

La mesure de réfractivité par radars : Quelle description des structures turbulentes cohérentes dans la couche limite ?

Ruben Hallali

Directeur : Jacques Parent du Châtelet

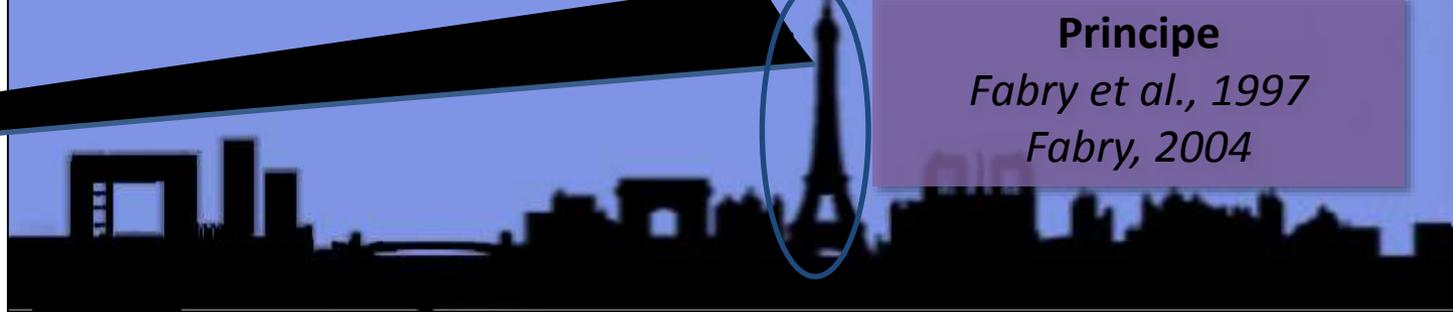
Journée Scientifique SIRTA 2016



radar



Faisceau
radar



Principe

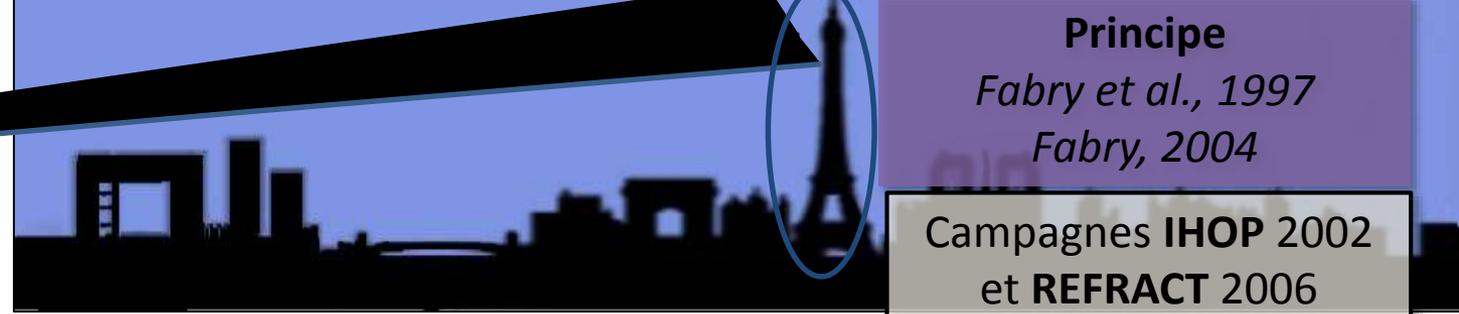
Fabry et al., 1997

Fabry, 2004

radar



Faisceau
radar

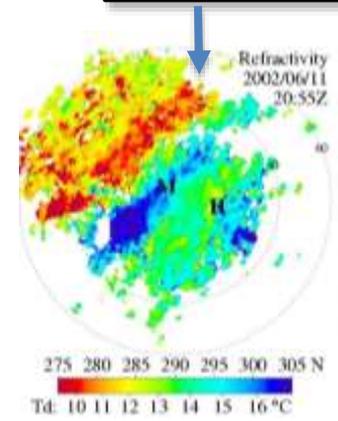


Principe

Fabry et al., 1997

Fabry, 2004

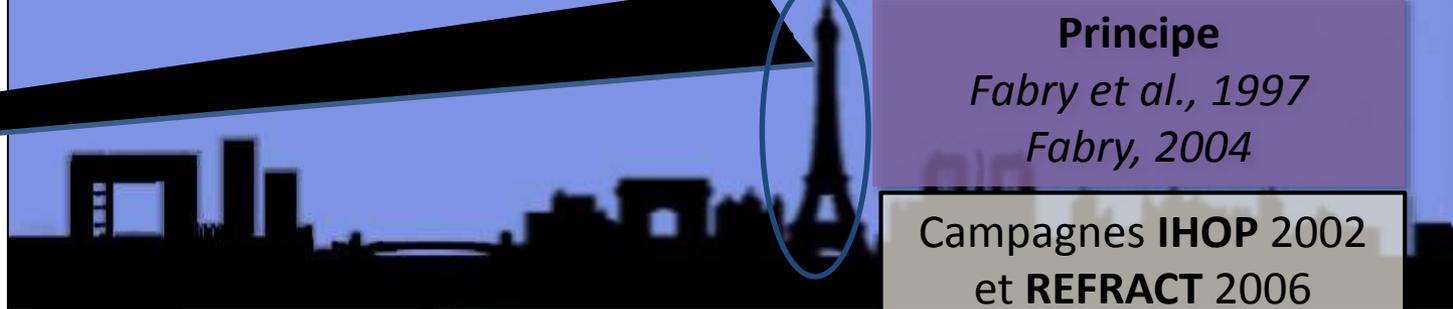
Campagnes **IHOP 2002**
et **REFRACT 2006**
Weckwerth et al., 2005



radar



Faisceau radar



Principe

Fabry et al., 1997

Fabry, 2004

Campagnes **IHOP 2002**
et **REFRACT 2006**

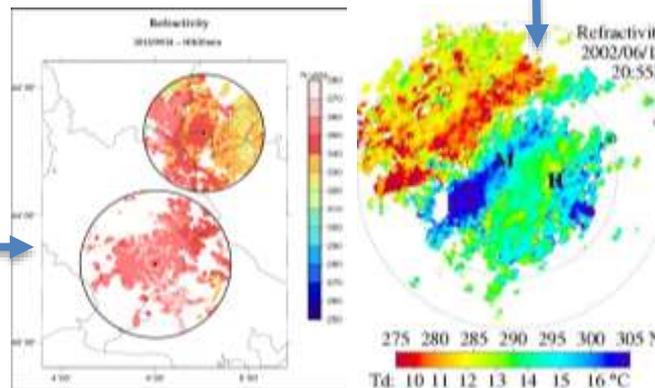
Weckwerth et al., 2005

Adaptation radar à magnétron

Parent du Châtelet et al., 2012

Implémentation de la mesure sur les radars bande S pendant HyMeX

Besson et Parent, 2013



radar



Faisceau radar



Principe

Fabry et al., 1997

Fabry, 2004

Campagnes **IHOP 2002**
et **REFRACT 2006**

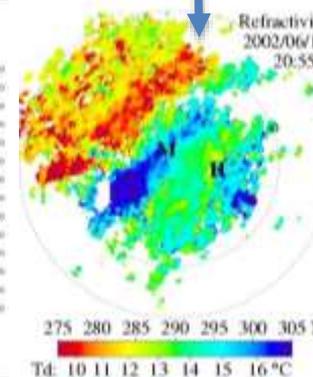
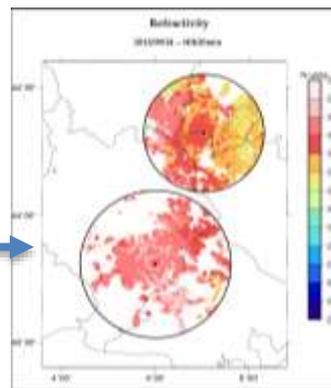
Weckwerth et al., 2005

Adaptation radar à magnétron

Parent du Châtelet et al., 2012

Implémentation de la mesure sur les radars bande S pendant HyMeX

Besson et Parent, 2013

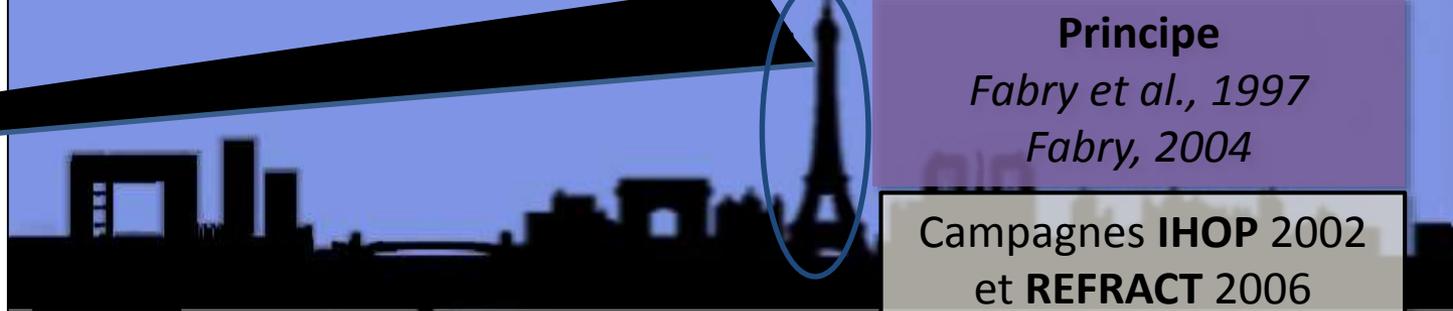


Intérêts pour l'assimilation dans les modèles (MF)
Caumont et al., 2012

radar



Faisceau radar



Principe

Fabry et al., 1997

Fabry, 2004

Campagnes **IHOP 2002**
et **REFRACT 2006**

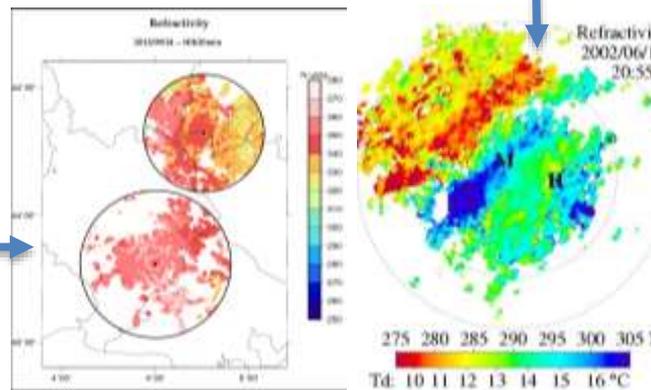
Weckwerth et al., 2005

Adaptation radar à magnétron

Parent du Châtelet et al., 2012

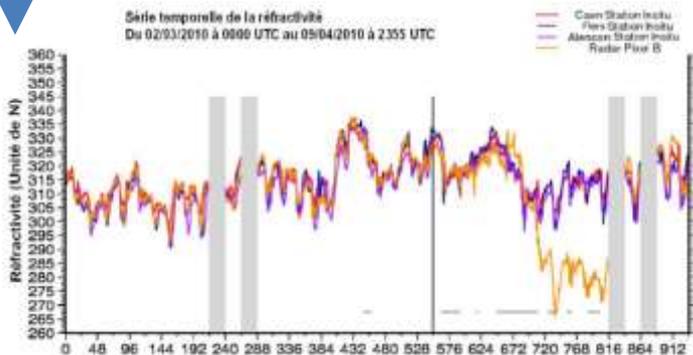
Implémentation de la mesure sur les radars bande S pendant HyMeX

Besson et Parent, 2013



Intérêts pour l'assimilation dans les modèles (MF)
Caumont et al., 2012

Série temporelle de la réfractivité
Du 02/03/2010 à 0000 UTC au 05/04/2010 à 2355 UTC



