

# Le projet brouillard

## The International SOFOG3D experiment

South West of France during wintertime 2019-20

---

F. Burnet, C. Lac, P. Martinet, N. Fourrié, M. Haeffelin<sup>1</sup>,  
J. Delanoë<sup>2</sup>, J. Price<sup>3</sup>, G. Canut, A. Dabas, C. Denjean, R. Honnert,  
J. F. Mahfouf, T. Montmerle, A. Paci, G. Roberts, Y. Seity, B. Vié,  
T. Bourriane, O. Garrouste and S. Barrau.

Météo-France/CNRM - <sup>1</sup>IPSL/LMD - <sup>2</sup>IPSL/LATMOS - <sup>3</sup>UKMO

Séminaire CNRM - 15/10/2019

# Le programme de recherche



- Contexte : réduire les impacts économiques du brouillard

- **COP 2017-21** dans l'objectif n°5 :

*Compte tenu des enjeux que représentent les situations de brouillard pour le trafic aérien, Météo-France conduira une action de R&D spécifique sur l'observation et la prévision du brouillard, en mobilisant des moyens expérimentaux innovants dont un radar dédié à l'observation des nuages ainsi que des moyens de modélisation spécifiques.*

- => développement du système de PNT AROME-500 m

- => réalisation de la campagne de mesures SOFOG3D : **caractérisation 3D brouillards**

- Evaluation / validation AROME-500 m
- Mieux comprendre les processus clefs et leurs interactions pour améliorer les paramétrisations

**=> LES très haute résolution** (quelques m)

**=> études expérimentales**

- Tester l'apport de nouveaux systèmes instrumentaux pour l'assimilation

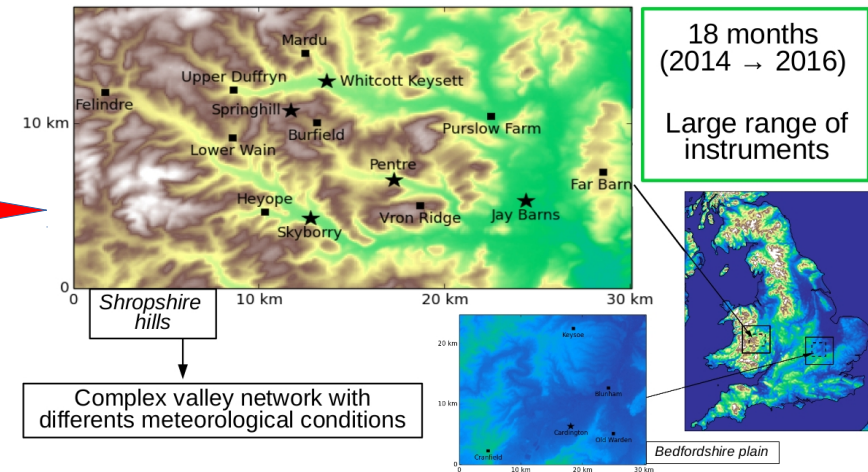


# Collaborations

- **Météo France / CNRM** :
  - Experimental group : G. Canut, A. Dabas, C. Denjean, P. Martinet, A. Paci and G. Roberts
  - Modelling group : T. Bergot, R. Honnert, C. Lac, Q. Libois, Y. Seity , B. Vié
  - Assimilation group : N. Fourrié, J.-F Mahfouf, T. Montmerle
- **SOFOG3D** ANR project (4 years):
  - IPSL/LMD (M. Haeffelin, SIRTA/ParisFog)
  - IPSL/LATMOS (J. Delanoë, BASTA)
- French lab / organisms :
  - IRSN, ONERA, LA, IFSTTAR (LRPC)...
- **UKMO** (PI. J. Price, LANFEX) ➔
- MWR Network (TOPROF COST action) :
  - Univ. de Cologne (U. Löhnert),
  - MeteoSwiss (A. Haeffele)
  - RPG (G5) and Attex (MTP5)
- ~~AERI from ARM (D. Turner / NOAA)~~
- MétéoMatics (C. Schluchter)

J . Price - LANFEX

« Why a same air mass could lead to different fog conditions at different places ? »



Complex valley network with different meteorological conditions



# Objectives / Main scientific questions

---

- Provide a **3D characterization of fog layer properties** with detailed observations of **dynamics, radiation, microphysics and surface fluxes**
- Processes study using **synergy between 3D high-resolution LES and unprecedented detailed observations**
  - Dynamics :
    - **Impact of surface heterogeneities** : what are the impacts of turbulent eddies near the ground induced by surface heterogeneities on the spatio-temporal variability of the fog ?
    - Impact of entrainment and turbulent mixing at the top of the fog layer
  - Microphysics :
    - **Is transition between thin and thick fog mainly driven by microphysics ?**
    - Impact of aerosols, evaluate improvement of the two-moment scheme LIMA
  - **Stratus to fog transition** : do microphysics and local processes induced by orography and surface type influences St lowering or is it mainly driven by large scale conditions ?
- **Data assimilation of new local observations** :
  - MWR network and synergy with radar 95 GHz





# ANR SOFOG3D – 4 years (01/10/2018-2022)

## Consortium :

- Météo-France/CNRM, Toulouse - F. Burnet (PI)
- IPSL/LMD, Palaiseau - M. Haeffelin
- IPSL/LATMOS, Guyancourt - J. Delanoë

## Budget : 490 k€ ( 5 \* 1 year Post Doc)

6 months campaign

### Timetable of the project:

	18	2019				2020				2021				2022		
	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
Task 1 : Field campaign and in situ data analysis																
1.1 Preparation																
1.2 Field campaign																
1.3 In situ data analysis (CDD)																
Task 2 : Fog retrievals based on remote sensing measurements																
2.1 Radar retrievals (CDD)																
2.2 Attenuation and closure study																
2.3 Improved MWR retrieval																
2.4 SEVIRI/MSG retrievals																
Task 3 : 3D high resolution LES																
3.1 : LES and validation (CDD)																
3.2 : Impact of heterogeneities																
3.3 : Impact of orography																
Task 4 : Advanced process studies based on highly documented cases																
4.1: Transition thin/thick																
4.3 : Ph D on St lowering																
4.2: Fog dissipation phase (CDD)																
Task 5 : Data assimilation and forecast																
5.1 Observations preparation																
5.1 Assimilation trial (CDD)																
Final report																

2 Ph D :

A. Bell

M. Fathalli



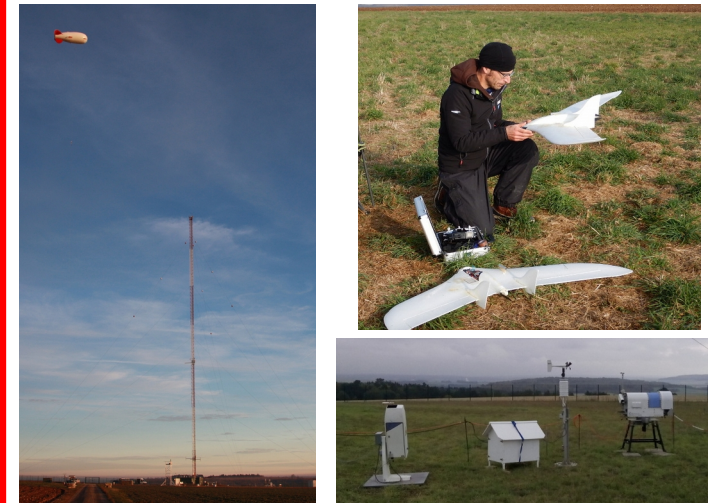
# Les campagnes récentes

PARISFOG 2006-07, PREVIBOSS 2010-13  
SIRTA (Palaiseau)



