

# Les brouillards au SIRTA : climatologie et prévision immédiate avec l'outil PARAFOG

**J-F. Ribaud<sup>1</sup>, M. Haeffelin<sup>1</sup>, J-C Dupont<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*LMD/SIRTA – IPSL*

17ème Journée Scientifique du SIRTA  
École Polytechnique, France

5 Juillet 2019

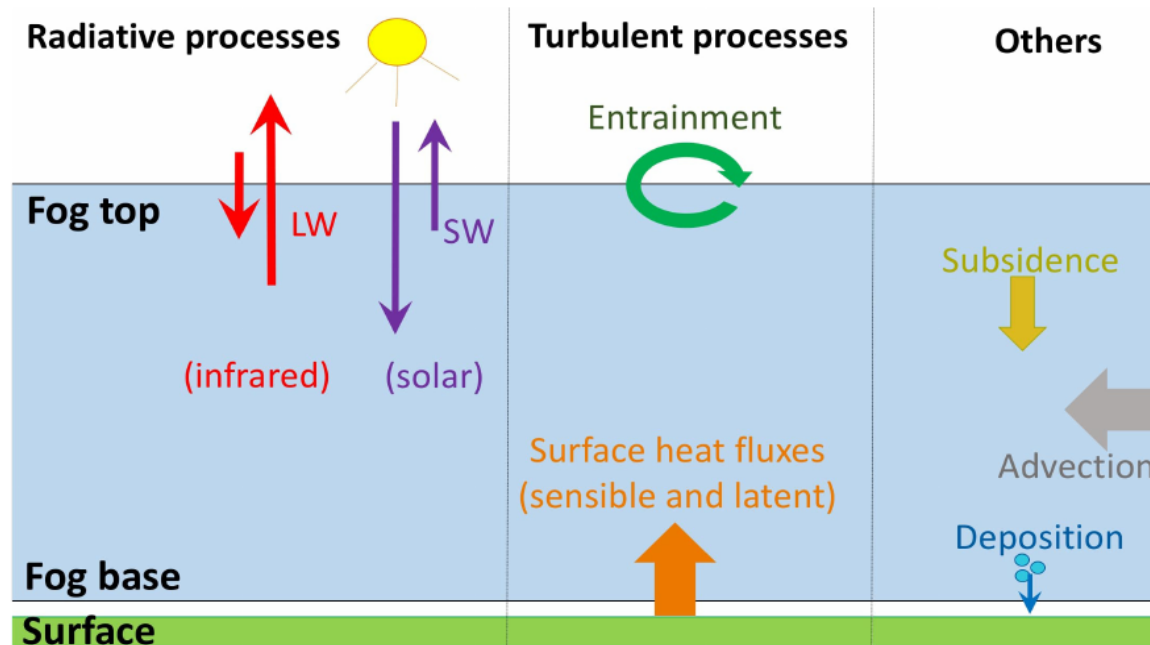


# Contexte

- **Brouillard (AMS):** visibilité < 1000 m + gouttelettes d'eau en suspension



- **Processus:**



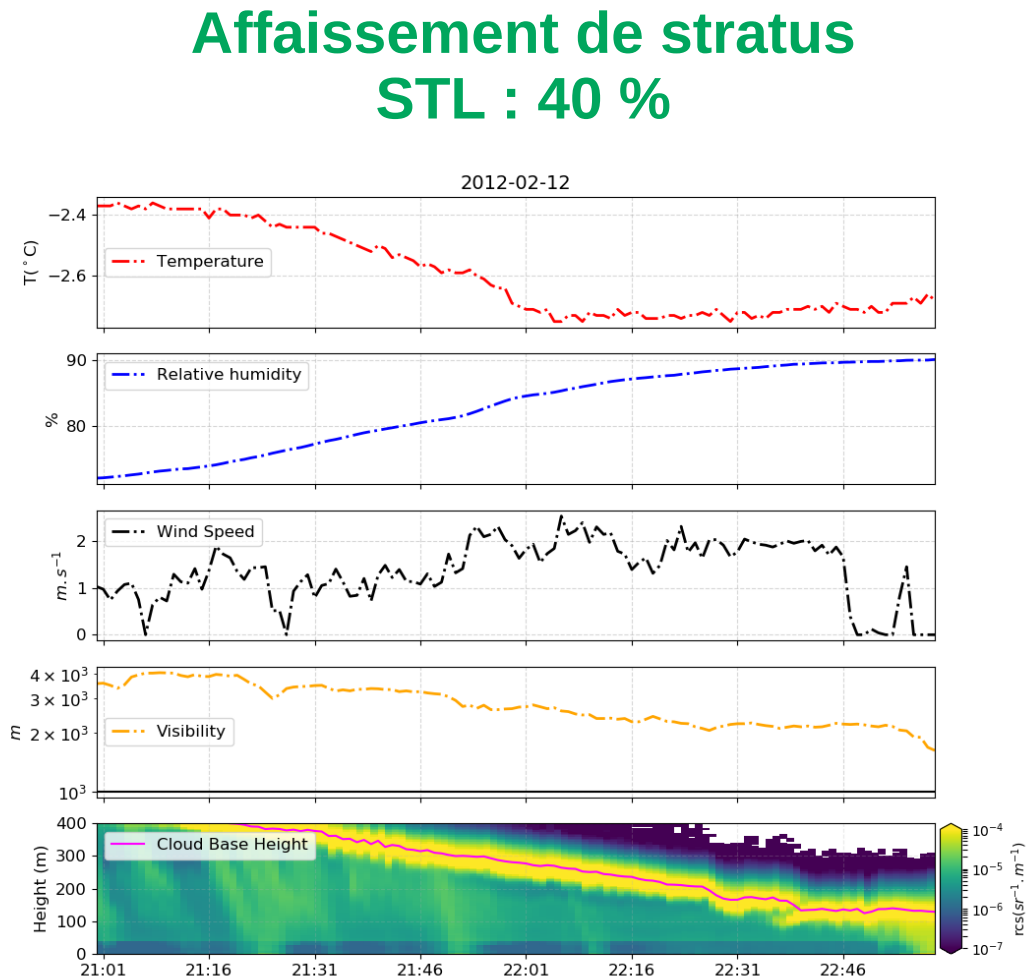
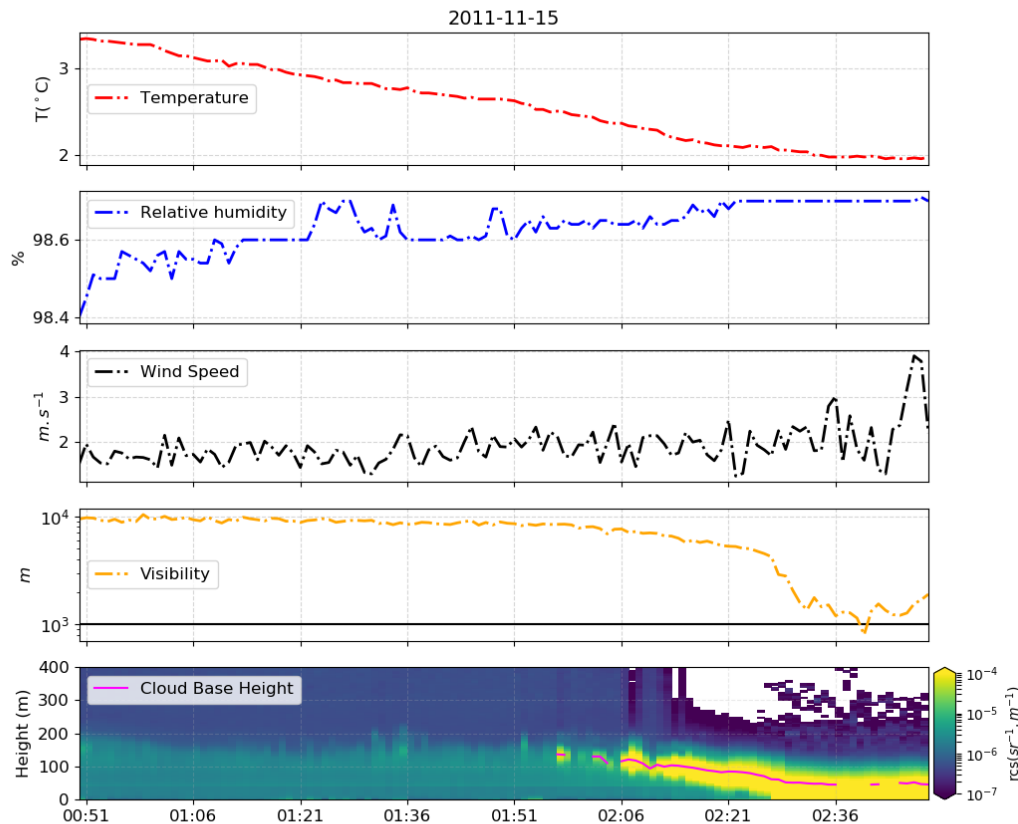
*From  
Waersted  
et al. 2019*