Validation de la mesure de réfractivité par un radar en bande C équipée d'un émetteur à magnétron
Boudjabi 2011

radar



Faisceau radar



Principe

Fabry et al., 1997
Fabry, 2004

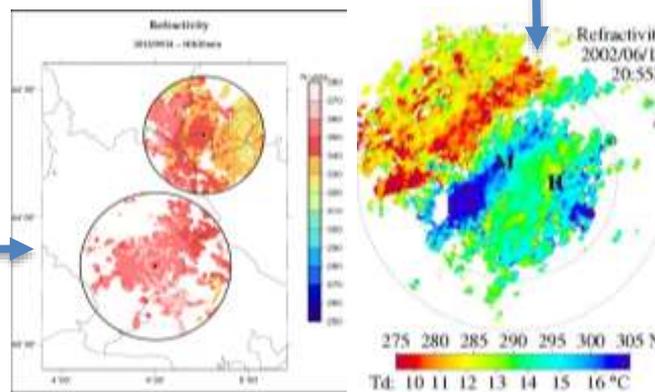
Campagnes **IHOP 2002**
et **REFRACT 2006**
Weckwerth et al., 2005

Adaptation radar à magnétron

Parent du Châtelet et al., 2012

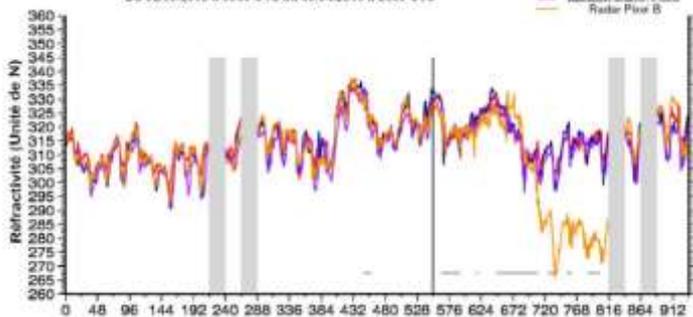
Implémentation de la mesure sur les radars bande S pendant HyMeX

Besson et Parent, 2013



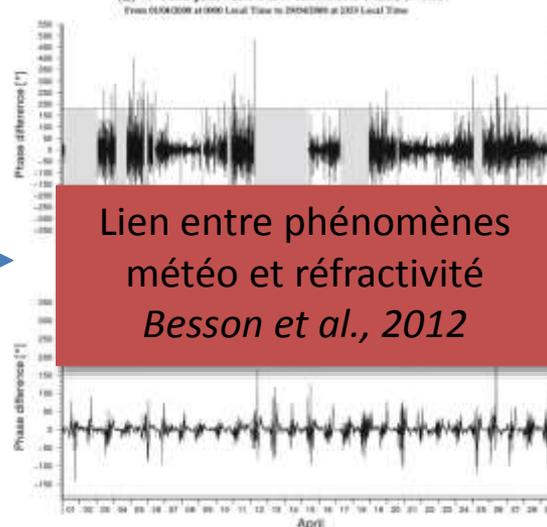
Intérêts pour l'assimilation dans les modèles (MF)
Caumont et al., 2012

Série temporelle de la réfractivité
Du 02/03/2010 à 0000 UTC au 05/04/2010 à 2355 UTC



Validation de la mesure de réfractivité par un radar en bande C équipée d'un émetteur à magnétron
Boudjabi 2011

(a) C-Band phase difference time series (5min; 4000m)



Lien entre phénomènes météo et réfractivité
Besson et al., 2012

radar



Faisceau radar



Principe

Fabry et al., 1997
Fabry, 2004

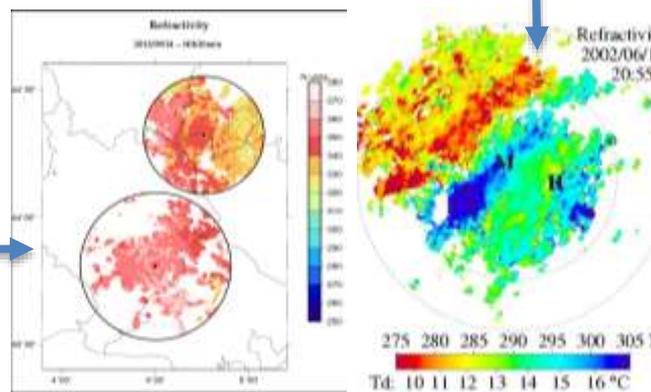
Campagnes **IHOP 2002**
et **REFRACT 2006**
Weckwerth et al., 2005

Adaptation radar à magnétron

Parent du Châtelet et al., 2012

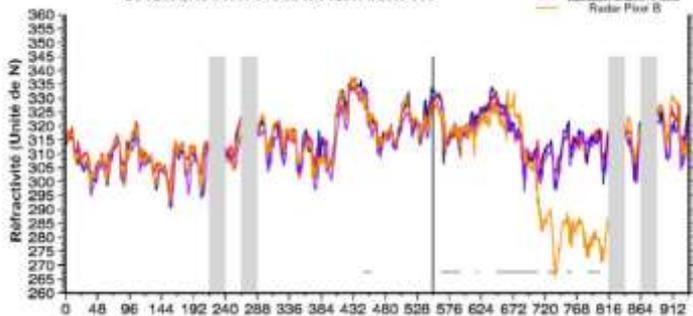
Implémentation de la mesure sur les radars bande S pendant HyMeX

Besson et Parent, 2013



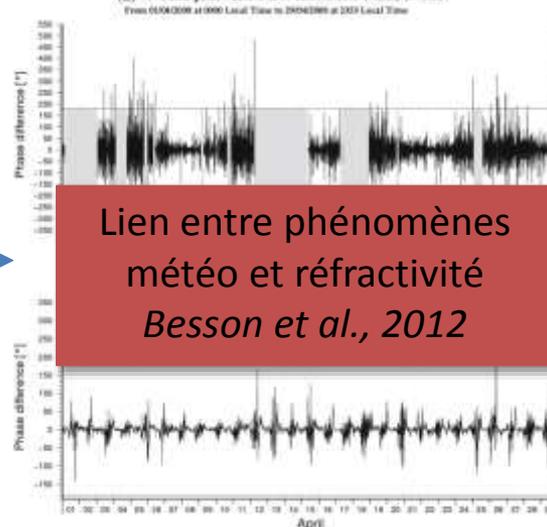
Intérêts pour l'assimilation dans les modèles (MF)
Caumont et al., 2012

Série temporelle de la réfractivité
Du 02/03/2010 à 0000 UTC au 05/04/2010 à 2355 UTC



Validation de la mesure de réfractivité par un radar en bande C équipée d'un émetteur à magnétron
Boudjabi 2011

(a) C-Band phase difference time series (5min; 8000m)



Lien entre phénomènes météo et réfractivité
Besson et al., 2012



été

Après-midi

Quels liens entre la mesure radar et la turbulence ?

Etude Besson et al. 2012 a établi (en utilisant Taylor et les données des stations in-situ) que la variabilité de la réfractivité est plus forte l'été et l'après-midi.

Quels liens entre la mesure radar et la turbulence ?

Etude Besson et al. 2012 a établi (en utilisant Taylor et les données des stations in-situ) que la variabilité de la réfractivité est plus forte l'été et l'après-midi.

- Observe-t-on la même variabilité avec les radars ?
- Réalité physique de la variabilité observée ?
- À quelle échelle peut-on / doit-on travailler ?

Quels liens entre la mesure radar et la turbulence ?

Etude Besson et al. 2012 a établi (en utilisant Taylor et les données des stations in-situ) que la variabilité de la réfractivité est plus forte l'été et l'après-midi.

- Observe-t-on la même variabilité avec les radars ?
- Réalité physique de la variabilité observée ?
- À quelle échelle peut-on / doit-on travailler ?

Limite instrumentale : résolution spatio-temporelle des radars



Quels liens entre la mesure radar et la turbulence ?

Etude Besson et al. 2012 a établi (en utilisant Taylor et les données des stations in-situ) que la variabilité de la réfractivité est plus forte l'été et l'après-midi.

- Observe-t-on la même variabilité avec les radars ?
- Réalité physique de la variabilité observée ?
- À quelle échelle peut-on / doit-on travailler ?

Limite instrumentale : résolution spatio-temporelle des radars

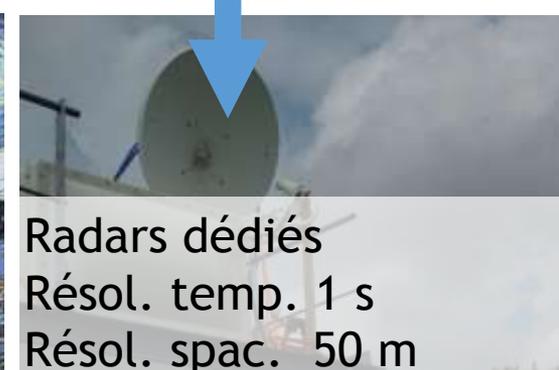


Quels liens entre la mesure radar et la turbulence ?

Etude Besson et al. 2012 a établi (en utilisant Taylor et les données des stations in-situ) que la variabilité de la réfractivité est plus forte l'été et l'après-midi.

- Observe-t-on la même variabilité avec les radars ?
- Réalité physique de la variabilité observée ?
- À quelle échelle peut-on / doit-on travailler ?

Limite instrumentale : résolution spatio-temporelle des radars

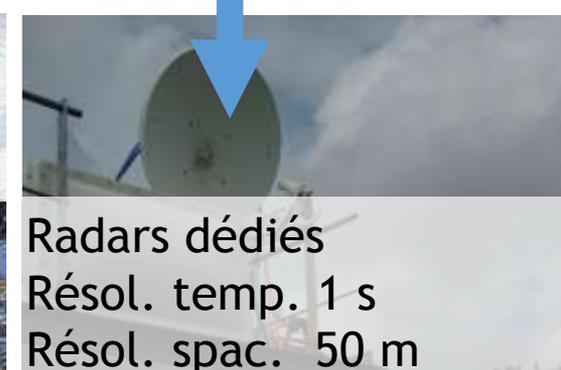


Quels liens entre la mesure radar et la turbulence ?

Etude Besson et al. 2012 a établi (en utilisant Taylor et les données des stations in-situ) que la variabilité de la réfractivité est plus forte l'été et l'après-midi.

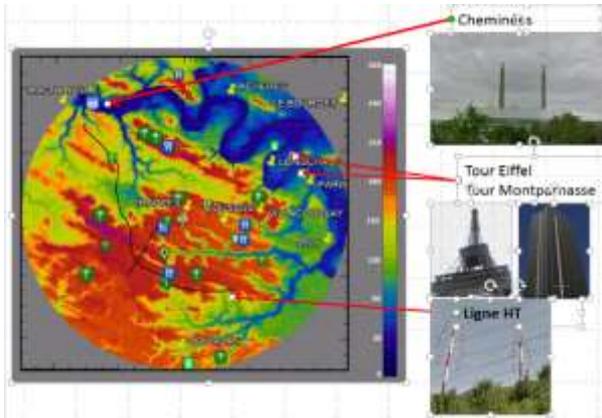
- Observe-t-on la même variabilité avec les radars ?
- Réalité physique de la variabilité observée ?
- À quelle échelle peut-on / doit-on travailler ?