LANFEX 2014-16 (Ecosse): approche 3D  
mais peu de mesures microphysiques

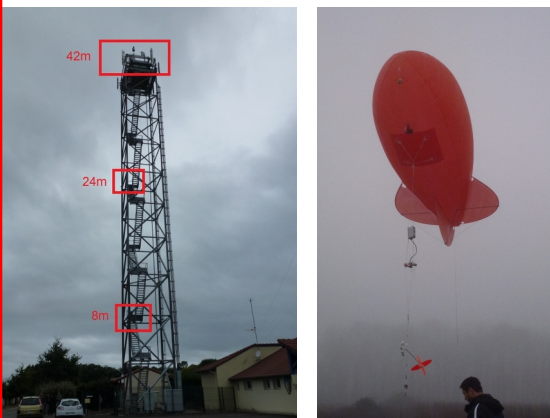
Bure 2015-17, OPE ANDRA (Meuse)



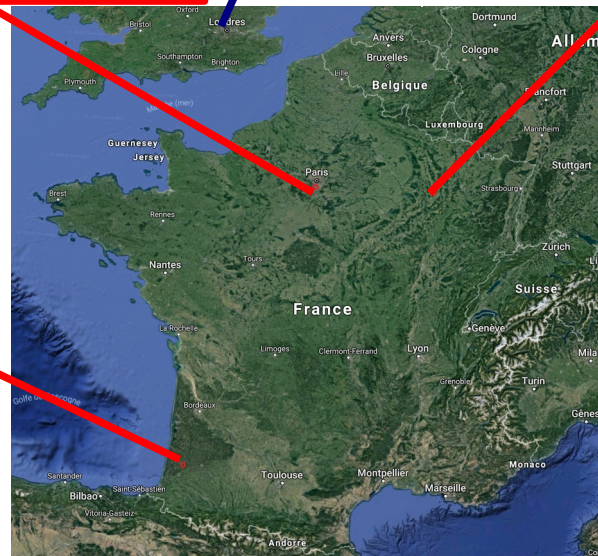
Profil microphysique, télédétection et dépôt  
d'eau liquide sur végétation

Télédétection et microphysique «sol»

Magescq 2013-14 (Landes)



Profil vertical microphysique



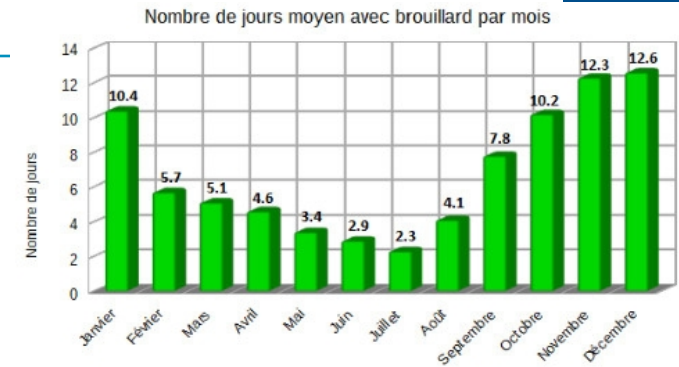
=> Objectif : **caractérisation 3D du brouillard** avec  
observations détaillées **dynamique, rayonnement,**  
**microphysique et couplage avec la surface**





# Stratégie d'observation :

- **Automne-hiver 2019/20 dans le Sud Ouest :**  
Mont de Marsan : 80 épisodes / an (340 h)
- **Observations long terme : systèmes automatiques**  
réseau RADOME (50), stations mobiles (20),  
télédétection, stations de flux et mats instrumentés (microphysique), dépôt.
- **Périodes d'Observations Intensives :**  
radiosondages, ballon captifs, flotte de drones  
=> Objectif : **échantillonner 10 à 20 situations en conditions favorables**



Mât de 50 m



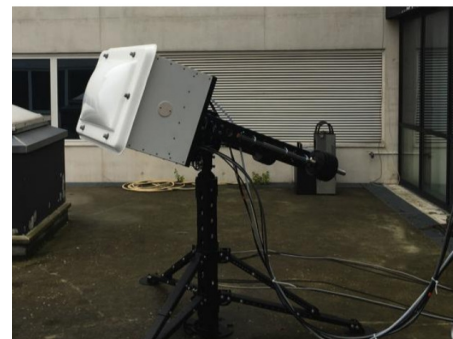
Flux



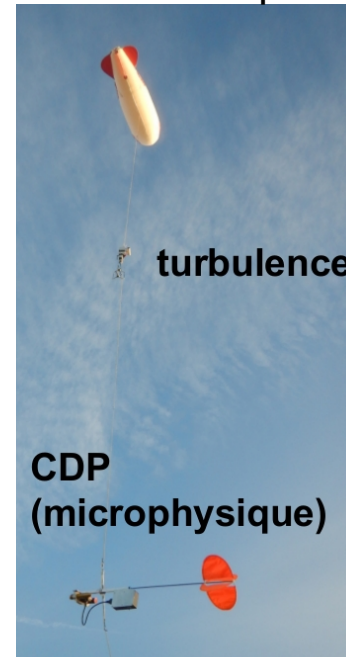
Télémetre, Radiomètre, Radar



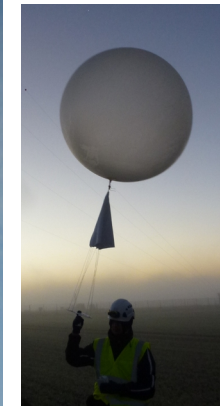
Dépôt



Ballon captif



RS et flottes de drones



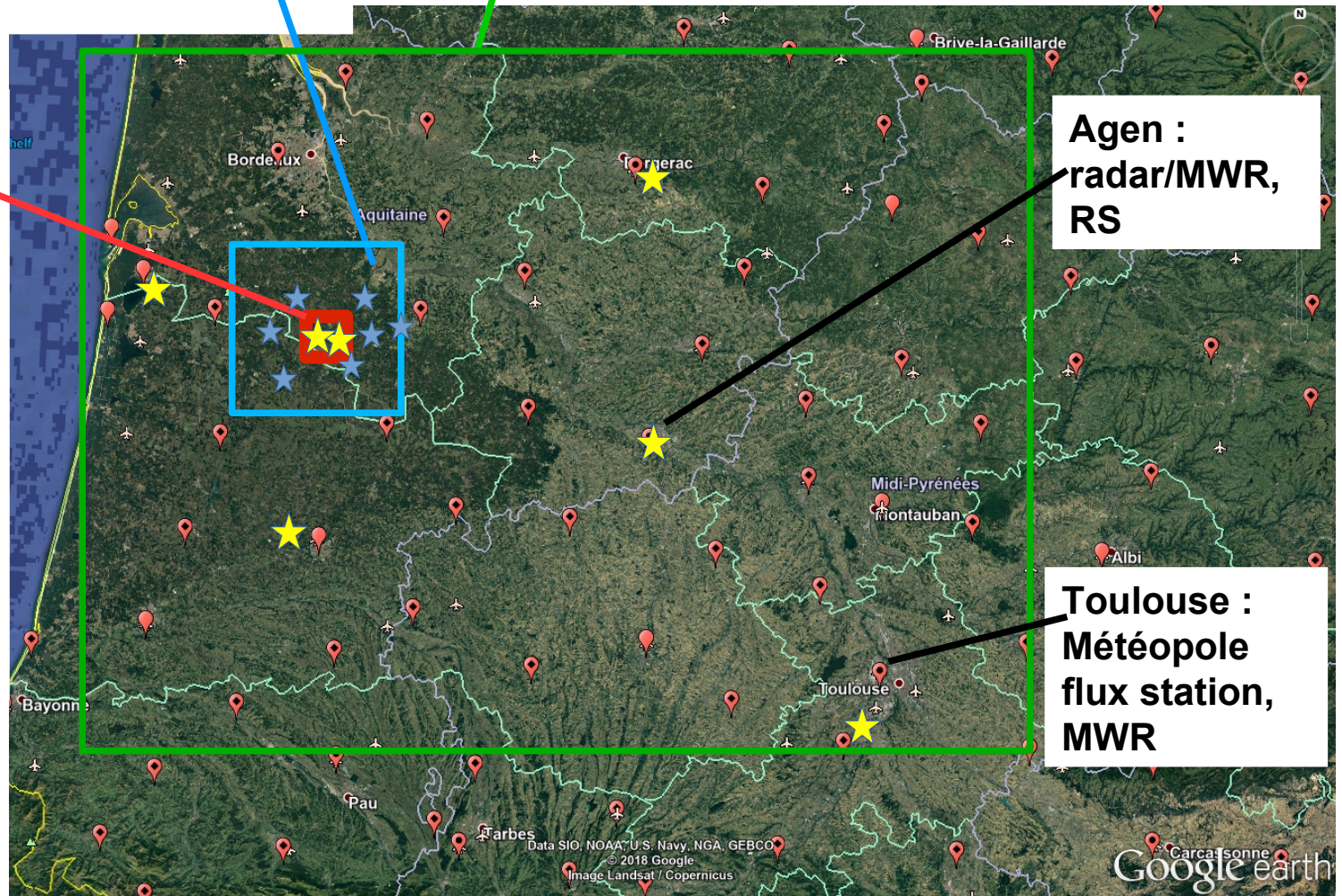


# SOFOG3D experimental strategy

Surrounding domain 50 x 50 km with increased density in-situ sensors network (8+12=20 surface met. stations, visibility, ceilometers, turbulence)