# Classification des cas de brouillard

## SIRTA 2010 – 2018

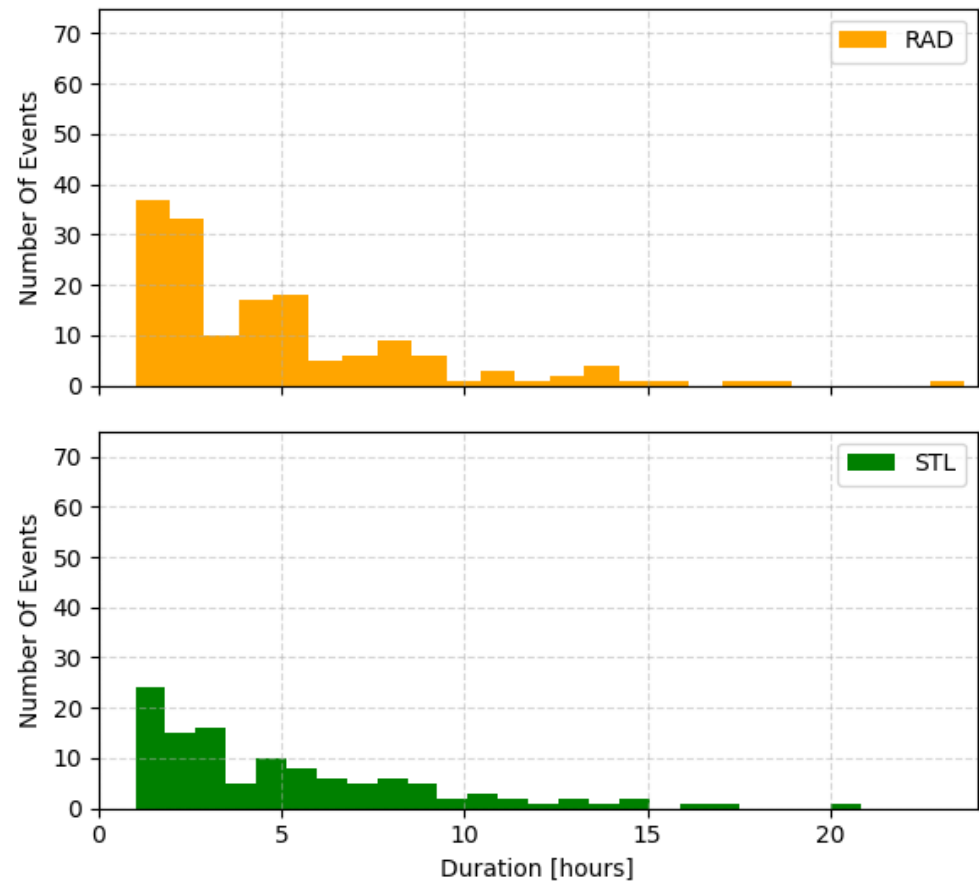
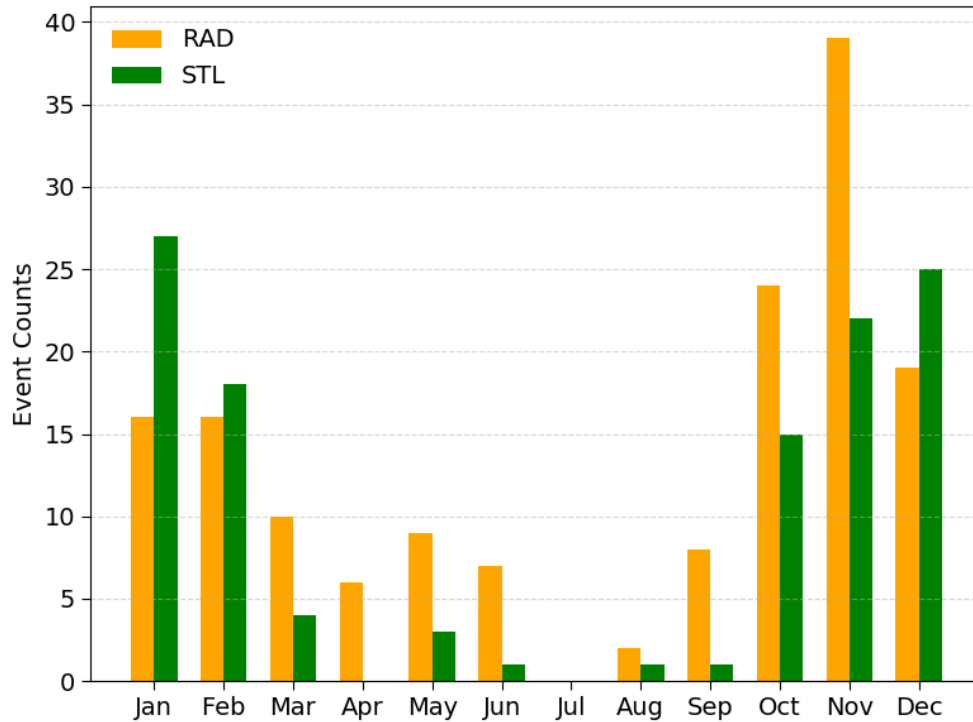
295 cas de brouillard au SIRTA sur la période 2010-2018

