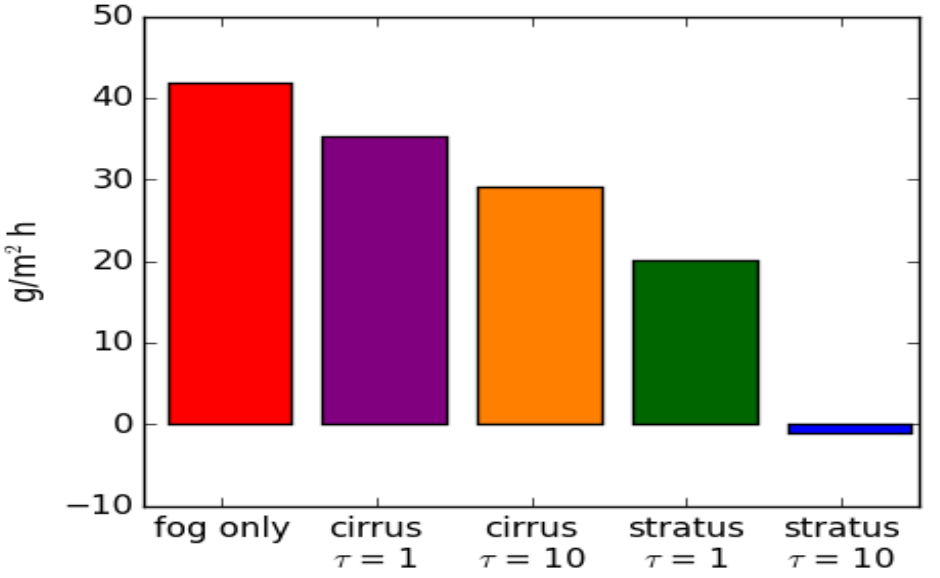
Impact sur la condensation

- Tous les nuages réduisent *significativement* le refroidissement par LW, même avec τ = 1

  → condensation réduite

- Nuage *bas* plus efficace qu'un nuage haut (à cause de sa température plus élevée)

Condensation (LW) dans le brouillard



Conclusions

- À partir de mesures des profils atmosphériques et le code ARTDECO, il est possible de

  – quantifier le terme de source d’eau liquide due au rayonnement.

  – quantifier sa variabilité due à un deuxième nuage.

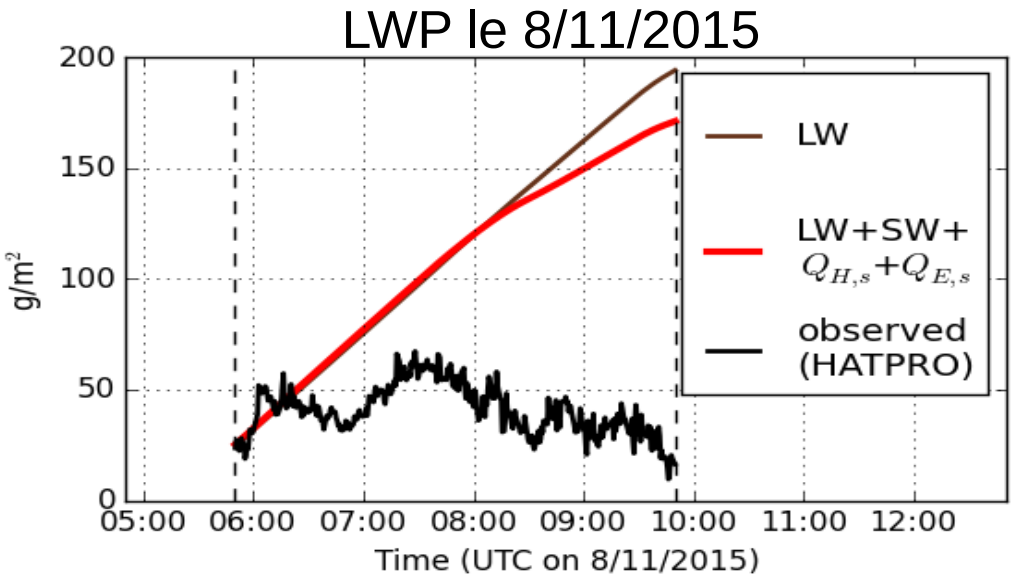
- Le terme de source est variable quand $\tau < 4$ et quand il y a un nuage supérieur

Conclusions

- À partir de mesures des profils atmosphériques et le code ARTDECO, il est possible de
  - – quantifier le terme de source d'eau liquide due au rayonnement.
  - – quantifier sa variabilité due à un deuxième nuage.
- Le terme de source est variable quand $\tau < 4$ et quand il y a un nuage supérieur

Perspectives

- Effets LW+SW+$Q_{H,S}$+$Q_{E,s}$ surpassent le LWP observé
- Prochainement, quantifier les effets de turbulence et sédimentation
  - → expliquer la diminution de LWP
  - → expliquer la variabilité de LWP



$$\frac{dLWP}{dt} = \left(\frac{dLWP}{dt}\right)_{heat} + \left(\frac{dLWP}{dt}\right)_{dep} + \left(\frac{dLWP}{dt}\right)_{mel}$$

Remerciements

- M. Haeffelin, J. C. Dupont (LMD)
- J. Delanoë (LATMOS)
- P. Dubuisson, V. Winiarek (LOA)

Soutien financier :

- Direction Générale de l’Armement
- Météo-MODEM

Merci pour votre attention !