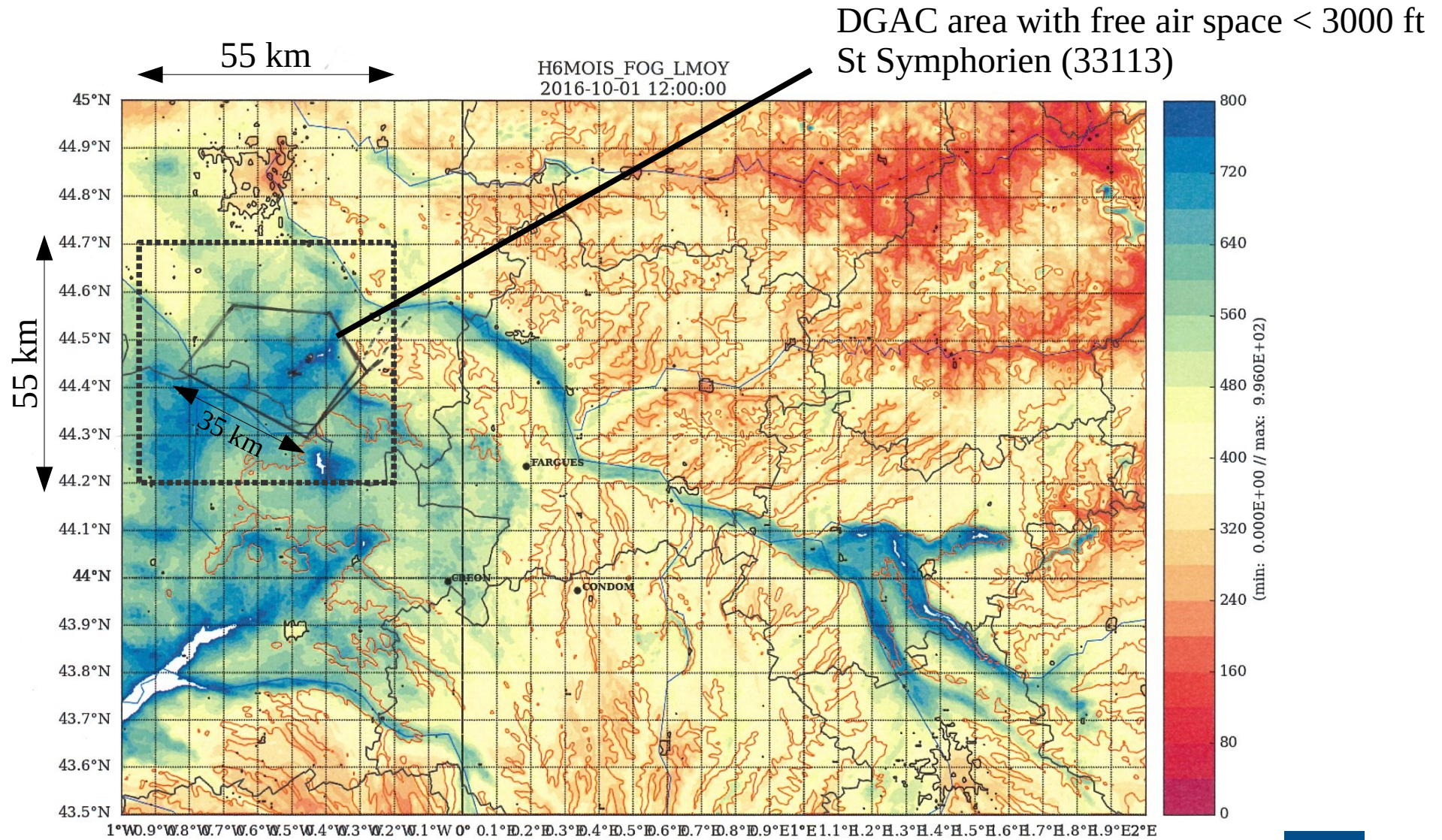
Larger domain 300 x 200 km (AROME-500m model) with in-situ sensors (~ 50 surface met. stations) and MWR (8 units ★) networks

- Super-site 10 x 10 km:
- radar/MWR/lidars
  - tethered balloon, RS
  - UAVs fleet
  - 12 met. stations + visi
  - 50 m mast (2) profiles
  - 4 areas with : heat and turbulent fluxes (ground & 10m), radiation budget, aerosol and fog microphysics, water deposition
  - 6 ceilometers