**Radiatif**  
**RAD : 53 %**



# Distributions temporelles des cas de brouillard SIRTAs 2010-2018

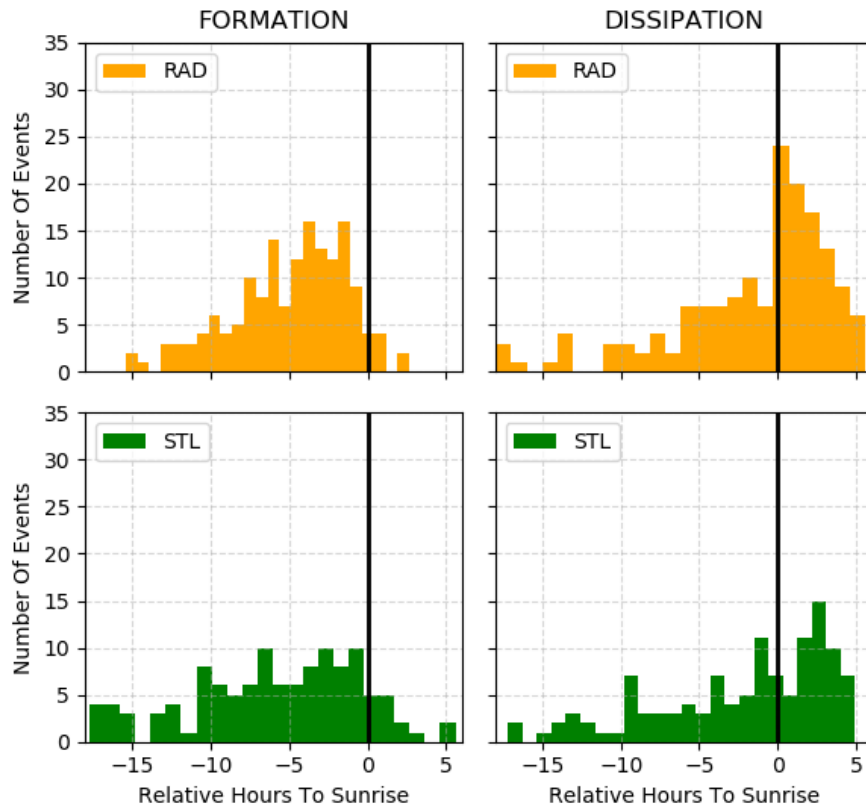
- Période propice: Octobre - Mars
- Durée assez courte (<5h)



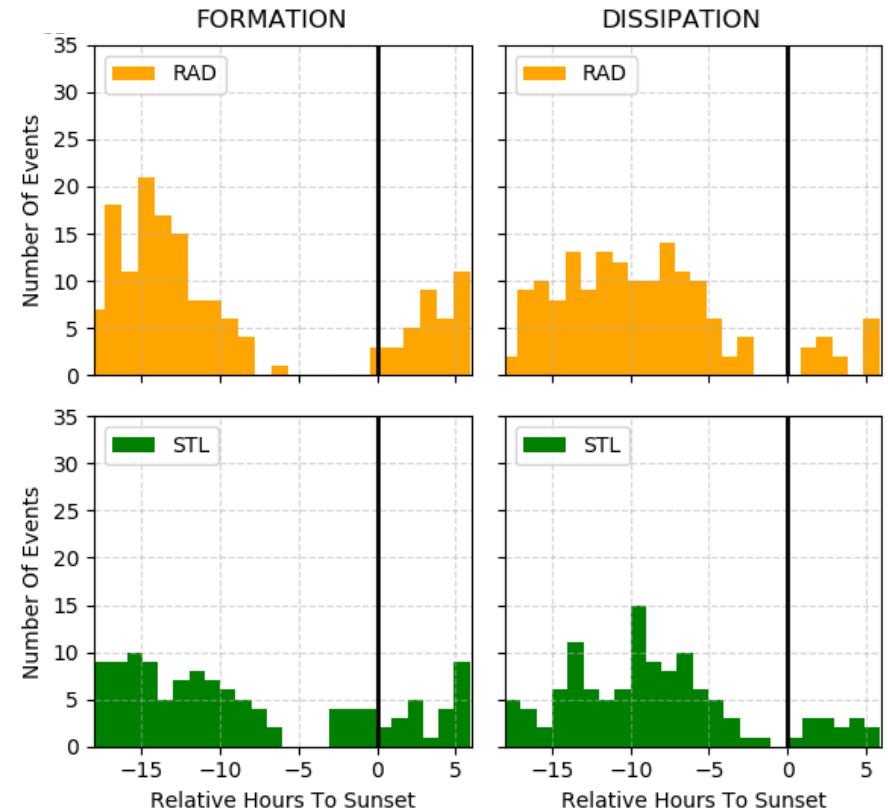
*En accord avec Waersted et al., 2019*

# Impact du rayonnement solaire sur les cas de brouillard au SIRTA 2010-2018

Lever du soleil



Coucher du soleil



*En accord avec Waersted et al., 2019*

# Prévision du brouillard

- **Modèle météorologique (AROME opé., Mésa-NH rech.)**  
Grande couverture spatio-temporelle (aujourd'hui prévisions opé. pas encore suffisantes - cf. ANR SOFOG3D campagne de mesures intensives automne 2019)
- **A partir d'obs. sol (PARAFOG):**  
Couverture spatiale (–) temporelle (+++). Suivi + prévision immédiate.  
Basé sur des instruments comme: télémètre CL31, station météorologique, diffusomètre...

Télémètre  
CL31



Station météo



Diffusomètre



# Prévision immédiate du brouillard PARAFOG (Haeffelin et al., 2016)

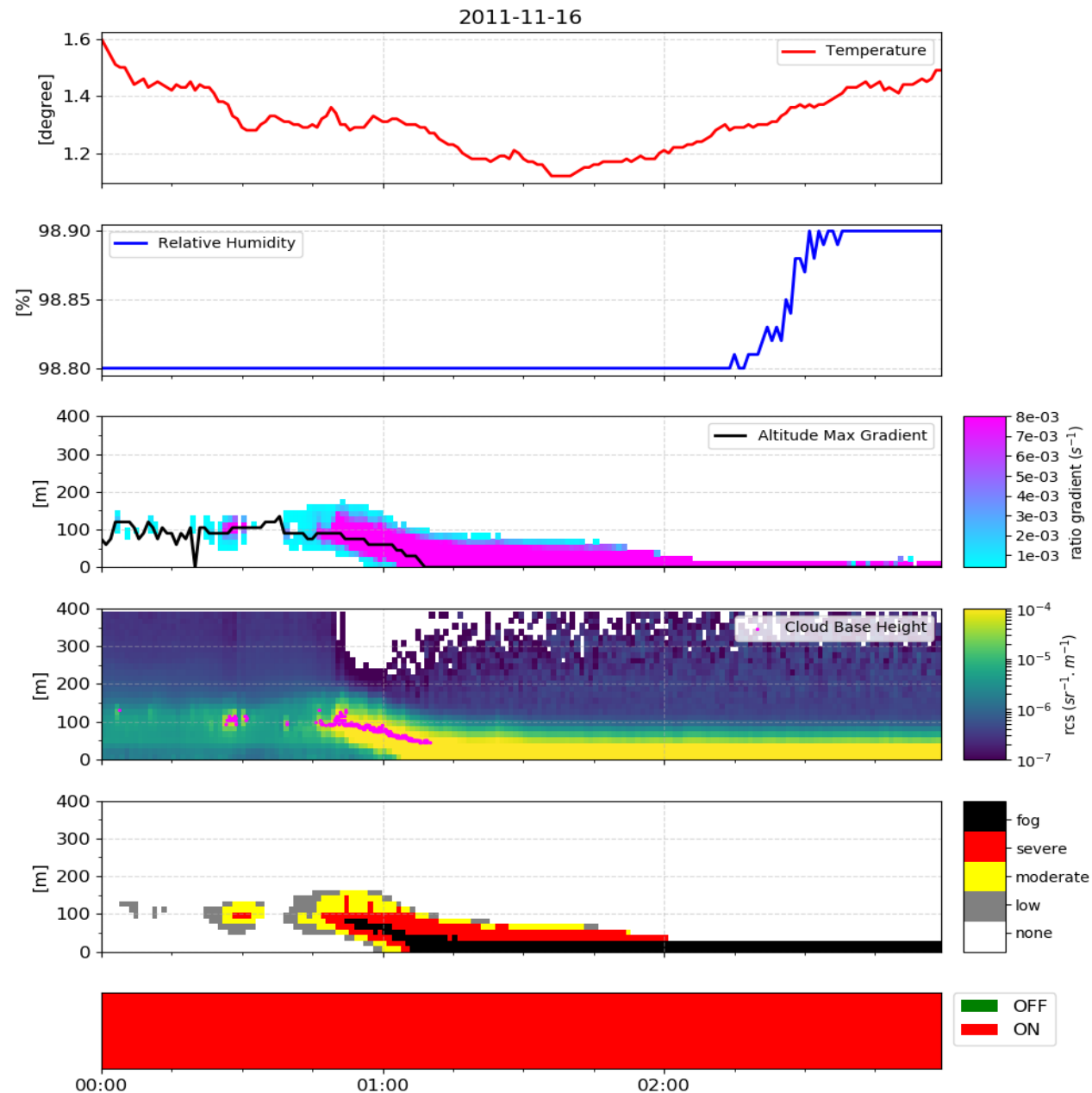
**Idée:** prévoir le brouillard à partir d'obs. sol