Limite instrumentale : résolution spatio-temporelle des radars



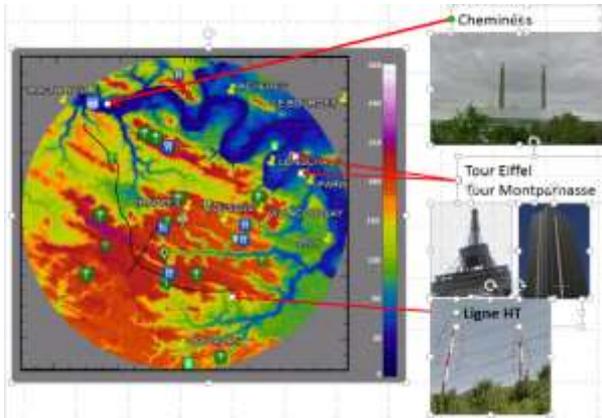
Utilisation des radars du réseau opérationnel

Choix des cibles

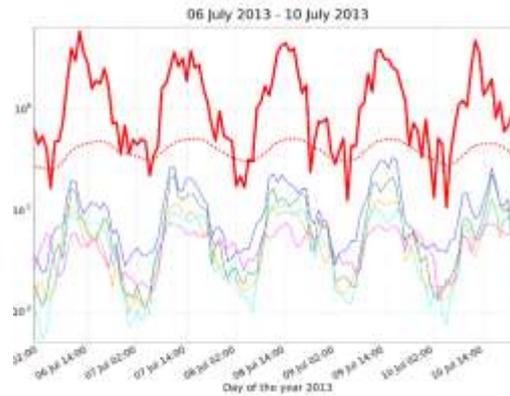


Utilisation des radars du réseau opérationnel

Choix des cibles



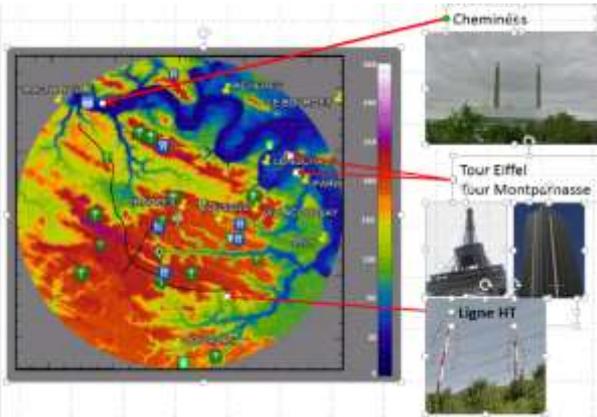
Comparaison radar/in-situ



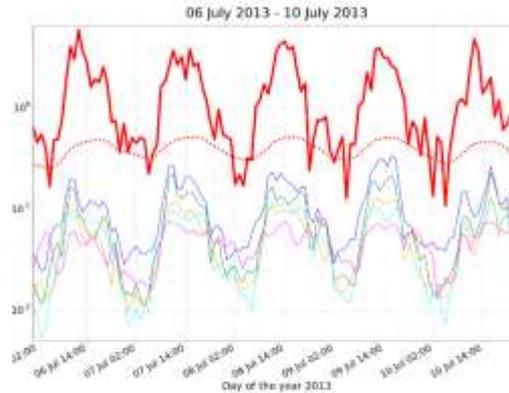
Lien entre les
variabilités radar
et in-situ

Utilisation des radars du réseau opérationnel

Choix des cibles

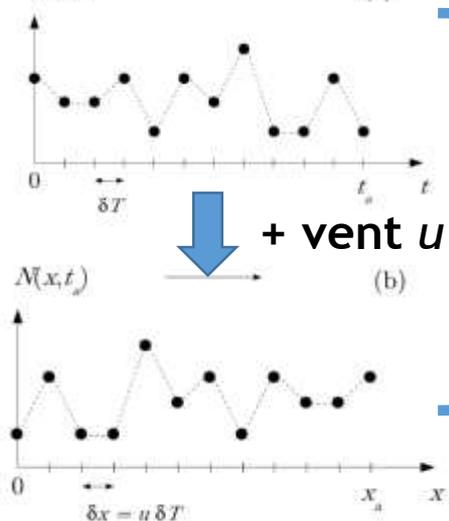


Comparaison radar/in-situ

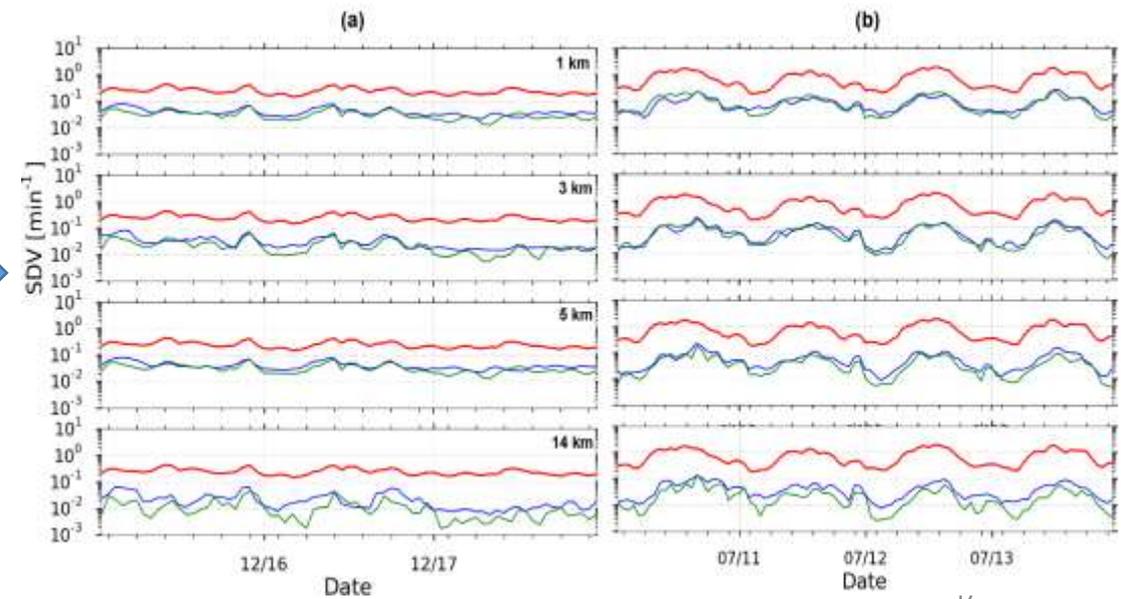


Lien entre les variabilités radar et in-situ

Hypothèse de Taylor

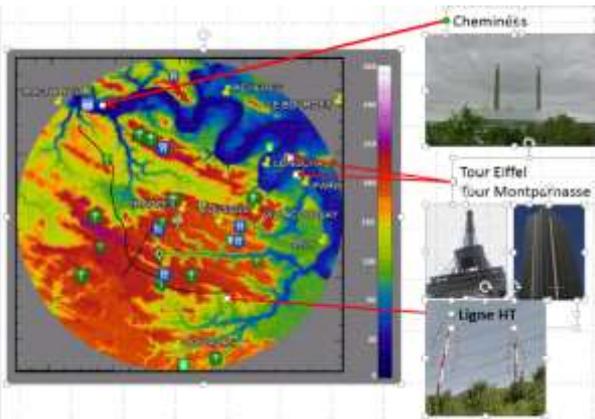


$N_m(x_a, t_a)$
x fois

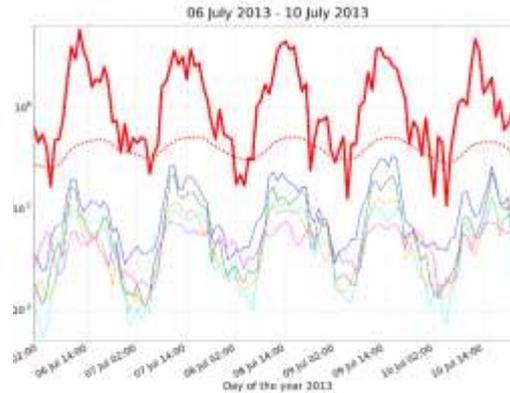


Utilisation des radars du réseau opérationnel

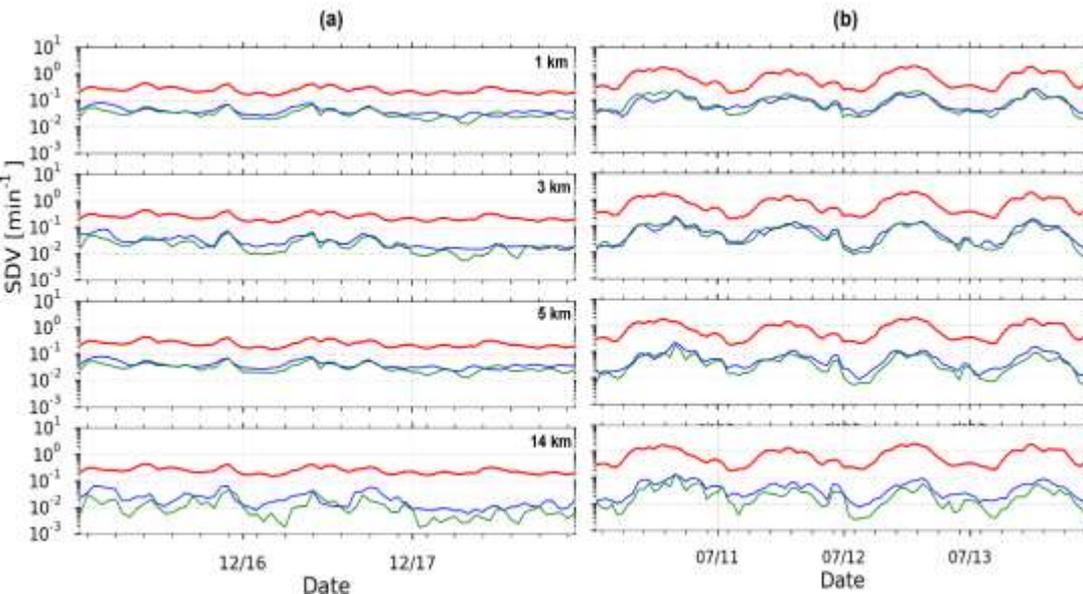
Choix des cibles



Comparaison radar/in-situ



Lien entre les variabilités radar et in-situ



Dépendance en distance expliquée par le modèle de turbulence figée basé sur l'hypothèse de Taylor

Résultats avec le réseau opérationnel

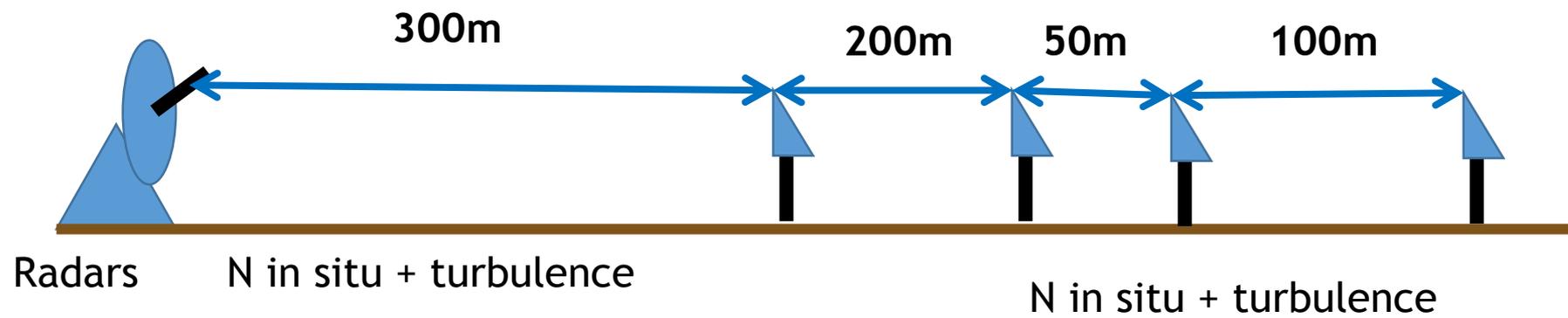
- Forte dépendance saisonnière et diurne des variabilités radar et in-situ
- Bonnes corrélations temporelles entre les variabilités l'été
- Niveau de bruit l'hiver -> même niveau que le signal
- Dépendance en distance marquée
- Bien expliquée par l'utilisation de l'hypothèse de la turbulence figée advectée par le vent moyen, de jour en été.

Relation statistique entre les
variabilités de la réfractivité

Premiers tests à l'échelle hectométrique

- Avec un dispositif dédié :
 - Cohérence entre la réfractivité local et radar ?
 - Passage de phénomènes particuliers visible avec les radars ?
 - Impact du sous échantillonnage sur la mesure ?