# AROME fog forecasts (nb of hour) winter 2016-17



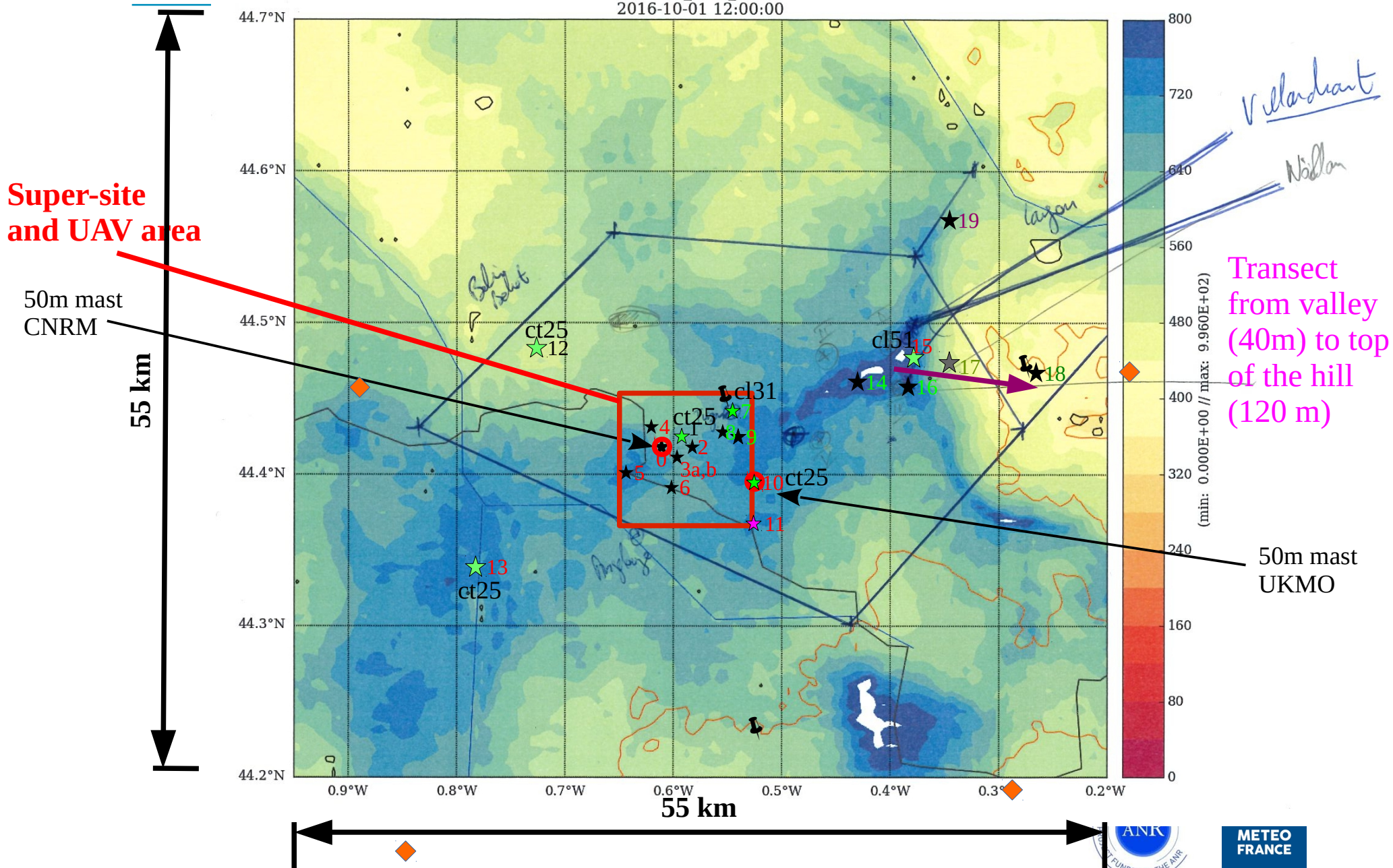


# Network of 20 sites

500-156

- ◆ RADOME
- ★ met. station + visi. ☆ + TNL
- 0 champ ouvert 8 forêt

H6MOIS\_FOG LMOY  
2016-10-01 12:00:00





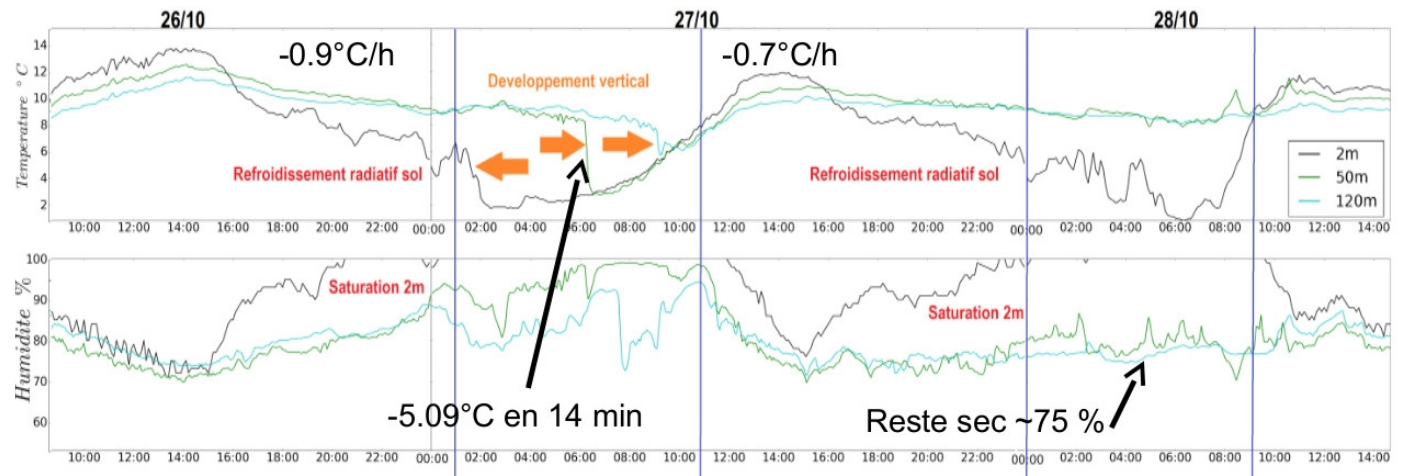
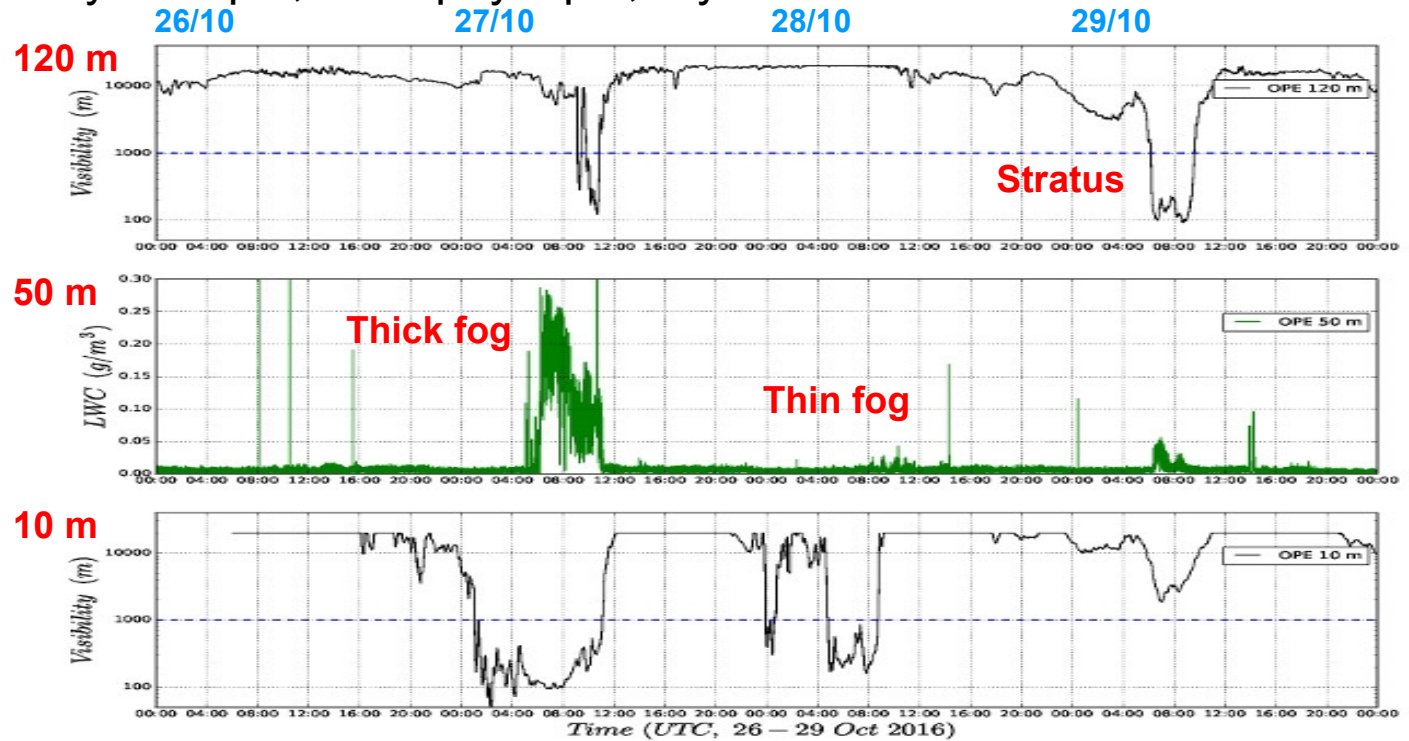




# Tours instrumentées

- Monitoring continu : dynamique, microphysique, rayonnement et flux

BURE 2015-2017,  
OPE ANDRA



# Microphysics : 4 sites

1) Super-site – Jachère :

=> **hétérogénéités spatiales**

50 m – Visi +CDP

2) Super-site – Forêt :

10m : LWC

3m : Welas+FM120+ visi

3) super-site - radar BASTA

3m : FM100 + visi

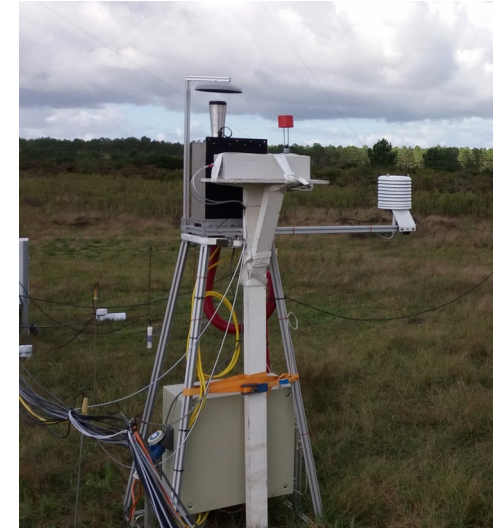
4) UKMO site :  
50m, 24m et 2m visi  
Welas + FM120



