

L'estimation des flux turbulents par des mesures d'anémomètres soniques mise en oeuvre dans des conditions extrêmes

W. Maurel¹, G. Canut¹, B. Piguet¹, C. Genthon², E. Bazile¹, F. Couvreur¹, O. Traulle¹

¹CNRM/GAME, Météo-France UMR 3589 CNRS, Toulouse, France

²LGGE, UMR 5183 CNRS, Grenoble, France

Le contexte : Le projet GABLS4

Le projet GABLS4 a comme objectif principal d'analyser en détail, dans un cadre contraint, le comportement des paramétrisations physiques de couche limite utilisées dans les modèles de prévision numérique du temps (PNT) et de climat en condition très stable. Cet exercice va comprendre 3 intercomparaisons : une pour les schémas de neige en mode forcé, une sur les paramétrisations atmosphériques en mode uni-colonne couplé avec la surface mais aussi en mode forcé, et enfin pour les LES avec une température de surface prescrite.

Les résultats des participants seront analysés, comparés aux observations et aux résultats des LES par le CNRM et le LGGE.

Au vu des conditions extrêmes rencontrées en Antarctique, de nombreuses questions se sont posées pour le traitement et la validation des observations in-situ. Plus d'informations sur GABLS4 sur le site internet: <http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/meshtml/GABLS4/GABLS4.html>

En collaboration avec le LGGE, les équipes TRAMM et 4M du CNRM/GAME ont fournis un jeu de données des paramètres moyens et turbulents afin d'assurer la comparaison entre modèles et observations pour les journées du 11 et 12 décembre 2009.

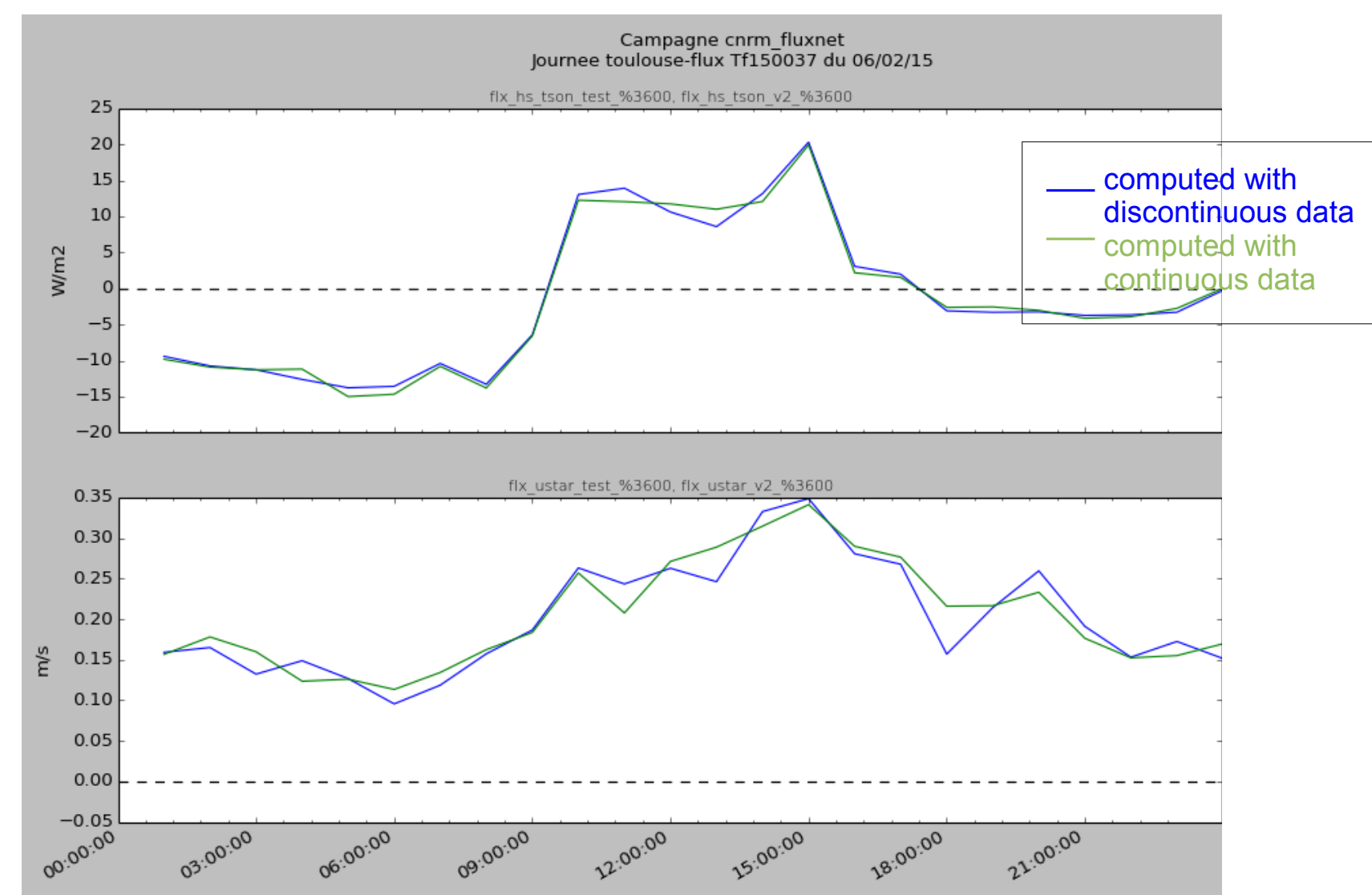


↑(gauche) Vue de la tour de 45m installée à Dôme C. (Droite) Vue de deux anémomètres soniques.