TeMeRAiRE : Test de la Mesure de Réfractivité Atmosphérique par Radar à l'Echelle hectométrique



Flux 1 et 2 :

- Mesures à 50 Hz du vent et de la température
- Mesures à 20 Hz de l'humidité

Vue du toit du SIRTA-4 20 Juin 2014



Vue depuis le toit du SIRTA-4 27 Juillet 2014

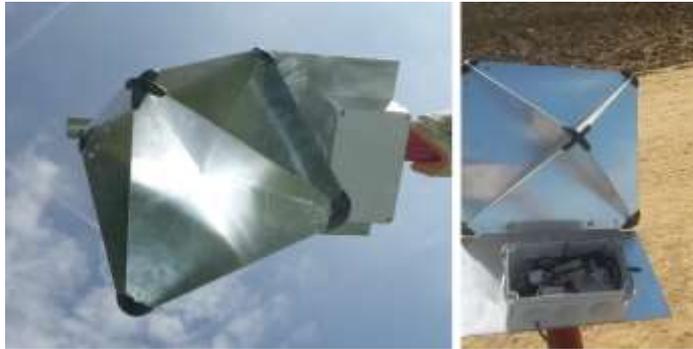


Ouverture à
-3dB :
CURIE 1,8°
BASTA 0,4°

1^{ère} exigence : des cibles immobiles !

- Radar BASTA : longueur d'onde de 3mm = mouvement < 1.5mm

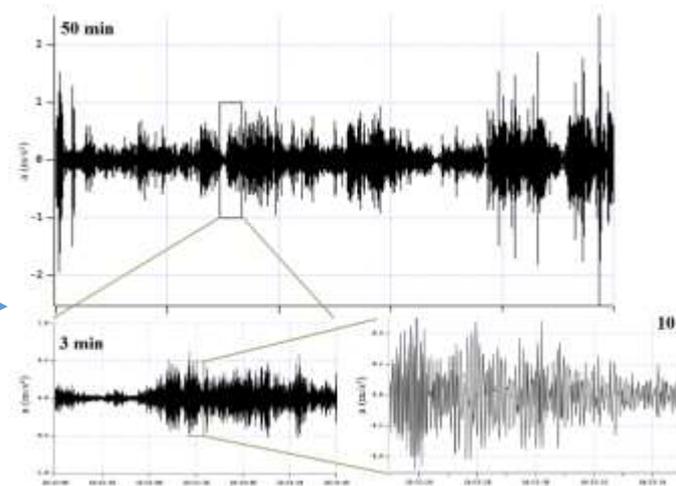
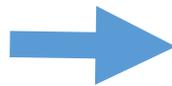
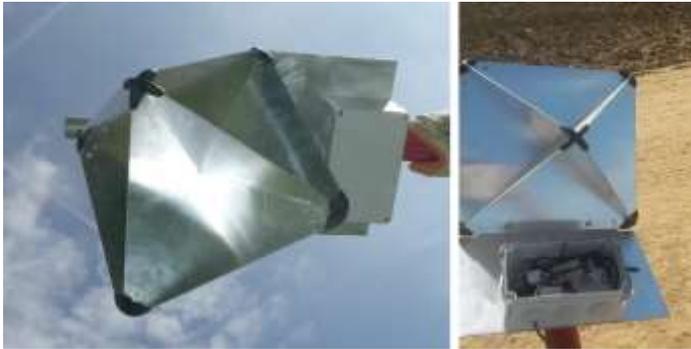
Accéléromètres
acquisition 100 Hz



1^{ère} exigence : des cibles immobiles !

- Radar BASTA : longueur d'onde de 3mm = mouvement < 1.5mm

Accéléromètres
acquisition 100 Hz

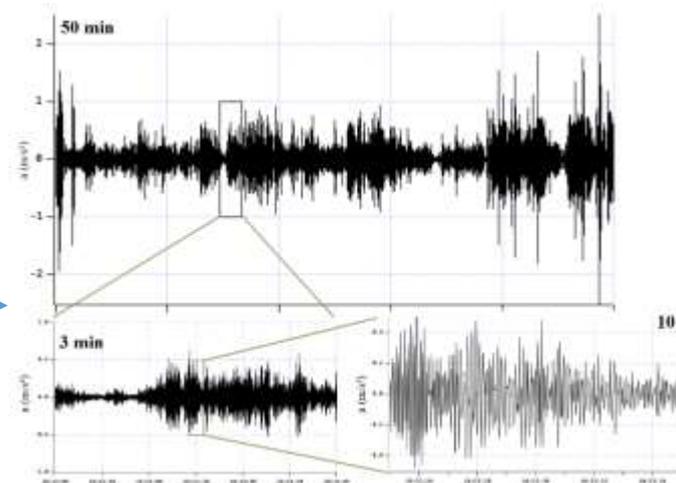
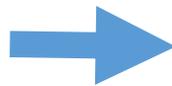
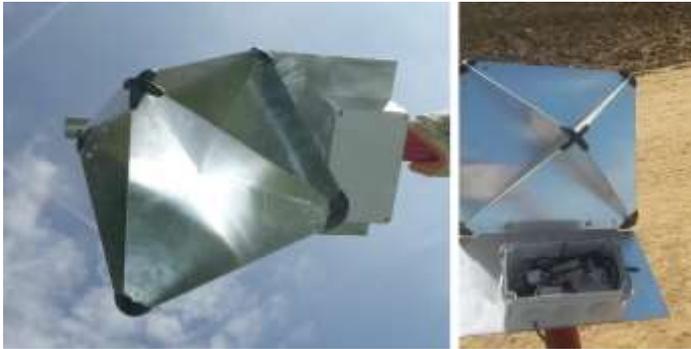


Analyse des
accélérations
en haut des
mâts

1^{ère} exigence : des cibles immobiles !

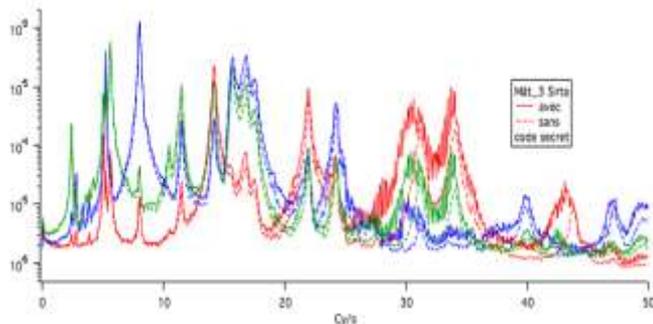
- Radar BASTA : longueur d'onde de 3mm = mouvement < 1.5mm

Accéléromètres
acquisition 100 Hz

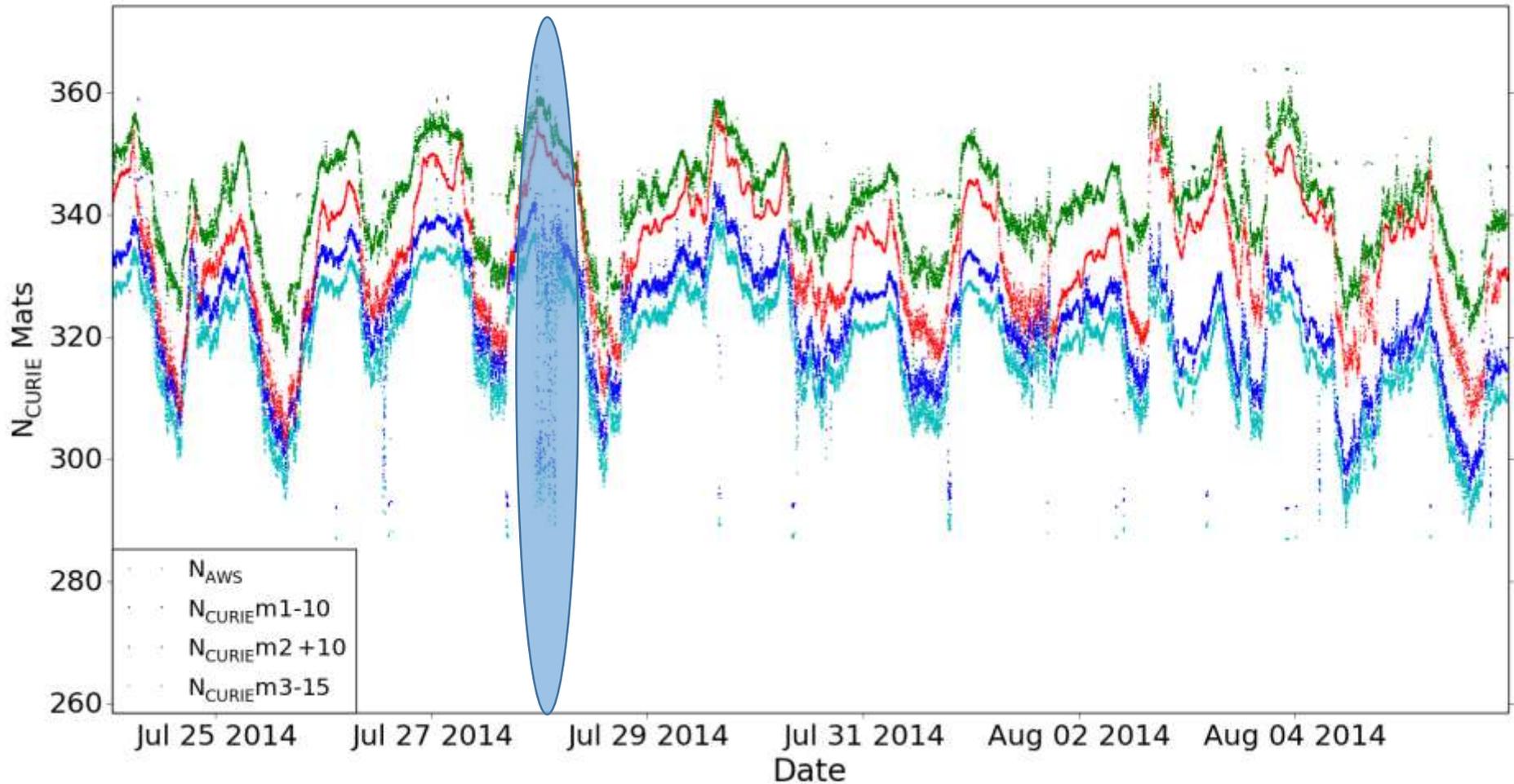


Analyse des
accélérations
en haut des
mâts

Analyse du spectre d'énergie
associé



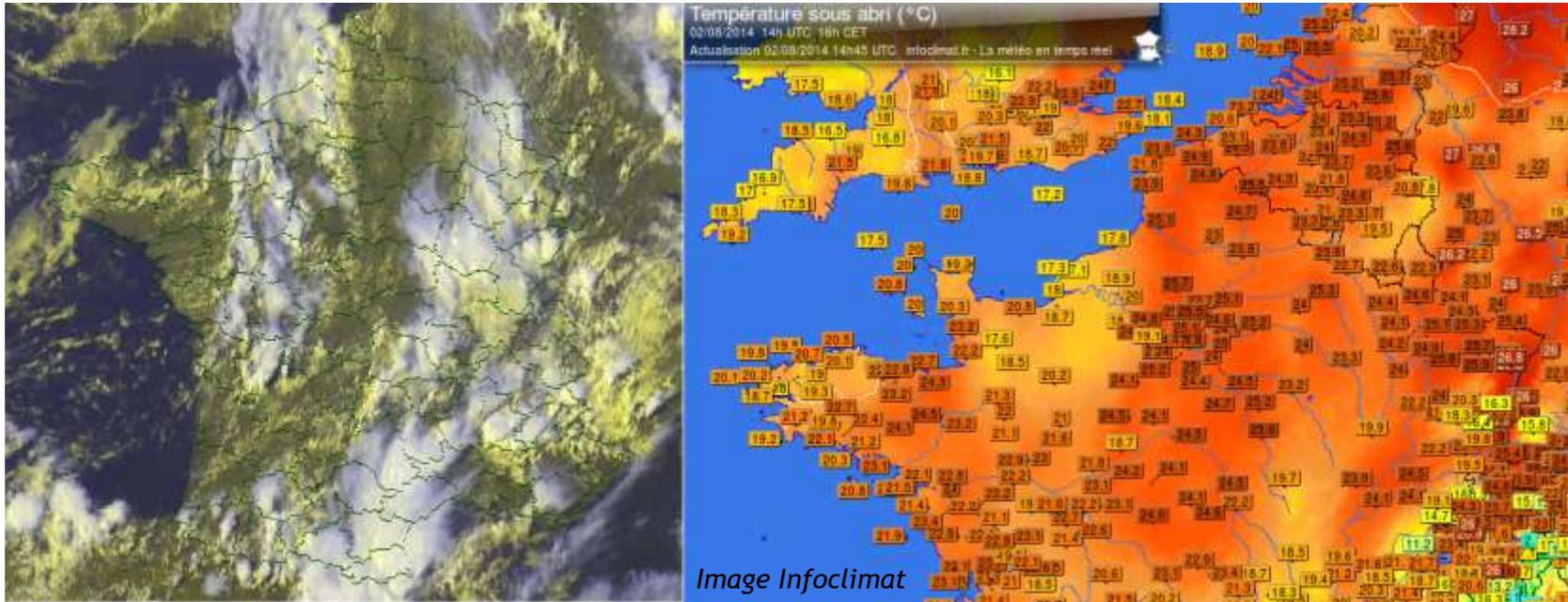
Variations réfractivité CURIE/in-situ 3



Malgré le filtrage, il reste des points aberrants

Cas particulier du 2 août - passage d'un courant de densité

Journée ensoleillée avec développements orageux (15h UTC) en flux de SO



Au niveau du SIRTA :