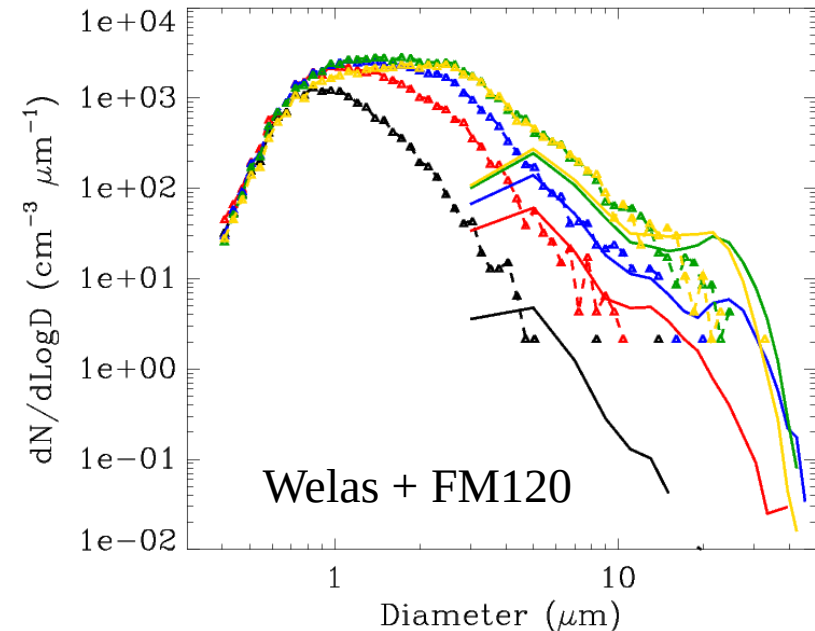
24m - Visi

10 m – PVM  
(LWC+PSA)

3 m – Visi +  
Welas+FM120



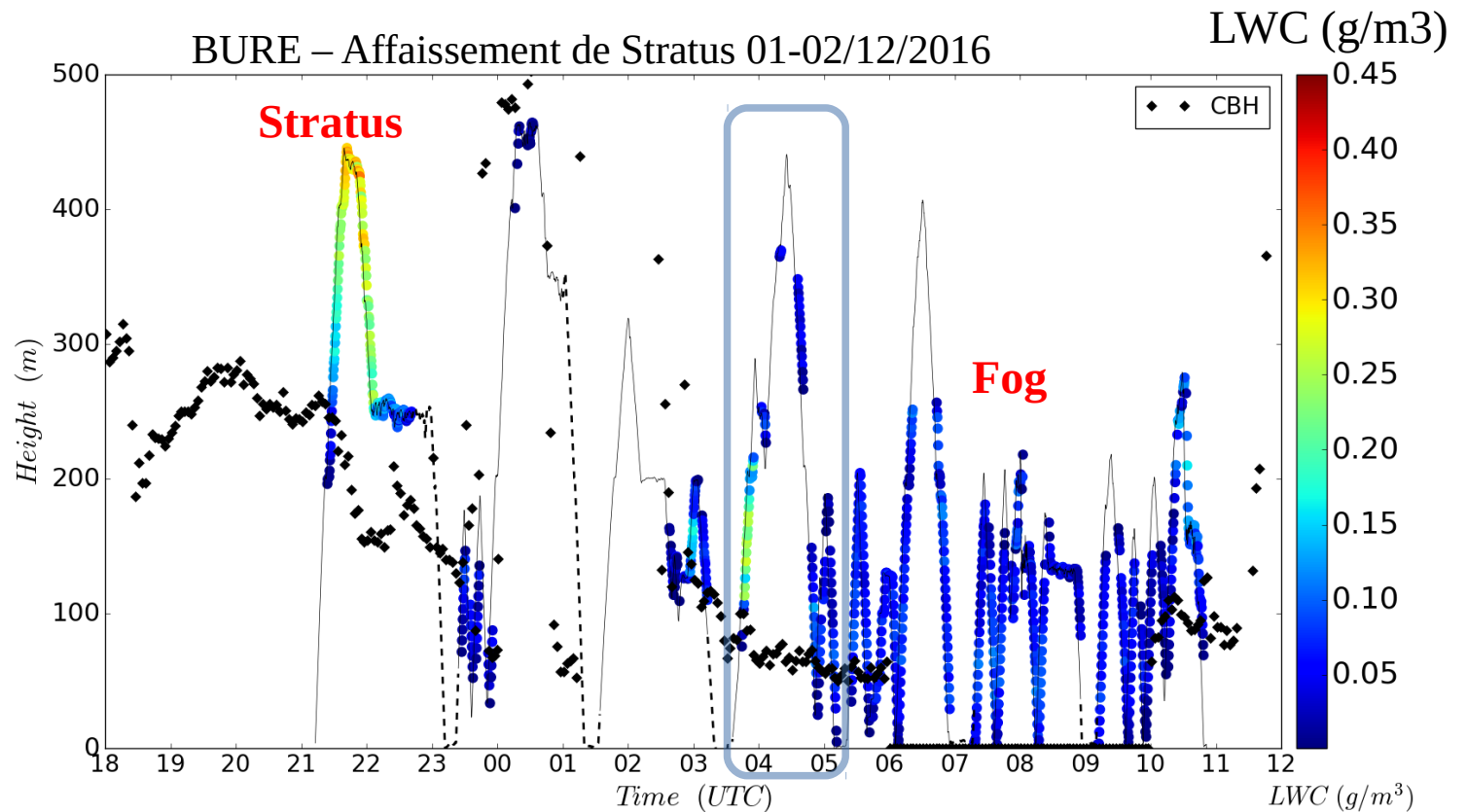
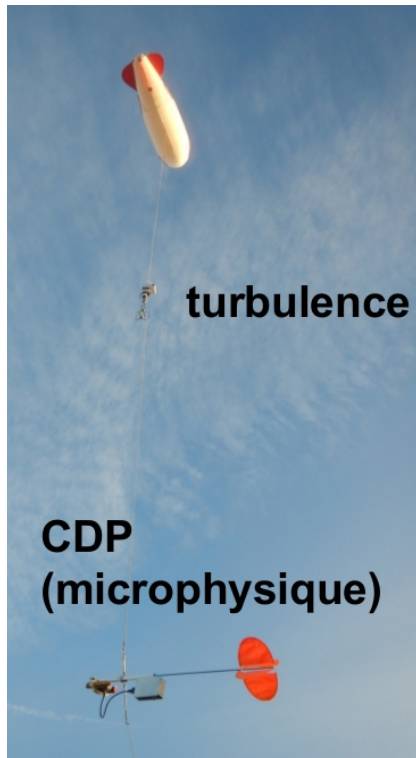
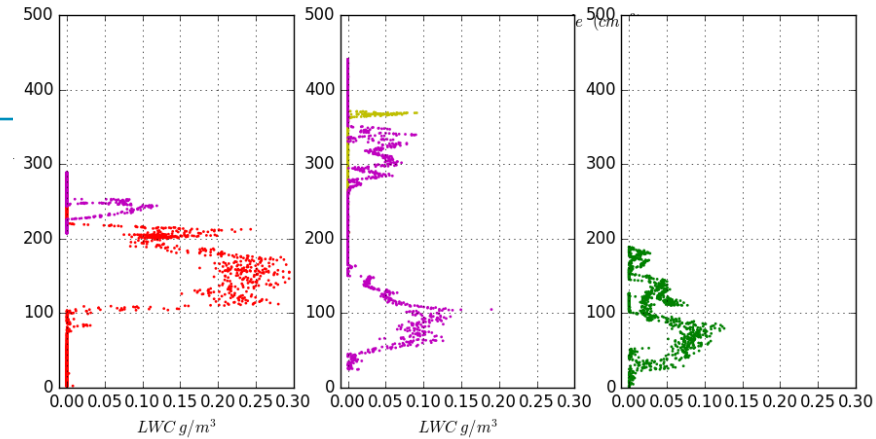
BURE - 01-02/12/2016