**Objectif :** facilement applicable (temps de calcul, instruments)

**Théorie :** suivi hydratation des aérosols avec le profil de rétrodiffusion du CL31



Adapté pour les brouillards radiatifs





# PARAFOG SIRTA 2010-2018

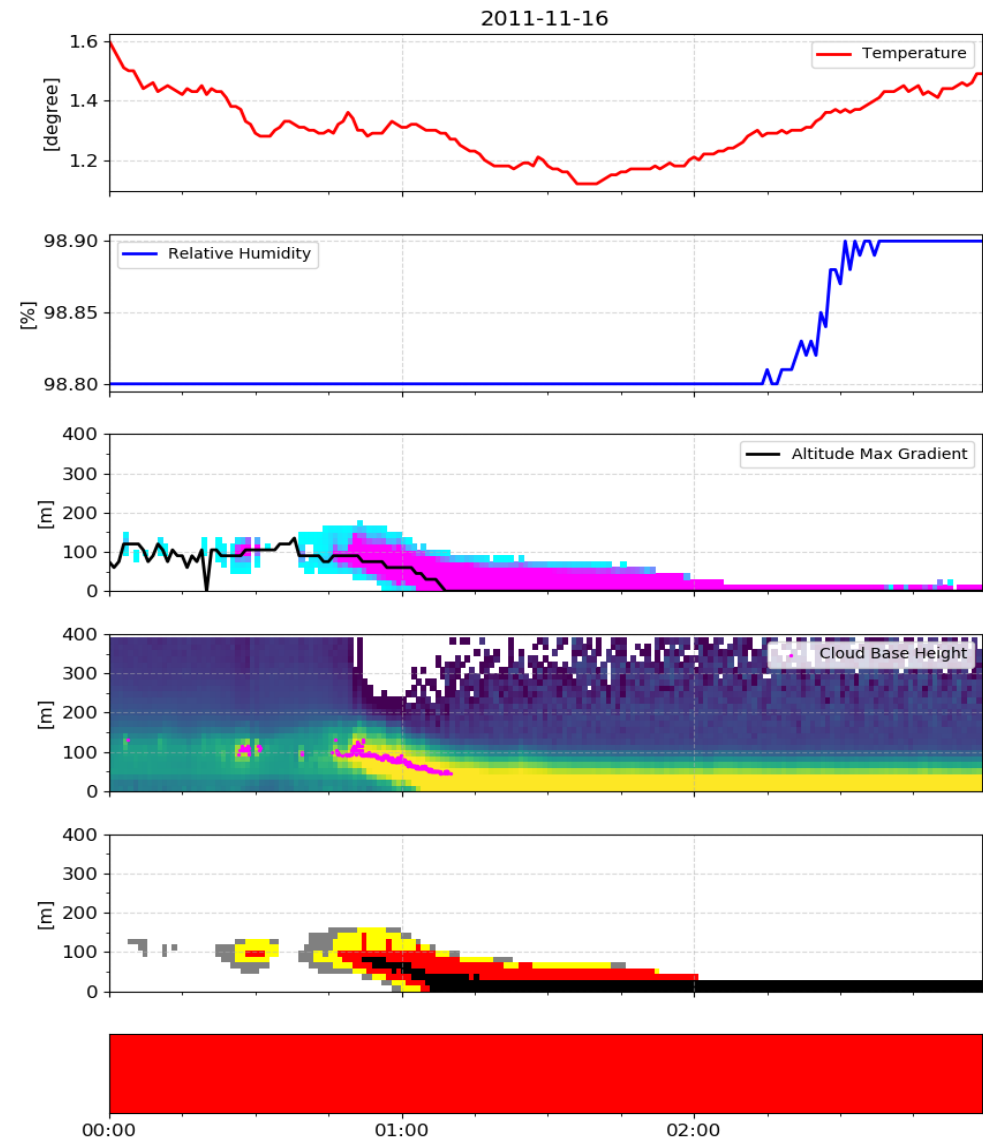
**Taux de détection**

**RAD ~ 81 %**

**STL ~ 69 %**

## Alertes avant début brouillard

	Low	Moderate	Severe	Fog
RAD	-27 min	-31 min	-25 min	-21 min
STL	-62 min	-60 min	-49 min	-34 min





# Améliorations de PARAFOG

- **Version 1.0 en opérationnelle depuis 2015 :**

- aéroport Paris CDG
- SIRTA

- **Version 2.0 avec Marc-Antoine Drouin (SIRTA) :**

- gestion de la mémoire
- python 3
- nouvelles sorties/visualisations
- CL31 smoothing (post-processing)
- $B_{ref}$  climatologique
- ...
- ...
- module « affaïssement de stratus »