- Chute de température de 12° en 9min
- Hausse de l'humidité de 42% à 95%
- Hausse de la pression atmosphérique 3.5 hPa
- Quelques précipitations (1.0 mm puis 6mm)



Passage du courant de densité - radar de Trappes

METEO FRANCE REANALYSE J+1 Antiope : lame d'eau sur 1 heure, le 02/08/2014 à 14h00 UTC



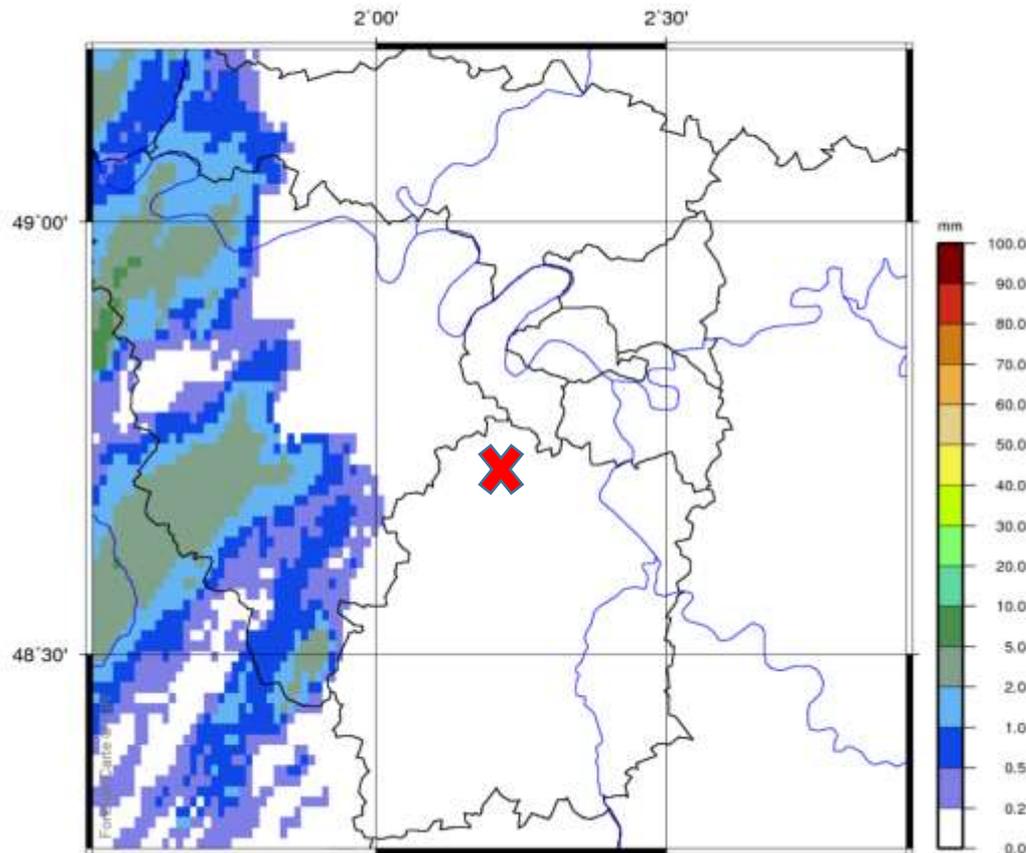
Réanalyse à J+1 de la lame d'eau ANTILOPE mesurée par le radar de Trappes et corrigé avec les pluviomètres de la région.

✘ SIRTÀ

A 14h pas de précipitations

Passage du courant de densité - radar de Trappes

METEO FRANCE REANALYSE J+1 Antilope : lame d'eau sur 1 heure, le 02/08/2014 à 15h00 UTC

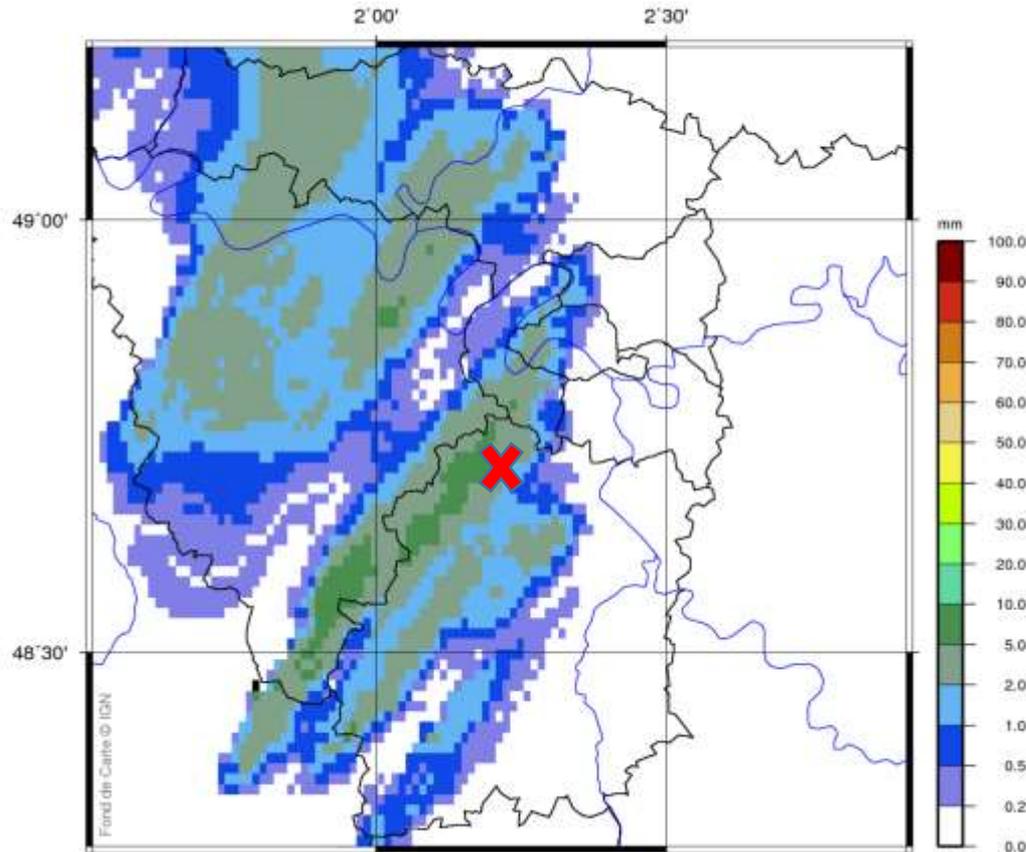


Réanalyse à J+1 de la lame d'eau ANTILOPE mesurée par le radar de Trappes et corrigé avec les pluviomètres de la région.

✗ SIRTA

Passage du courant de densité - radar de Trappes

METEO FRANCE REANALYSE J+1 Antilope : lame d'eau sur 1 heure, le 02/08/2014 à 16h00 UTC

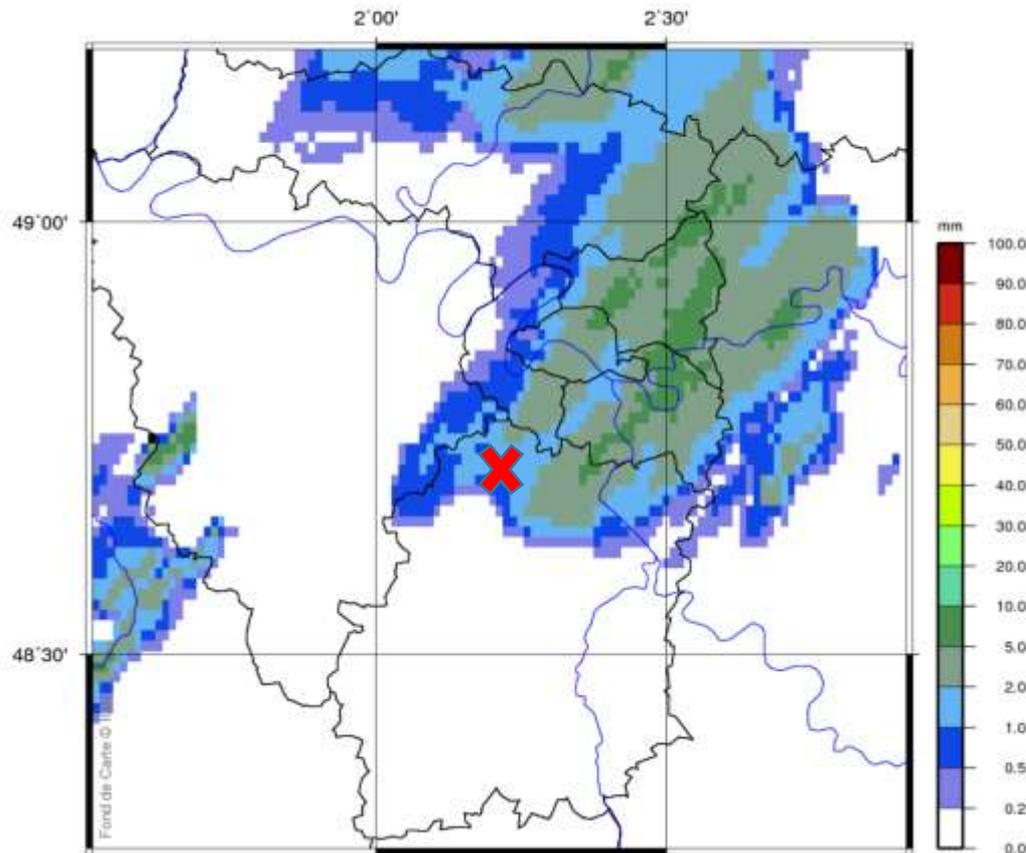


Réanalyse à J+1 de la lame d'eau ANTILOPE mesurée par le radar de Trappes et corrigé avec les pluviomètres de la région.