# Ballon captif

- Étude de processus => **profil vertical in situ**
    - Thermodynamique, turbulence et microphysique (aérosols, gouttelettes, CCN)
    - Mesures ciblées zones d'intérêts
- => Complémentarité tour / ballon**

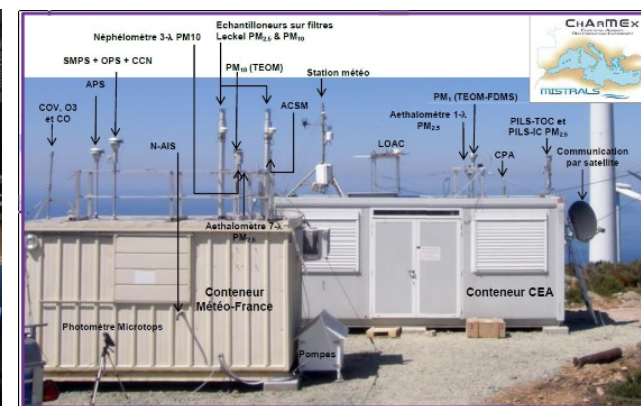
Profils verticaux LWC mesuré par le CDP :





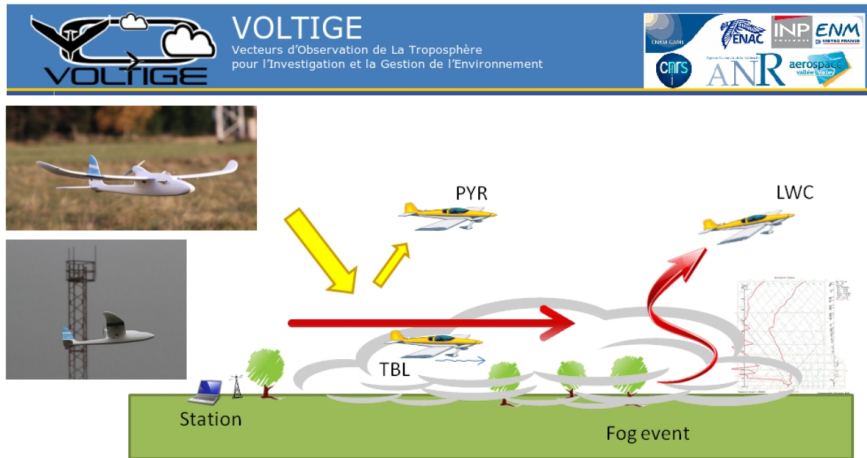
# Aerosol properties

- **Main zone** of the super site :
  - total concentration CPC
  - size distribution SMPS [10-496] nm, OPC [0.3, 10  $\mu$ m]
  - absorbing properties (nephelometer and CAPS)
  - hygroscopicity (CCN chamber)
- **Secondary zones** :
  - OPC
- **Tethered balloon** :
  - OPC
  - mini CCN
- **UAVs fleet** :
  - OPC



# UAVs fleet : 3D exploration

- Vertical profile and horizontal mapping  
=> **heterogeneities during the fog life cycle**



## X6 (Skywalker) :

2 kg  
2 h  
60 km/h  
Zmax=4 km



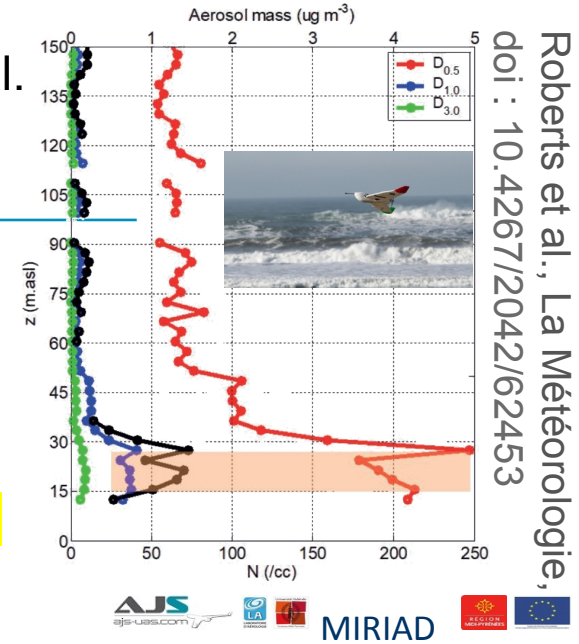
Backscatter cloud sensor



5-hole probe



Video camera

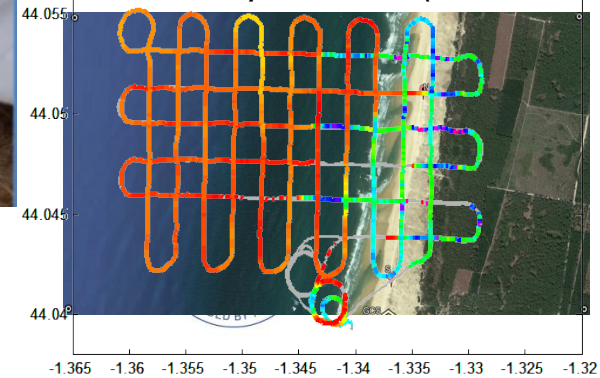


aerosol inlet

optical particle counter



Surface temperature : (RAW data)



## Xeno (Multiplex) :

700 g  
45 min  
Zmax=1 km

P,T,U,wind

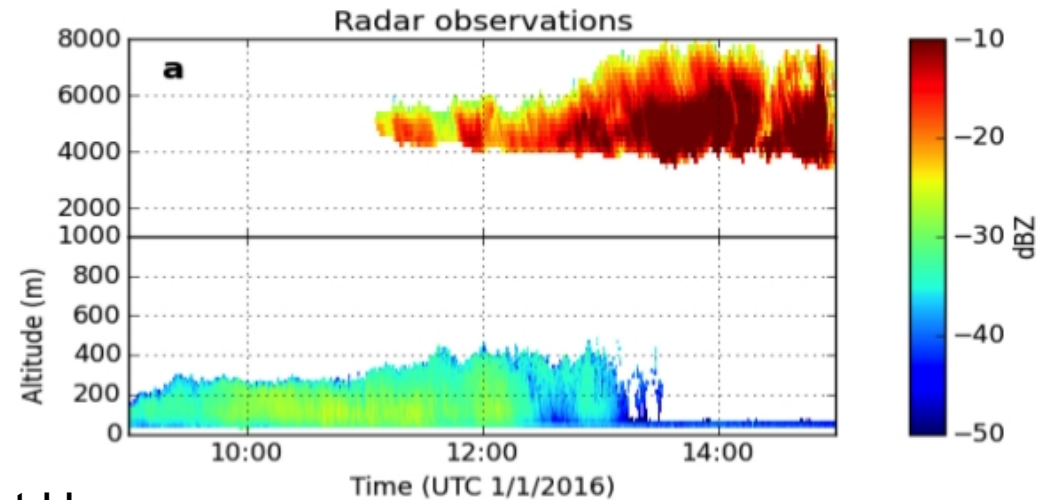




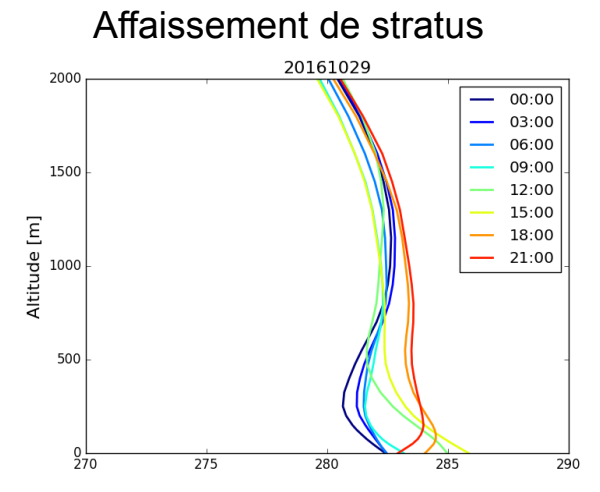
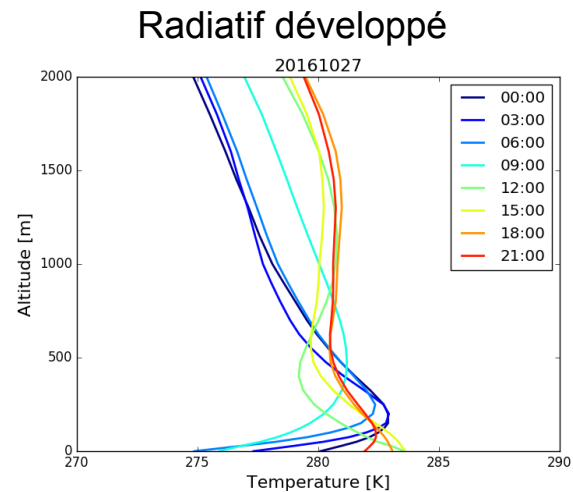
# Synergie BASTA - radiomètre

WP2 – J. Delanoë et al.  
WP5 – P. Martinet et al.