**EN  
DÉVELOPPEMENT**

# Module « affaïssement de stratus »

## Algorithme de logique floue

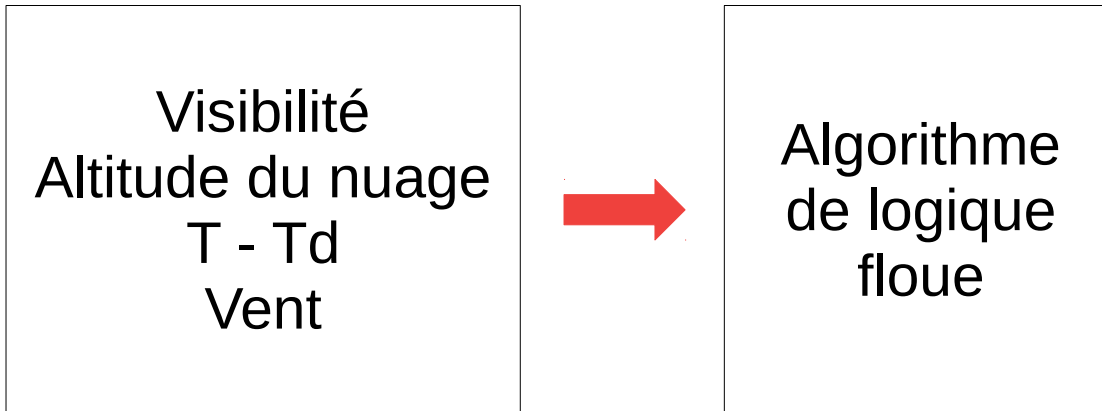
*Inputs x*

Visibilité  
Altitude du nuage  
T - Td  
Vent

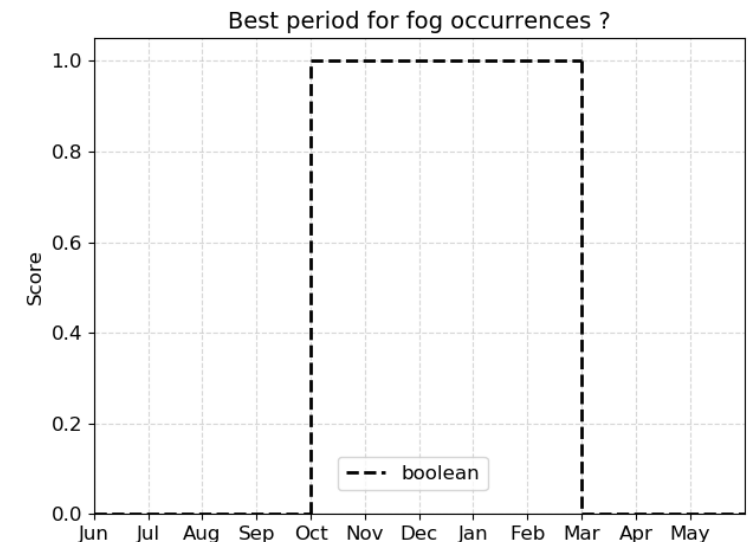
# Module « affaîssement de stratus »

## Algorithme de logique floue

*Inputs x*



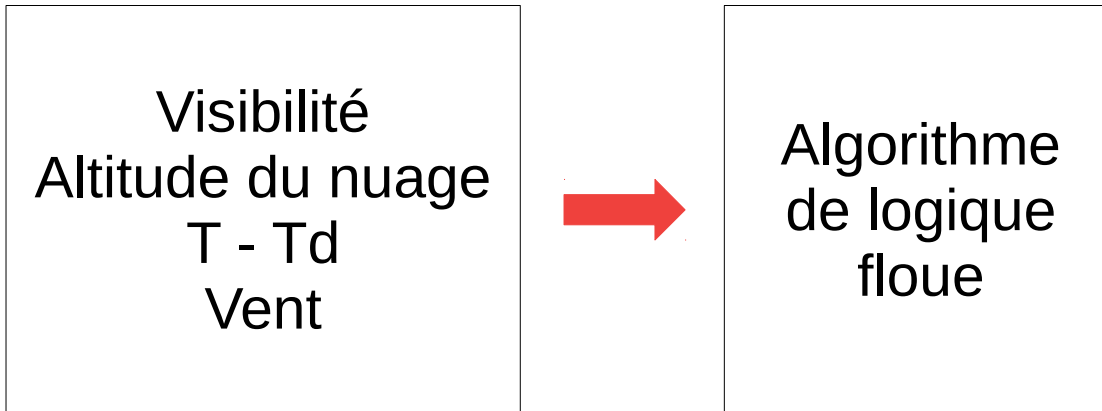
Ensemble de règles  
définies par des  
fonctions membres  
comprises entre  
0 (0 % vrai) et  
1 (100 % vrai)



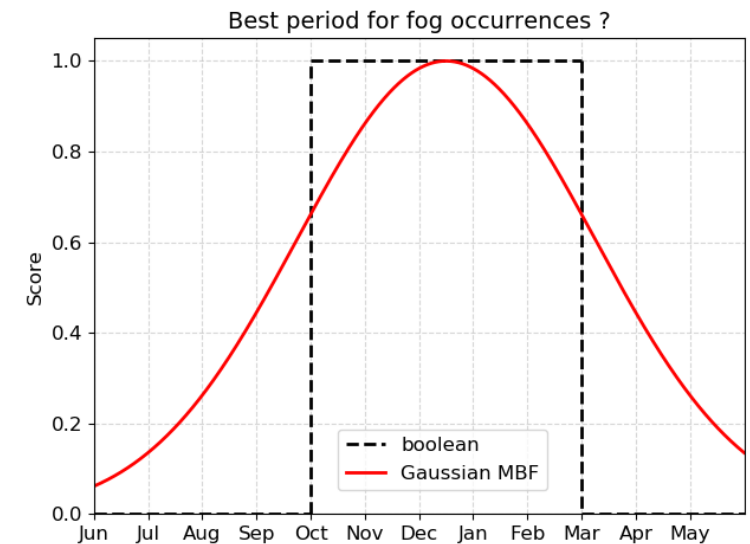
# Module « affaîssement de stratus »

## Algorithme de logique floue

*Inputs x*



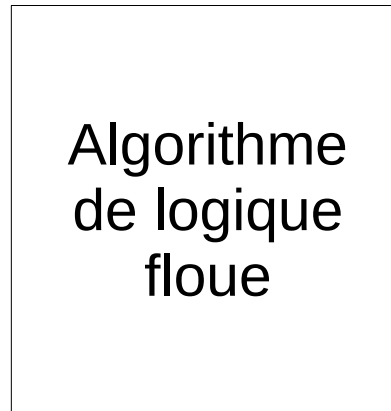
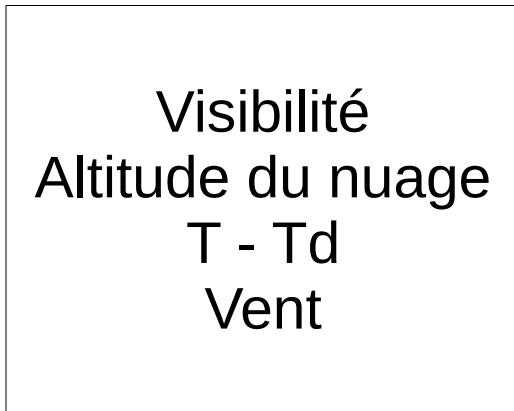
Ensemble de règles  
définies par des  
fonctions membres  
comprises entre  
0 (0 % vrai) et  
1 (100 % vrai)