✗ SIRTÀ

Passage du courant de densité - radar de Trappes

METEO FRANCE REANALYSE J+1 Antilope : lame d'eau sur 1 heure, le 02/08/2014 à 17h00 UTC

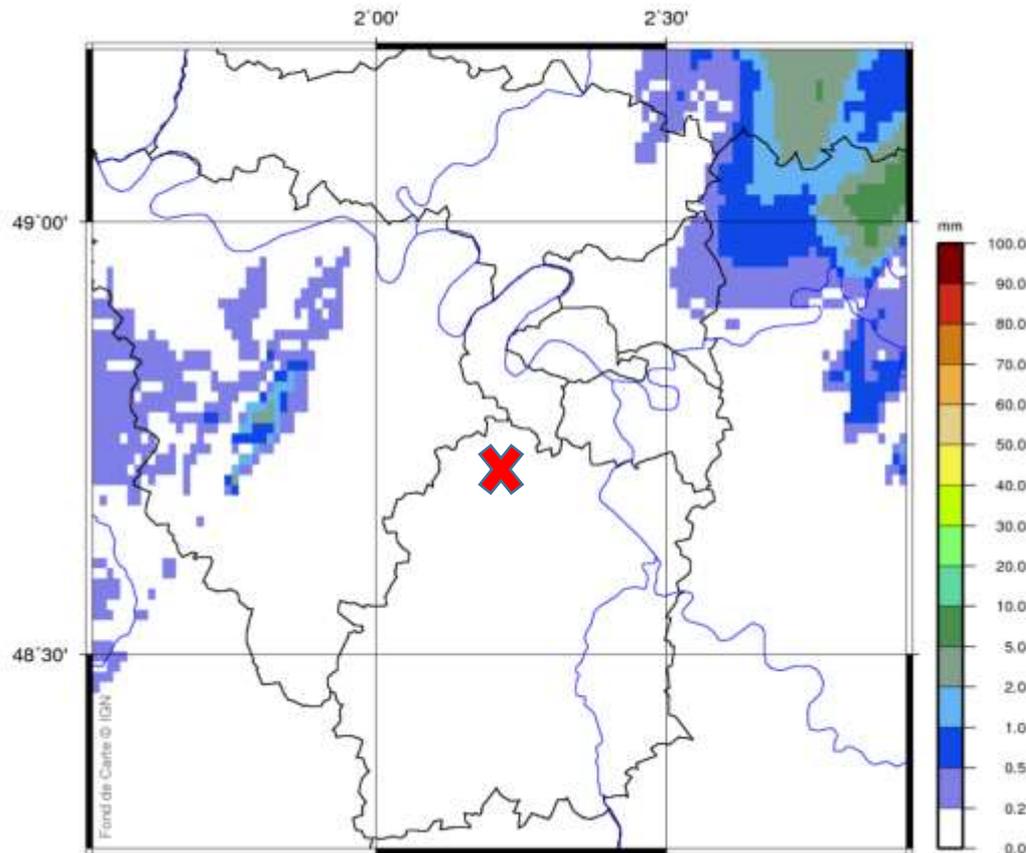


Réanalyse à J+1 de la lame d'eau ANTILOPE mesurée par le radar de Trappes et corrigé avec les pluviomètres de la région.

✗ SIRTÀ

Passage du courant de densité - radar de Trappes

METEO FRANCE REANALYSE J+1 Antiope : lame d'eau sur 1 heure, le 02/08/2014 à 18h00 UTC

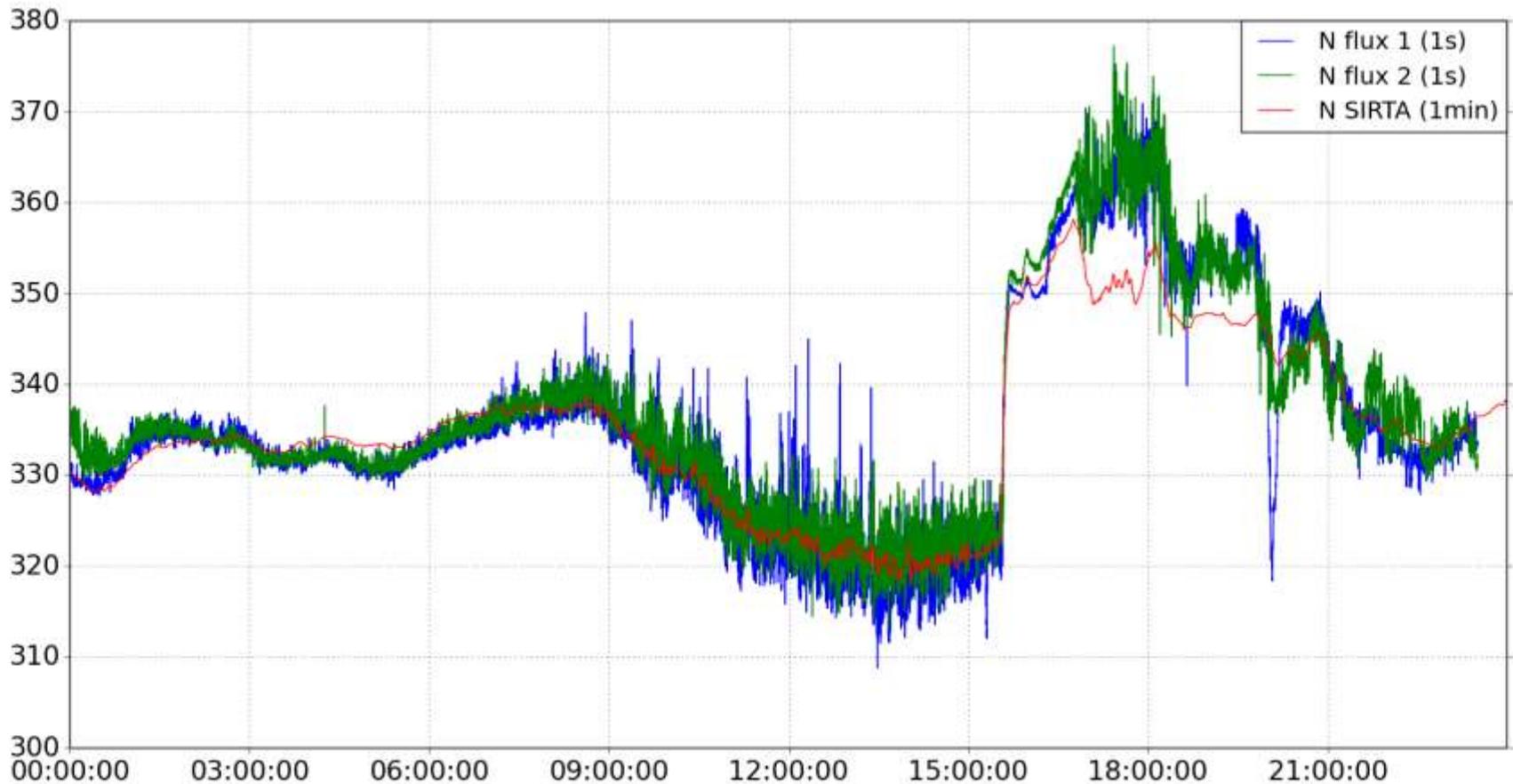


Réanalyse à J+1 de la lame d'eau ANTILOPE mesurée par le radar de Trappes et corrigé avec les pluviomètres de la région.

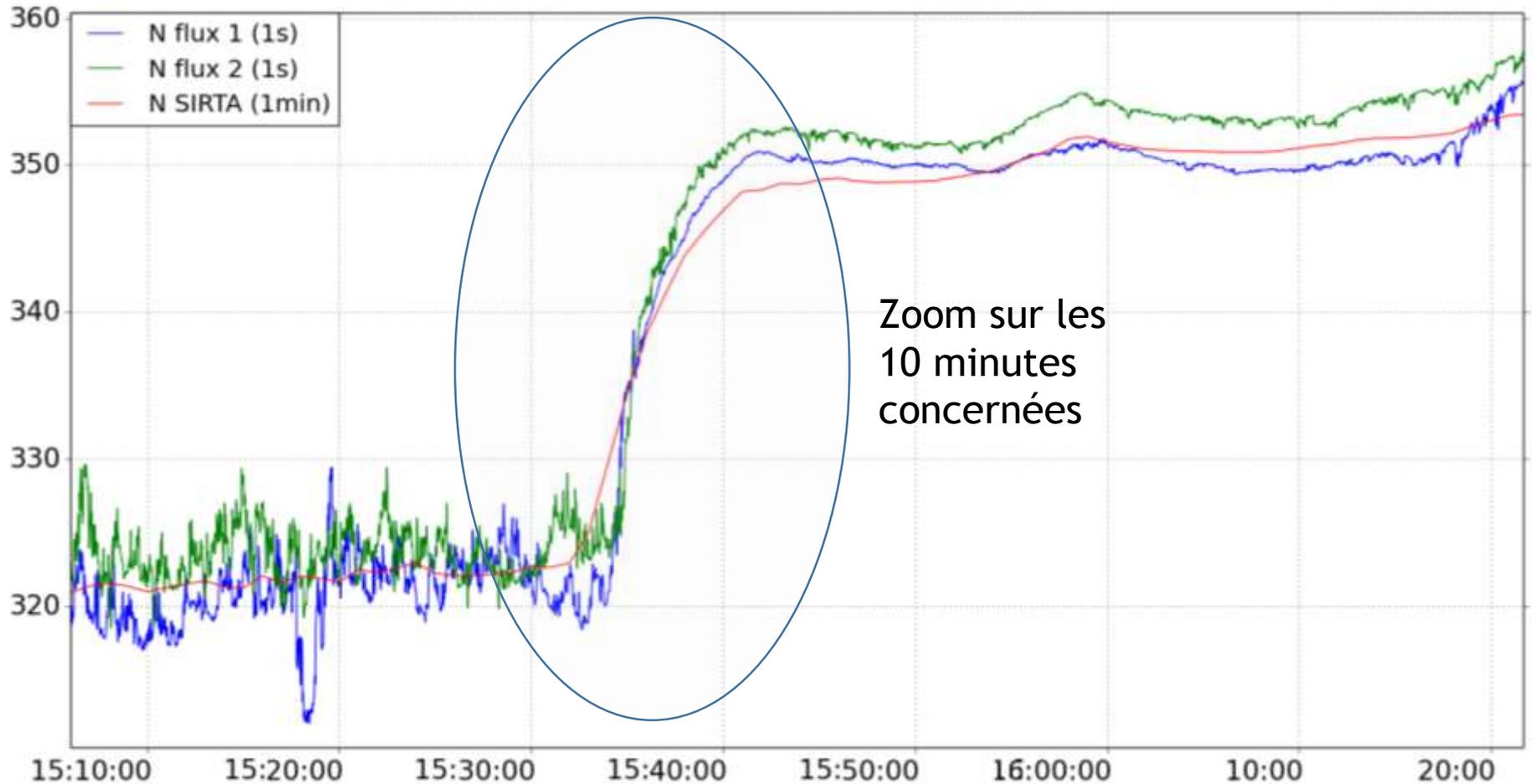
✘ SIRTÀ

Zoom sur le SIRTA : du côté des mesures in situ

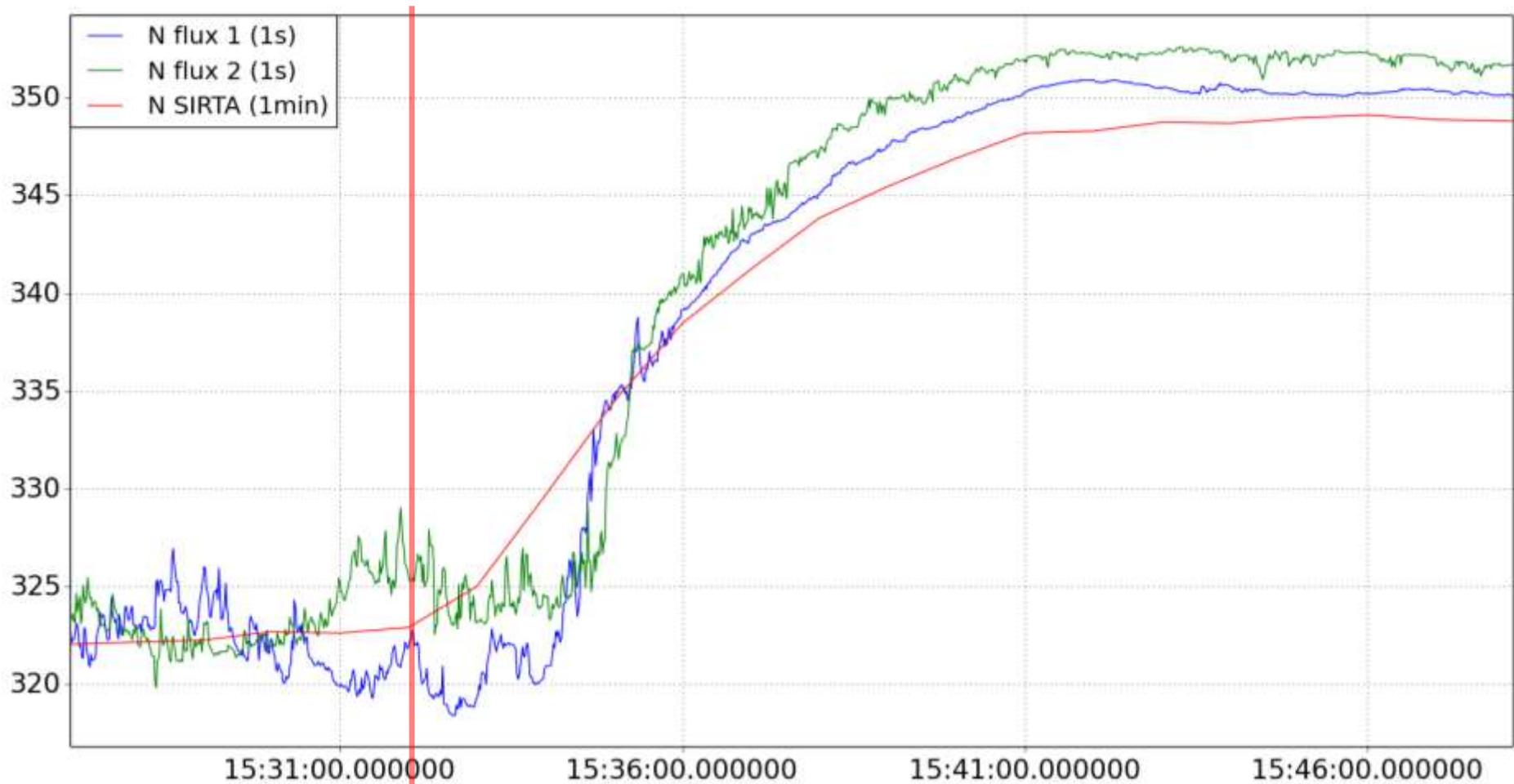
Variations de réfractivité au cours de la journée de 00 UTC à 23 UTC