- Caractérisation profil pour les processus et assimilation pour prévisions
  - Radar : réflectivité et vitesse Doppler => sommet, microphysique

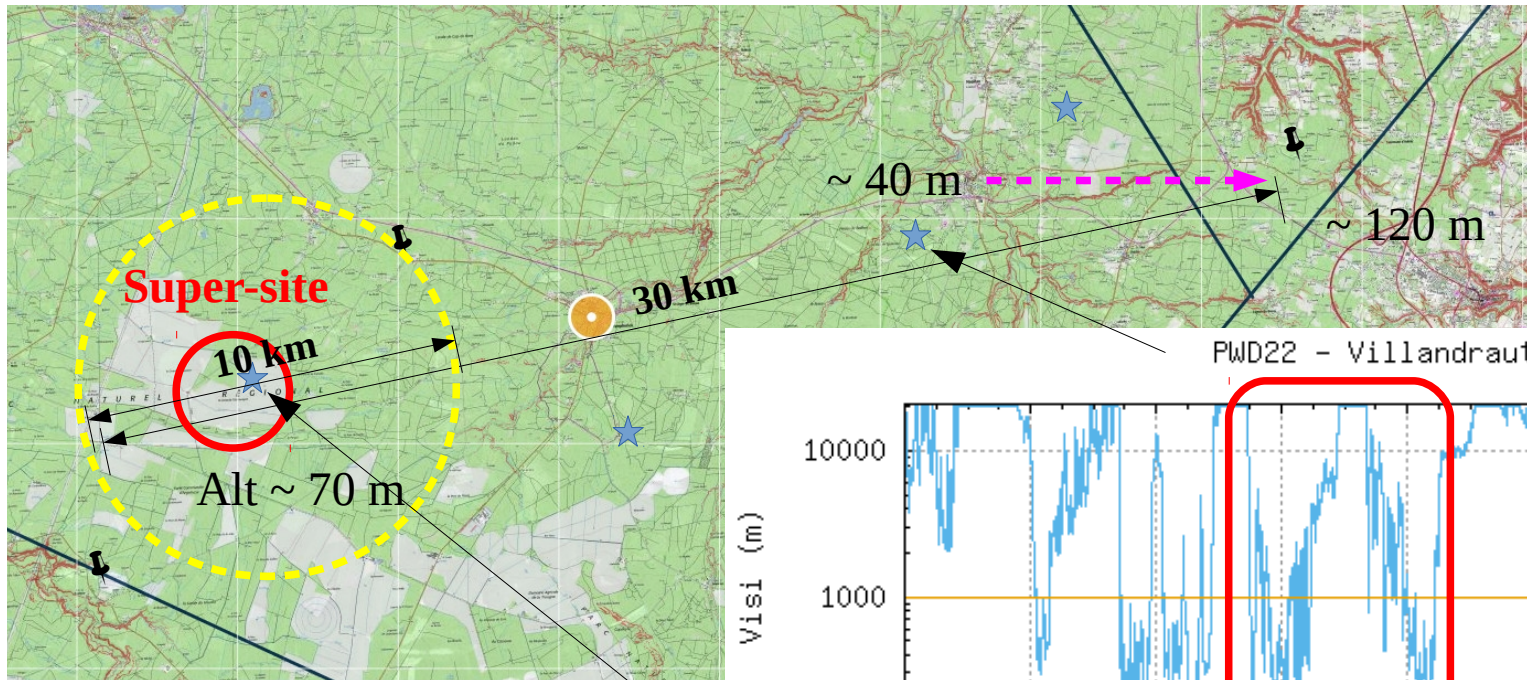


- Radiomètre : LWP et profils T et Hu

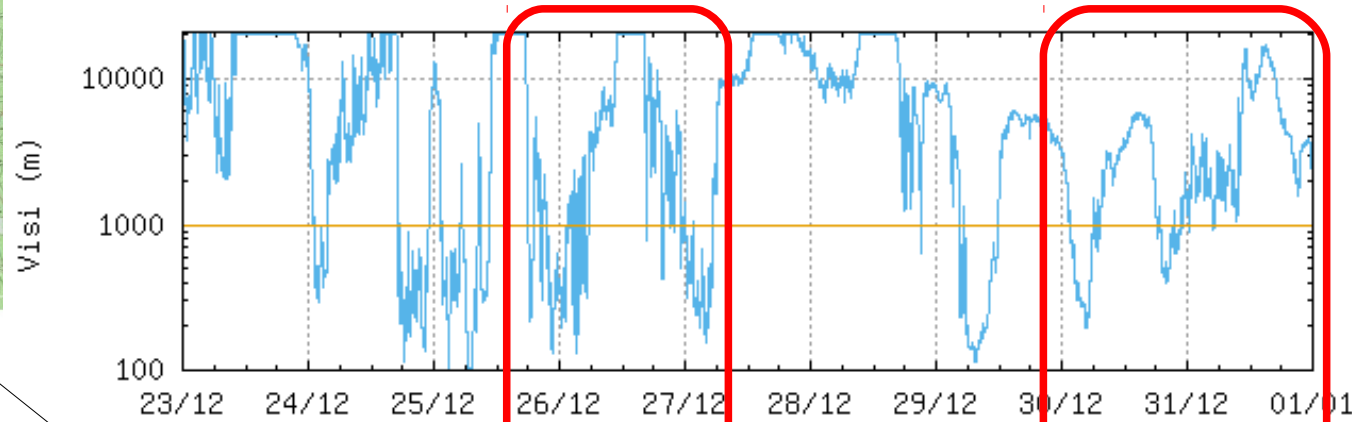


# Pre-campaign winter 2018-1019

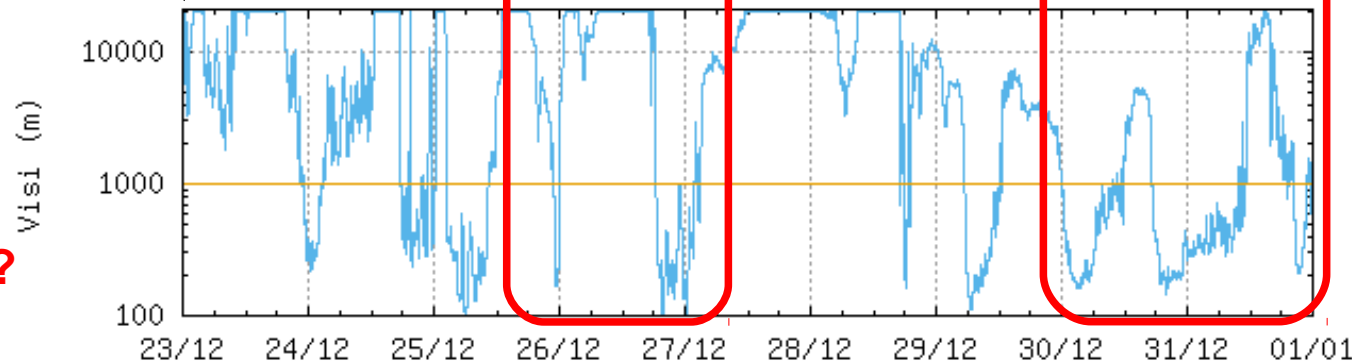
- 📡 40m antennas/watchtower
- ★ met. station + visi.