# Module « affaissement de stratus »

## Algorithme de logique floue

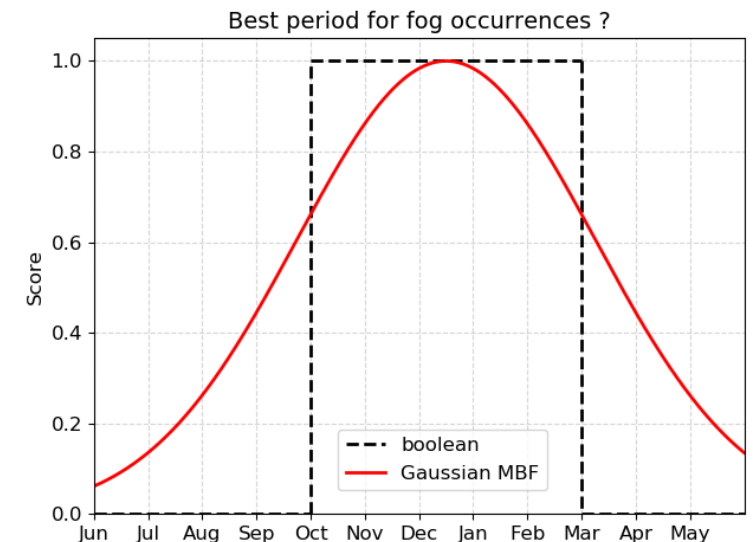
*Inputs x*



*Outputs y = f(x)*

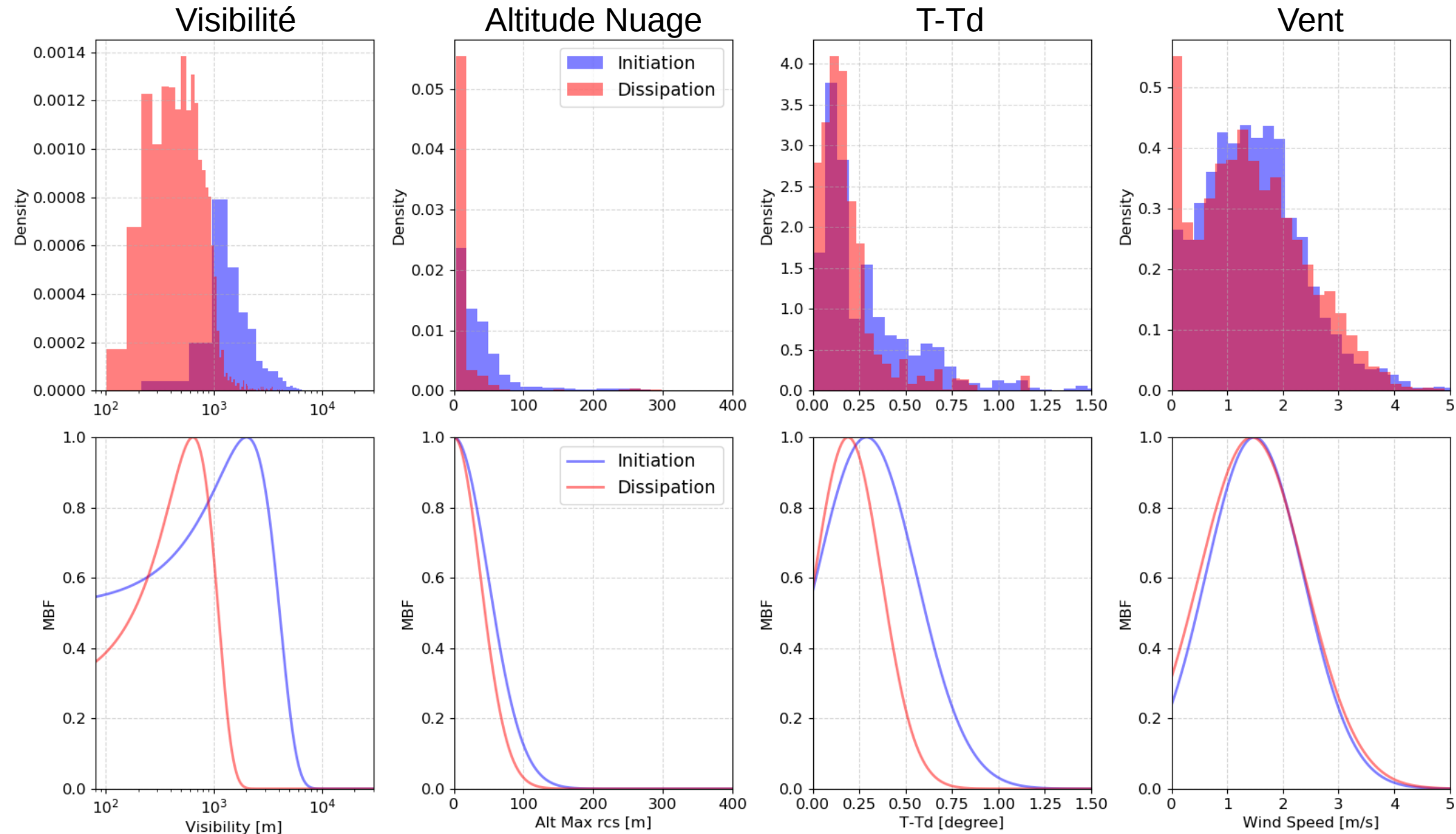


Ensemble de règles  
définies par des  
fonctions membres  
comprises entre  
0 (0 % vrai) et  
1 (100 % vrai)