Zoom sur le SIRTA : du côté des mesures in situ

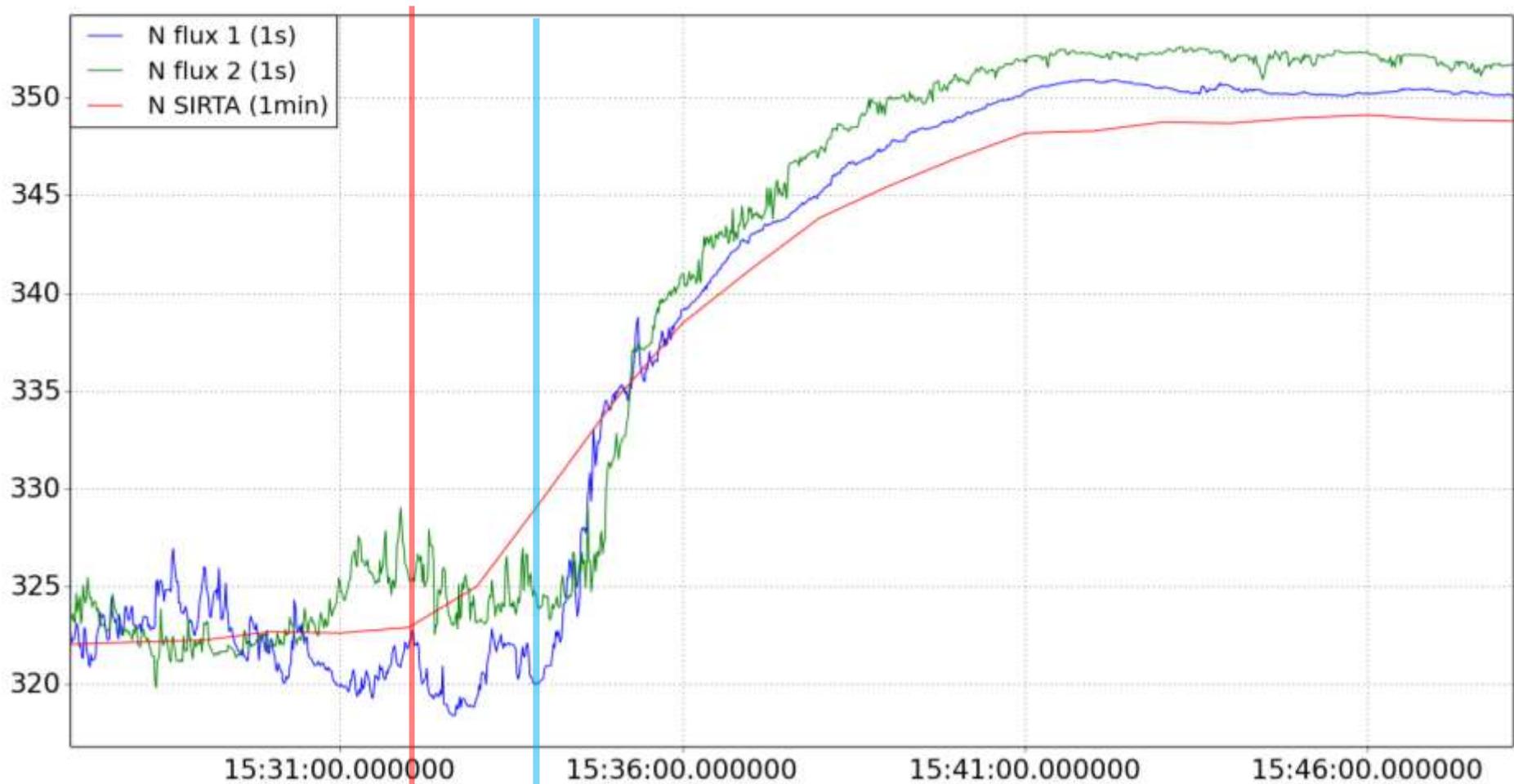


Zoom sur le SIRTA : du côté des mesures in situ



Début du saut in-situ
15:32:31

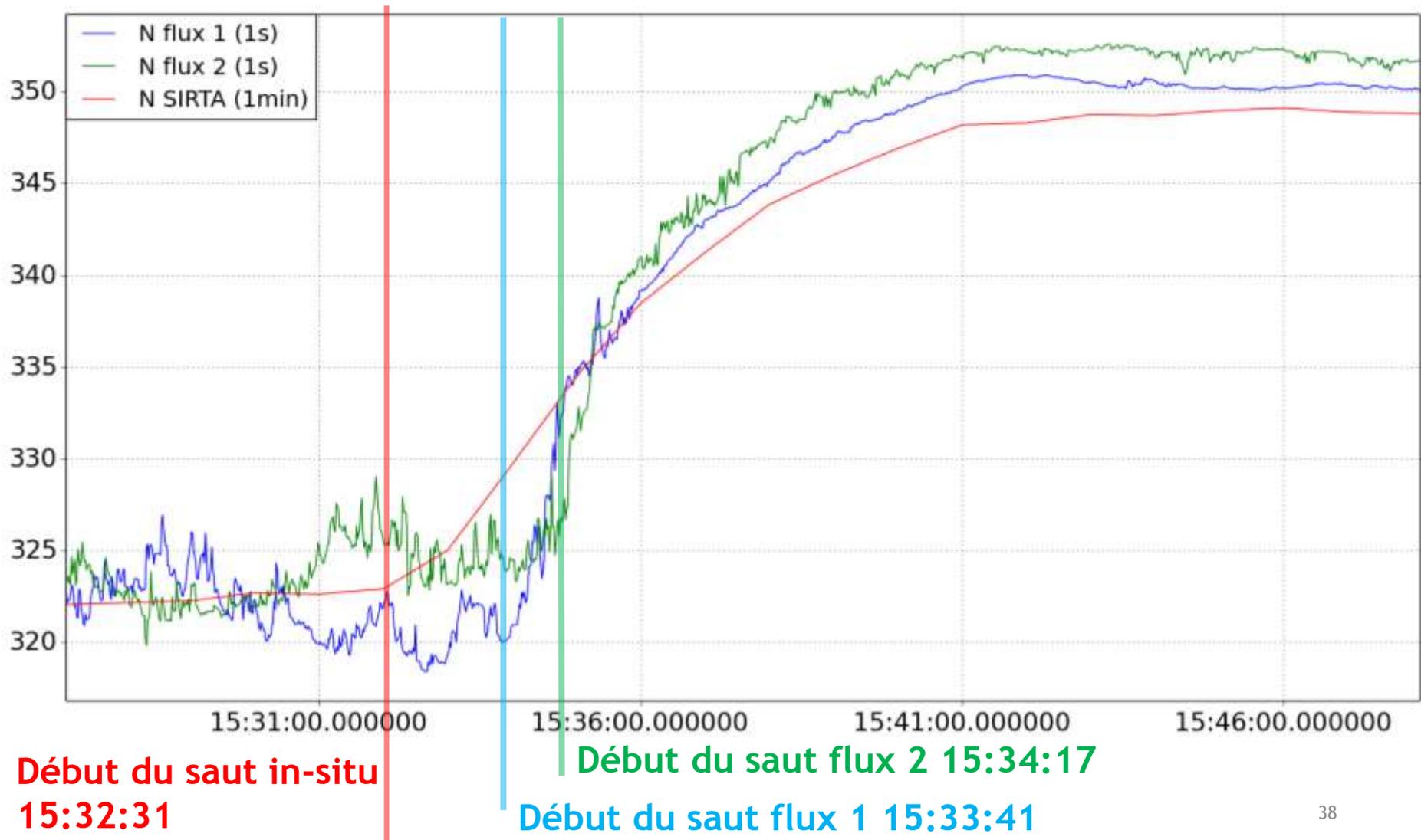
Zoom sur le SIRTA : du côté des mesures in situ



Début du saut in-situ
15:32:31

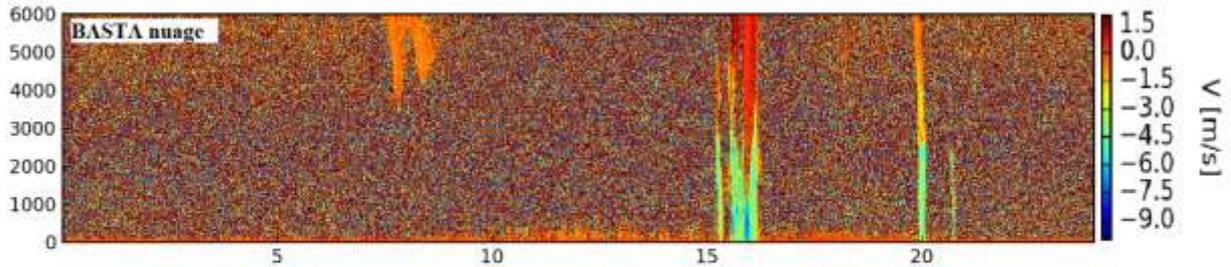
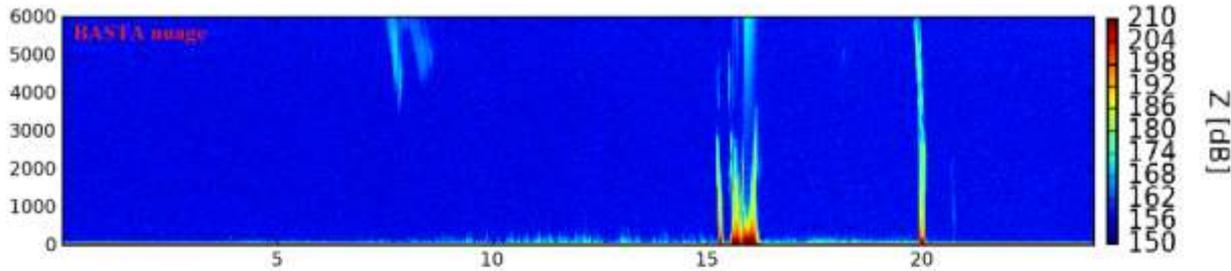
Début du saut flux 1 15:33:41