PWD22 - Villandraut - Dec 2018



PWD22 - Super-site - Dec 2018



- Differences in **onset time** and **duration** of fog events
- Differences on **visibility**

=> **impact of heterogénities ?**



# Summary

---

- **6 month campaign during winter 2019-2020 in the South-West of France :**  
=> provide a **3D characterization of fog layer properties** with detailed observations of **dynamics, radiation, microphysics and surface fluxes**
- **Long Observation Period : 01/10/2019 and 31/03/2020**
  - ✓ MWR network (8 units) over the larger domain (300 x 200 km)
  - ✓ Radars strategy (3 units)
  - ✓ met. station network (20 sites with 6 ceilometers) medium domain (50 x 50 km)
  - ✓ Super-site : small scale and contrast open field / pine forest (10 x 10 km)
  - ✓ UAV long range flight derogation => 6 km long ( $S_2 < 1\text{km}$ ) (in progress)
- **Intensive Observation Periods** (radiosoundings, tethered balloons, UAVs fleet) will be triggered through **forecast alerts** in real-time during this period.  
=> starting mid-October...



# Phase d'installation :

	lundi		mardi		mercredi		jeudi		vendredi	
	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir	matin	soir
Fabrice BURNET	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Olivier GARROUSTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Axel ROY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gilles BOUHOURS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eric MOULIN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sébastien RIEUBLANC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thierry BOURRIANNE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jean-Michel ETCHEBERRY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Patrick ARESSY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jean BARNE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jean-Claude ESTIENNE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fabrice JULIEN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Colin CARIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Séphan ARIXI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Greg ROBERTS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stéphan DEFOY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

suivi => <http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article1168> (merci Sébastien)

- UKMO site
- Super-site :
  - Jachère (reste aérosols et LB100)
  - Charbonnière (reste radars et V2)
  - Site forêt
  - Drones
- Réseau de stations
- Réseau de radiomètres (reste Agen et Bergerac)



**=> fin prévue au 25/10 mais POI à partir du 21/10 si conditions favorables**

- MERCI à tout le personnel technique de GMEI et de STAR impliqué :  
 G. André, P. Aressy, S. Arixi, S. Barrau, J. Barrié, G. Bouhours, T. Bourrienne, J.M. Donier, T. Douffet, J.C. Etienne, J.M. Etcheberry, B. Gaillard, O. Garrouste, L. Gustave, F. Julien, W. Maurel, E. Moulin, S. Rieublanc, A. Roy, H. Schaffner, V. Unger



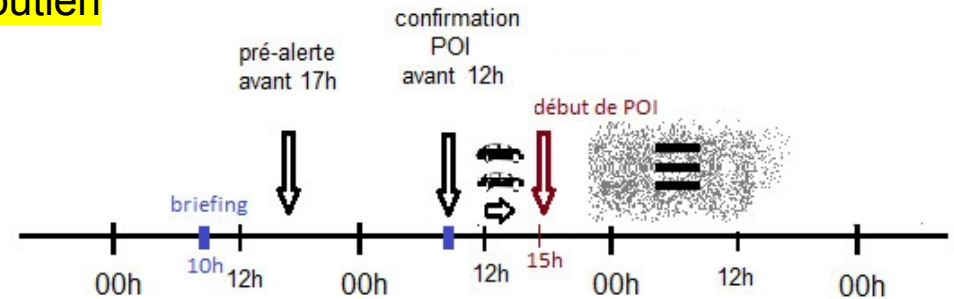
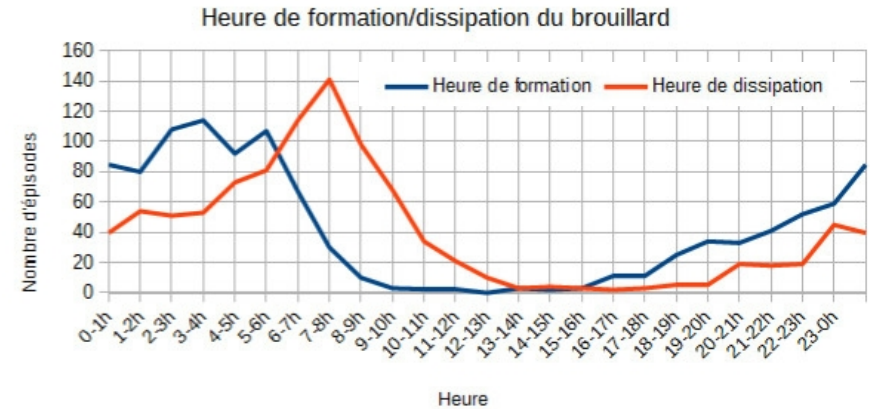
# Plan d'opérations :

- Equipe sur le terrain : 10 à 15

- 1 PI pour coordination des opérations
- 1 instrumentation (visite hebdomadaire)
- 6 : Ballon captif : 3\* 2pers pour H24
  - Télépilotes : Eric, Joël, Axel, Olivier, Guylaine, Sébastien, Thierry et Fred
  - Scientifiques : (Fred, Thierry, Sébastien), Maroua, Nicolas, Pauline, Cyrielle, Valentin, Alistair, Jean-Michel, Salomé + soutien
- 2/4 : Drones : 2\* 2pers
  - Télépilotes : Grégoire, Axel, Joël, Jean-Claude, Stéphan
  - Opérateurs : Greg, Fabrice
- RS :
  - Charbonnière : 0/2 + Sbibex : 2 => soutien
  - Agen : 2 (LISA + soutien)
  - Toulouse : DSO + soutien

- Briefing Toulouse : 7/7 à 10-12h

- PI : décision alerte + go / no go
- Analyse météo + point instrumental + CR
- ENM + CISMF + scientifiques + Christine, Yann, Rachel, Quentin, Olivier + soutien



# Briefing quotidien Toulouse

## => Objectifs : déclenchement des POI et évaluation d'AROME

- Salle RDC 049 – PC dédié SYNOPSIS + marques pages :
  - bulletin ENM, page Salomé, tracé des anglais (SOFOG foggy), Pepper, visu modèles, Caribou et Cervus, qk MNPCA, stations DSO, etc....
- Rédaction d'un petit bulletin chaque jour :
  - les observations du jour, par rapport à la prévi de la veille
  - prévi à fine échelle J+1 et J+2 (avec les AROME et les modèles anglais)

### Bulletin de prévision de risque de brouillard

date	nuits J/J+1	nuits J+1/J+2	nuits J+2/J+3	nuits J+3 à J+6
	08/10 - 09/10	09/10 - 10/10	10/10 - 11/10	11/10 - 14/10
<b>Situation générale / régime de temps</b>	Conditions anticycloniques, flux de nord voire nord-est mou.	Persistance des conditions anticycloniques, flux de NE.	Fin progressive des conditions anticycloniques due à l'arrivée de la tête de l'EX Joaquin, flux d'E-NE persistant.	Une ceinture anticyclonique présente de l'Irlande aux pays scandinaves empêche la perturbation de progresser et provoque un retour d'est en fin d'échéance, flux de NE.
<b>Comportement modèles - incertitude</b>	Risque faible de brouillard lié à la faible teneur en humidité des basses couches. Radiosondages saturés en très basse couches avec un pied radiatif et présence de nuages bas. Resserrement en HA, occasionnant une nébulosité très faible.	Risque élevé de brouillard, dû à l'arrivée de stratus par le NE. Radiosondages présentant un léger pied convectif saturé, le reste est sec sur toute la couche.	Risque de brouillard nul, présence de ST ou SC en très basses couches et passage de nuages élevés dans la matinée.	Risque de brouillard nul pour la période causé par des basses couches trop sèches en début de période et une dégradation progressive avec des nuages bas en fin de période.
<b>Risque brouillard Super-Site</b>	modéré	élevé	marginal ou nul	marginal ou nul