# Module « affaîssement de stratus »

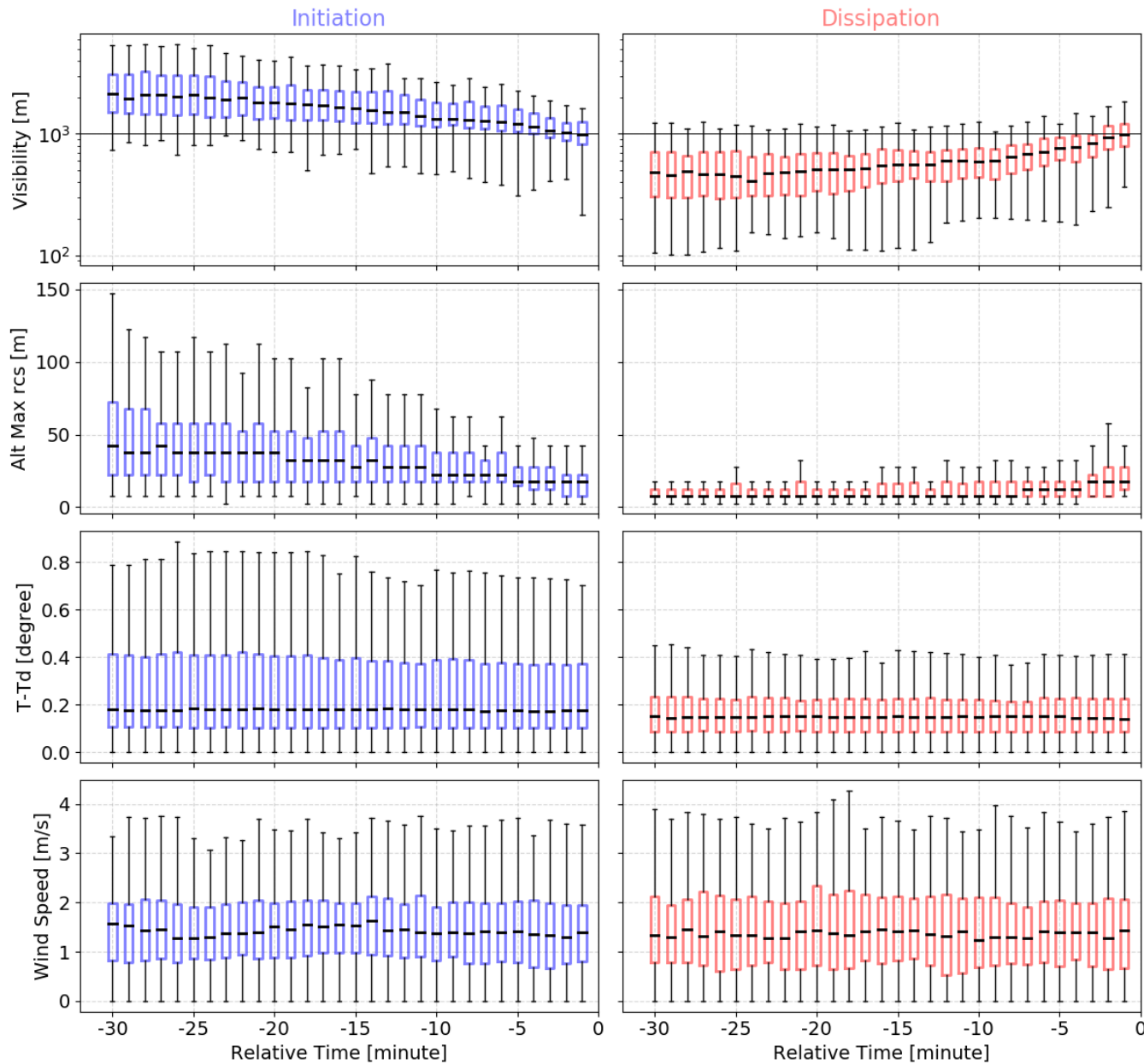
## Définition des fonctions membres



- 30min avant la formation/dissipation des brouillards STL

# Module « affaîssement de stratus »

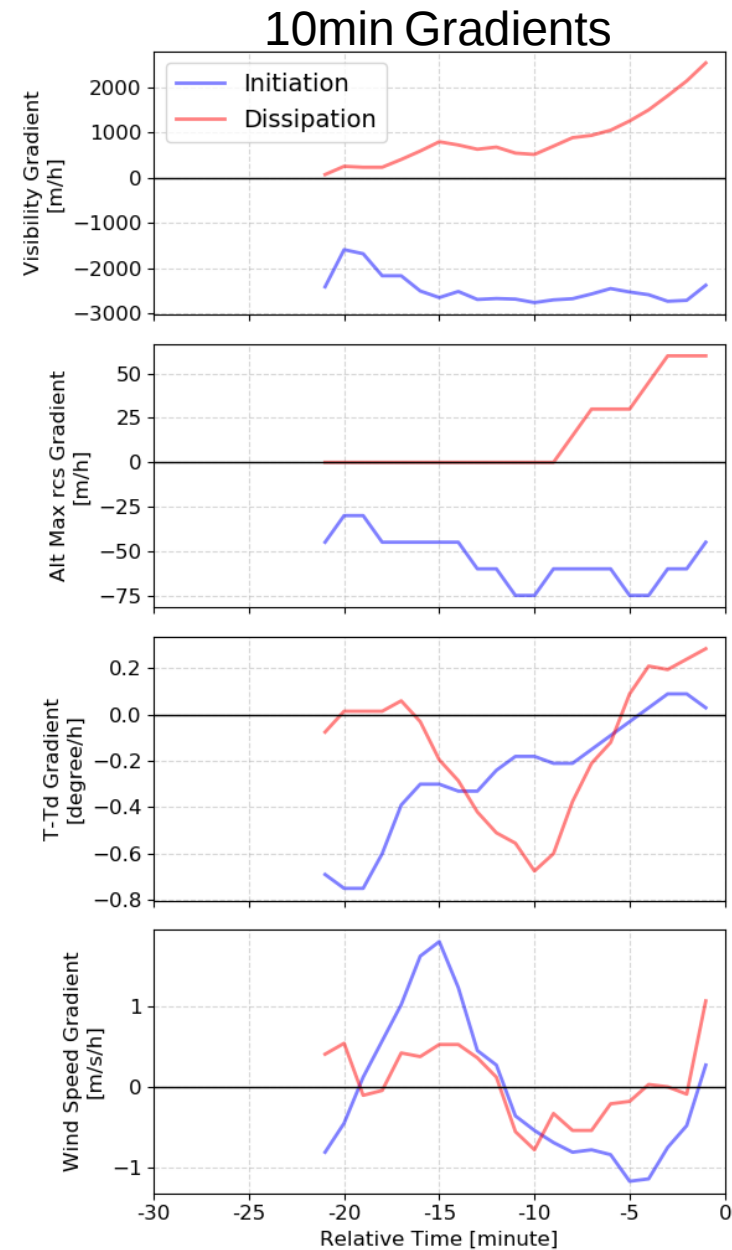
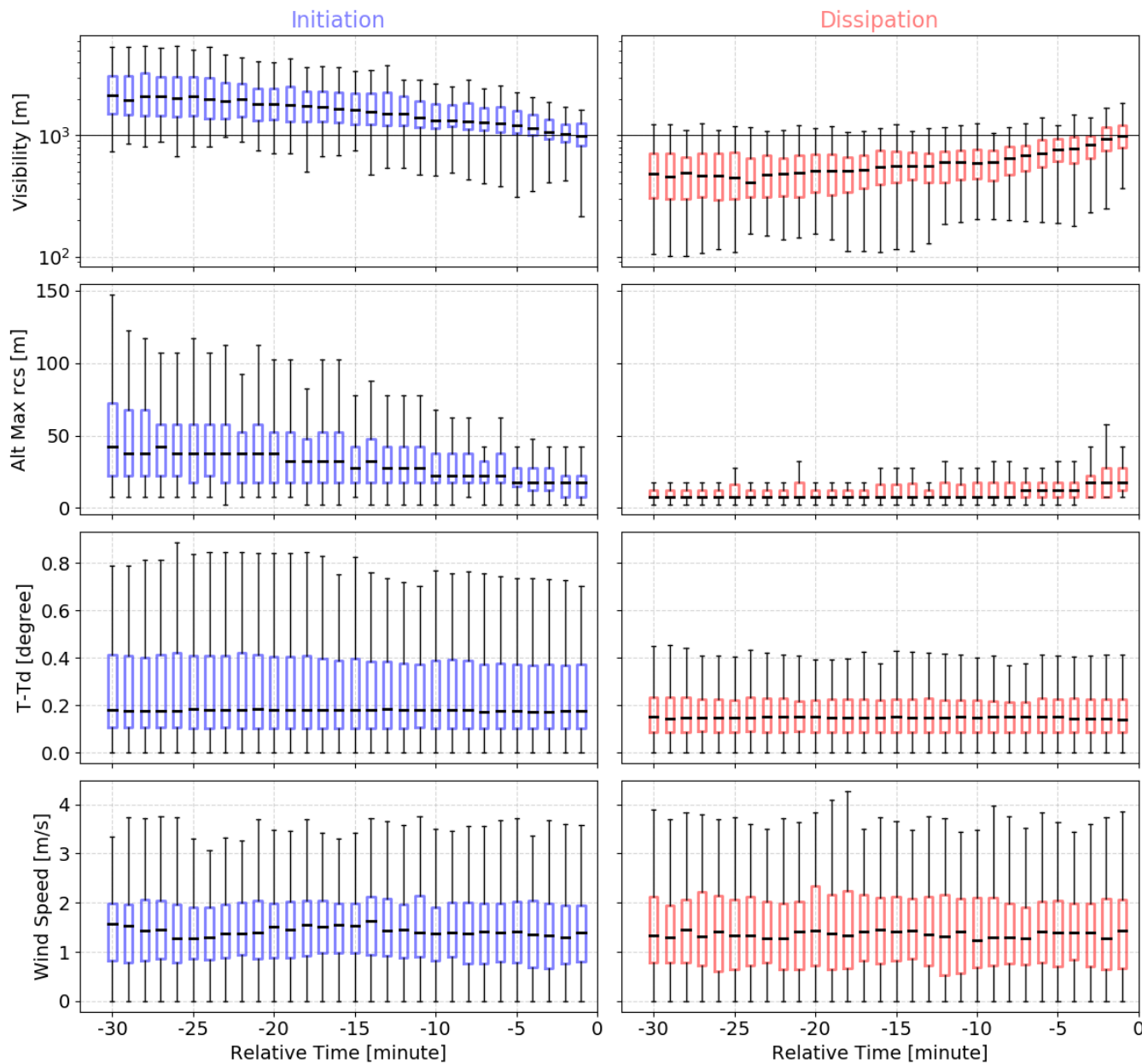
## Définition des poids