Zoom sur le SIRTA : du côté des mesures in situ

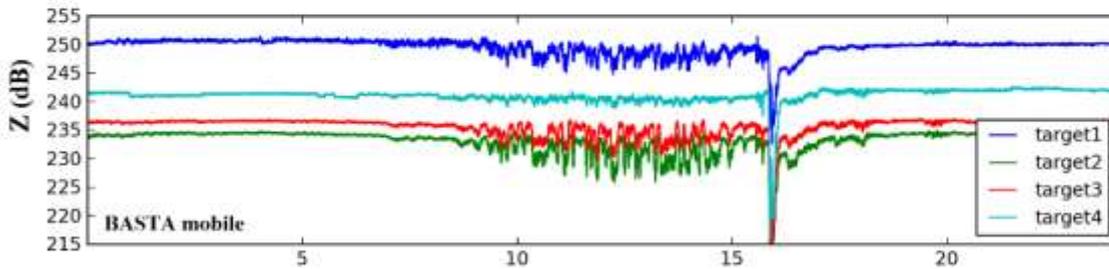


Radars BASTA nuages et BASTA mobile

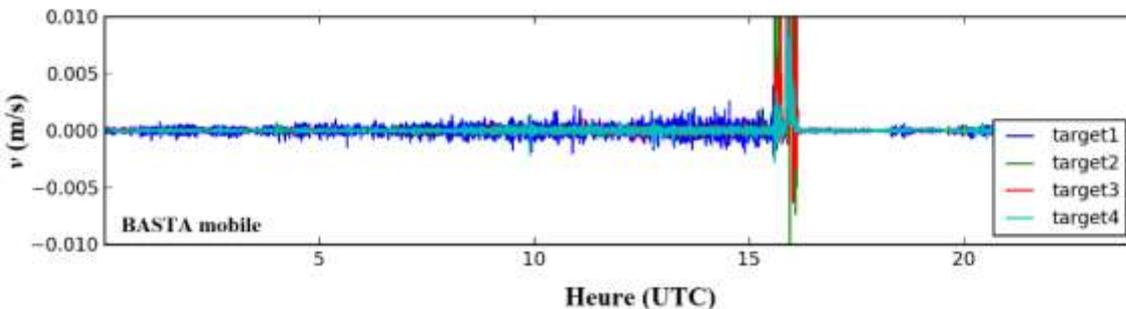
2 Août 2014



Le radar nuage nous montre un passage rapide des nuages et de quelques précipitations



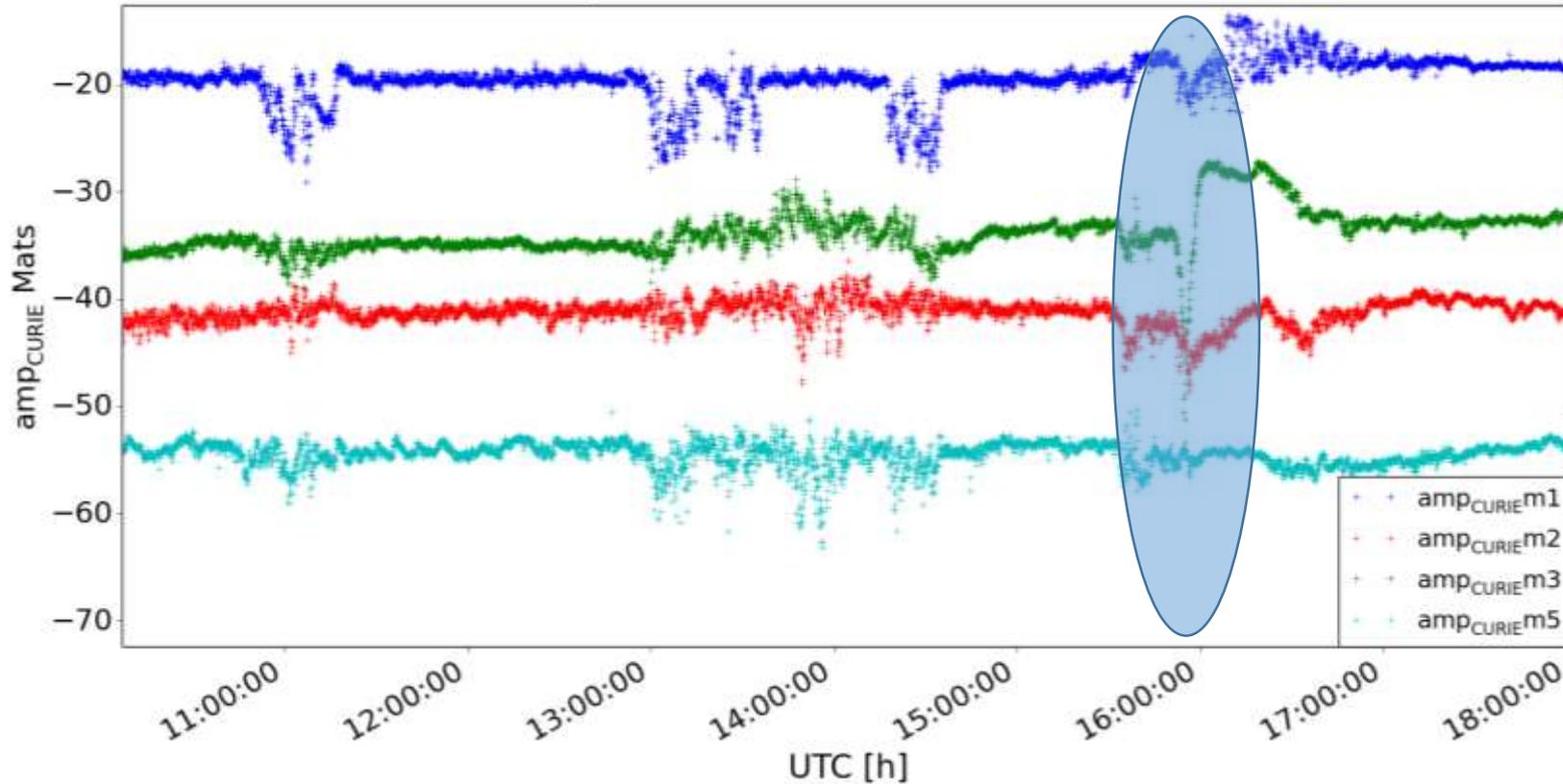
Attenuation de la réflectivité des cibles par les précipitations



Fortes perturbations pour les mesures de vitesses doppler au niveau des mâts

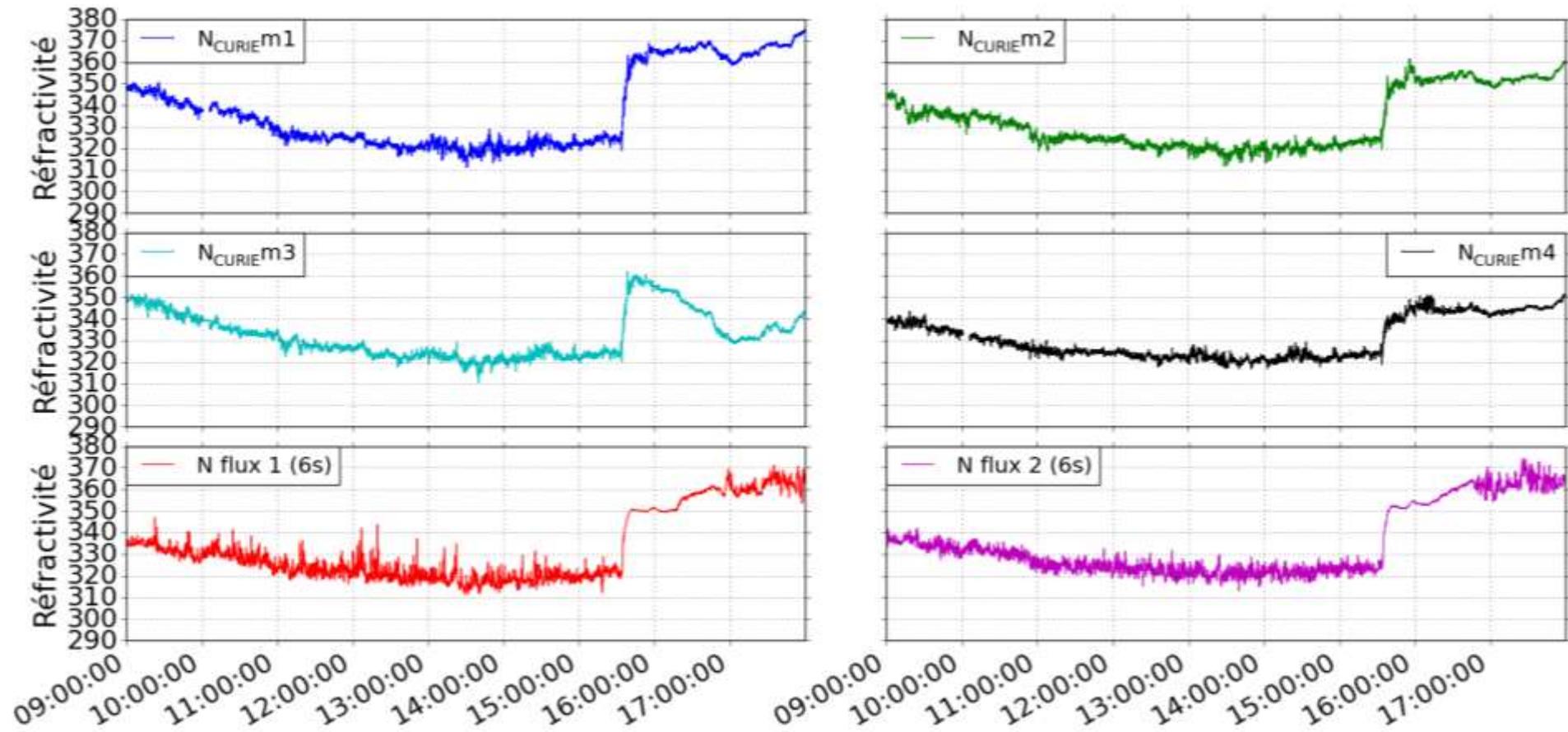
Du côté de CURIE : impact des précipitations sur l'amplitude ?

Variation de l'amplitude en db au niveau des mats le 02/08



Mât n° 3 : baisse d'amplitude marquée peu avant 16h

CURIE : comparaisons entre les mâts et les mesures de flux



Influence de l'intégration spatiale :

Mât 1 = 300 m / mât 2 = 500m / mât 3 = 550 m et mât 4 = 650m

Conclusions et perspectives

- 80 jours de données avec un dispositif dédié
- Bande X : suivi de la réfractivité et différenciation spatiale entre les mâts possible - mesure de la variabilité
- Bande W : suivi de la variabilité de la réfractivité - bonnes perspectives pour le suivi point à point avec un accès au spectre Doppler
- Etude d'autres processus en cours
- Analyse plus fine de l'après-midi du 2 : calculs des flux sur les 3 points (SIRTA - flux 1 - flux 2)
- Analyse de la différenciation spatiale mâts 4 - 3 au niveau du tas de terre
- Potentiel de description à l'échelle hectométrique de la réfractivité et de ses variations
- Deuxième campagne en milieu urbain pourrait être envisagée

Merci de votre attention

Des questions?



Bibliographie

Besson L, Boudjabi C, Caumont O, and Parent du Châtelet J, (2012): *Links between weather phenomena and characteristics of refractivity measured by precipitation radar. Bound.-Layer Meteor*

Besson L, Parent du Châtelet J, (2013): *Solutions for Improving the Radar Refractivity Measurement by Taking Operational Constraints into Account J. Atmos. Oceanic Technol.*

Bodine, D., P. L. Heinselman, B. L. Cheong, R. D. Palmer, and D. Michaud, (2010): *A case study on the impact of moisture variability on convection initiation using radar refractivity retrievals. J. Appl. Meteor. Climatol.*

Boudjabi C, Parent du Châtelet J, (2009) *Evaluation of phase ambiguity problem due to sampling time when measuring refractivity with precipitation radar. In: 34th International conference on radar meteorology, Williamsburg, VA, USA. American Meteorological Society*

Caumont, O., A.Foray, L. Besson, and J. Parent du Châtelet,(2013): *Comparisons between observed and simulated weather radar refractivity change. Bound.-Layer Meteor.*

Fabry F, Frush C, Zawadzki I, Kilambi A, (1997): *On the extraction of near-surface index of refraction using radar phase measurements from ground targets. J Atmos Ocean Technol*

Fabry F, (2004): *Meteorological value of ground target measurements by radar. J Atmos Ocean Technol*

Nicol J, Illingworth A, Darlington T, and Kitchen M, (2013): *Improving errors in refractivity retrievals due to transmitter frequency drifts and target position uncertainty.*

Parent du Châtelet J, Boudjabi C, Besson L, and Caumont O, (2012): *Errors caused by long-term drifts of magnetron frequencies for refractivity measurement with a radar: Theoretical formulation and initial validation. J. Atmos. Oceanic Technol.*