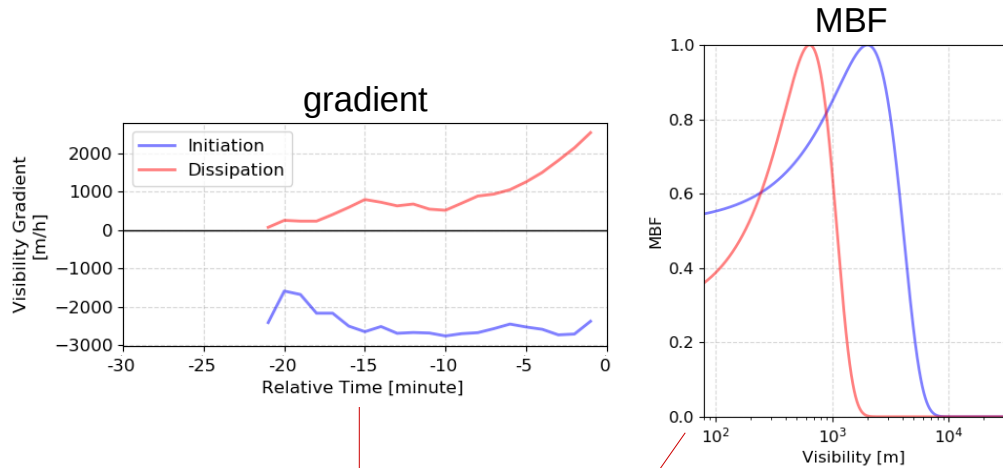
# Module « affaissement de stratus »

## Définition des poids



# Module « affaîssement de stratus »

## Calcul des scores

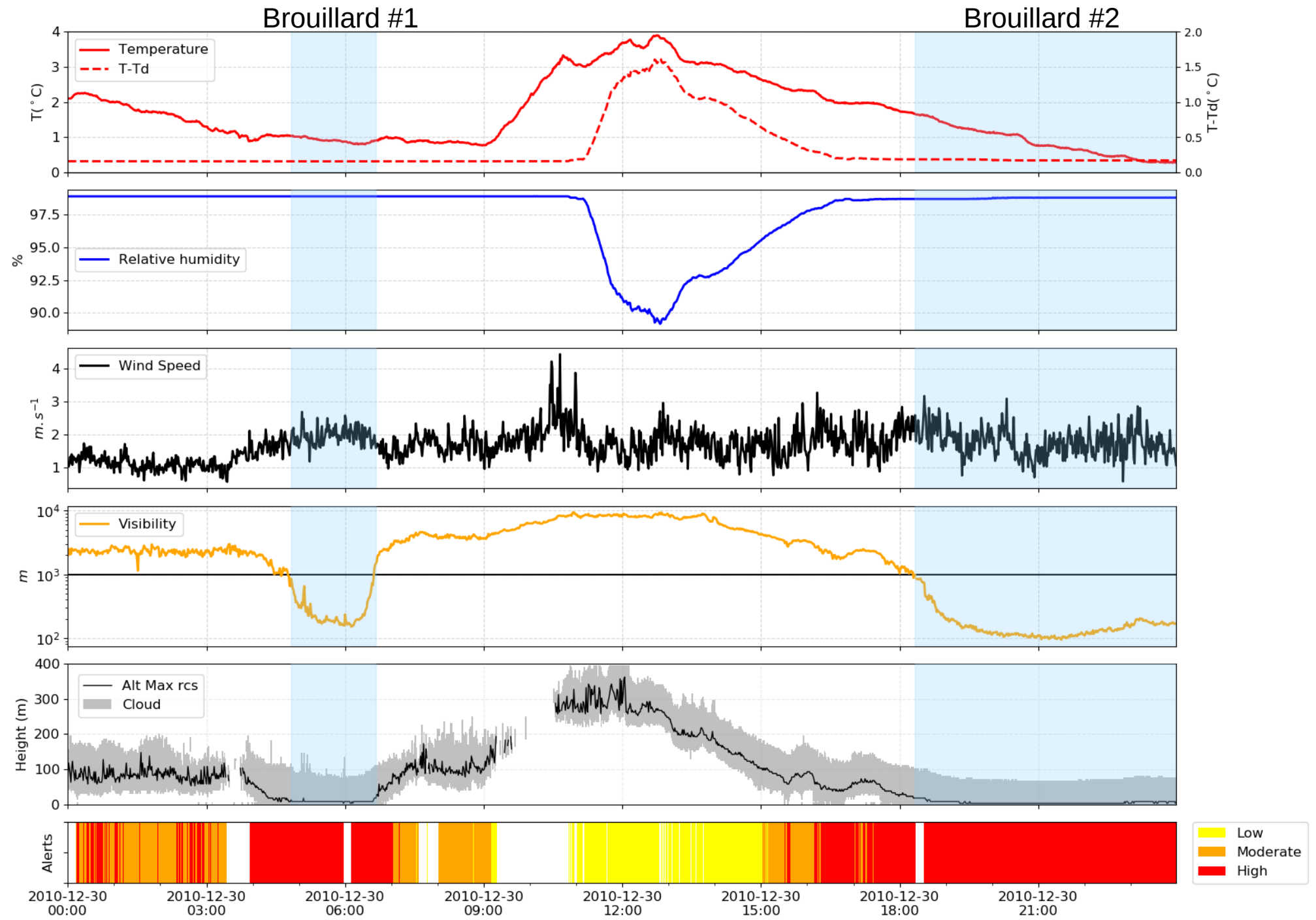


$$A(t) = \frac{w_{\text{grad(visi)}} \times F(\text{Visi}) + w_{\text{grad(Alt)}} \times F(\text{Alt}) + w_{\text{grad(TTd)}} \times F(\text{TTd}) + w_{\text{grad(Wind)}} \times F(\text{Wind})}{(w_{\text{grad(visi)}} + w_{\text{grad(Alt)}} + w_{\text{grad(TTd)}} + w_{\text{grad(Wind)}})}$$

### Alertes :

None : A [0; 0.1]  
 Low : A [0.1; 0.3]  
 Moderate : A [0.3; 0.5]  
 High : A [>0.5]

# Application module « affaissement stratus »



# Bilan & Perspectives

- **Les brouillards au SIRTA : 2010-2018**

- 53 % radiatif / 40 % stratus essentiellement entre Octobre et Mars
- durée moyenne assez courte (< 5h)
- forte sensibilité des cas radiatifs au rayonnement solaire sur form°/diss°

- **PARAFOG : prévision immédiate du brouillard**

- taux de détection : RAD ~ 80 % et STL ~ 69 %
- alertes en moyenne -30min (RAD) -45min (STL) avant début brouillard
- développement d'un module affaïssement de stratus via la logique floue

- **Perspectives :**

- Extension du jeu de données à d'autres sites de mesure (Belgique, Suisse)
- Statistiques PARAFOG (radiatif / nouveau module stratus)
- Version 2.0 de PARAFOG