Les résultats :

La validation de la méthode

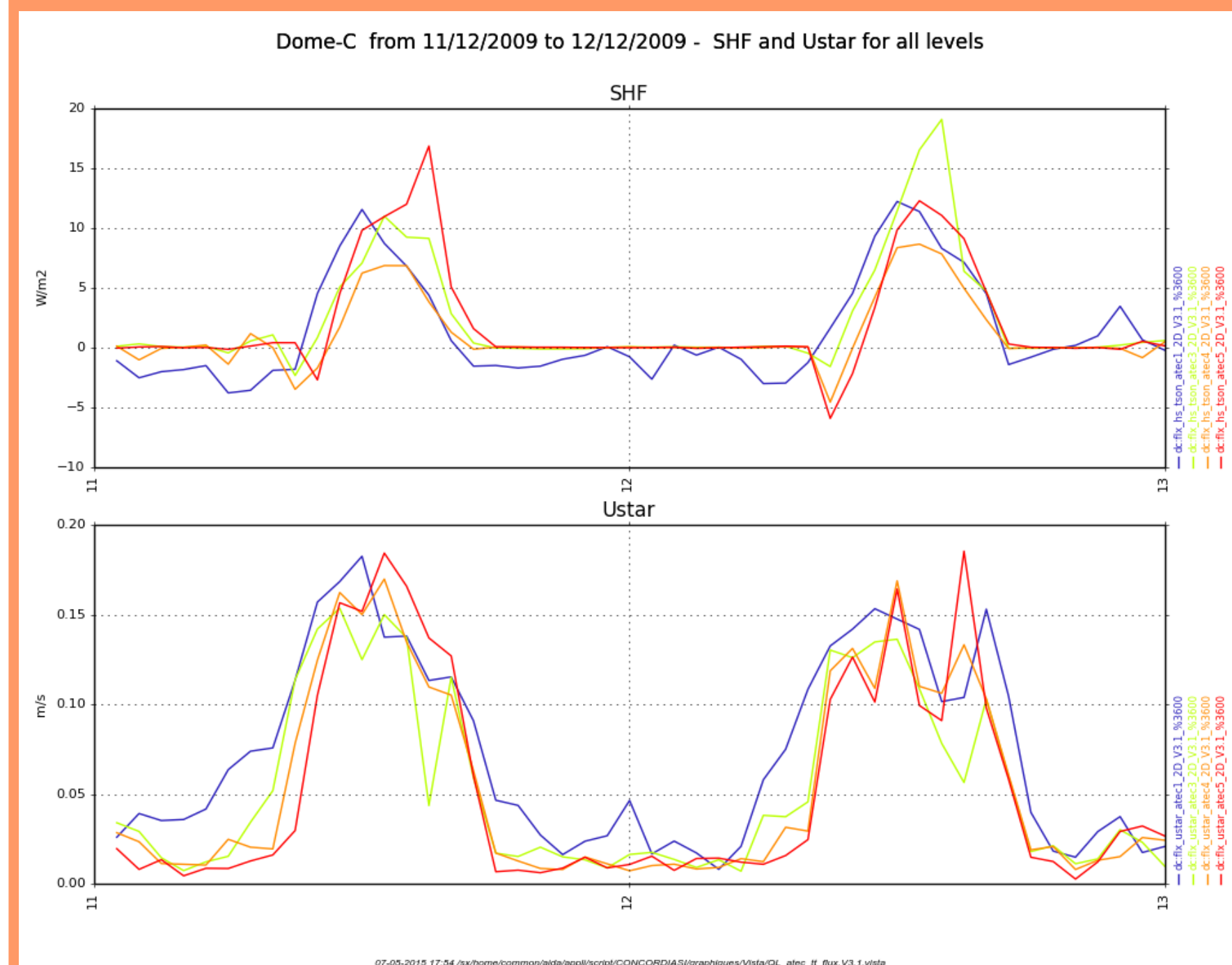
Afin de valider notre méthode d'estimation des flux sur des signaux présentant de nombreuses données manquantes nous l'avons testée sur des données connues. Nous avons donc créé une série temporelle des données d'un anémomètre sonique présentant des caractéristiques similaires à celles de Dome C à partir des données collectées quotidiennement à Toulouse. La figure ci dessous montre une très bonne approximation des flux de surface (chaleur et quantité de mouvement) pour les mesures ne comportant que 8 minutes de données toutes les 20 minutes.



↑ Comparaison de l'évolution temporelle des flux de chaleur sensible (haut) et quantité de mouvement (bas) pour une journée sur la station de Toulouse entre la méthode de calcul habituelle et la méthode développée pour l'estimation des flux à Dôme C.

Les flux turbulents à Dôme C

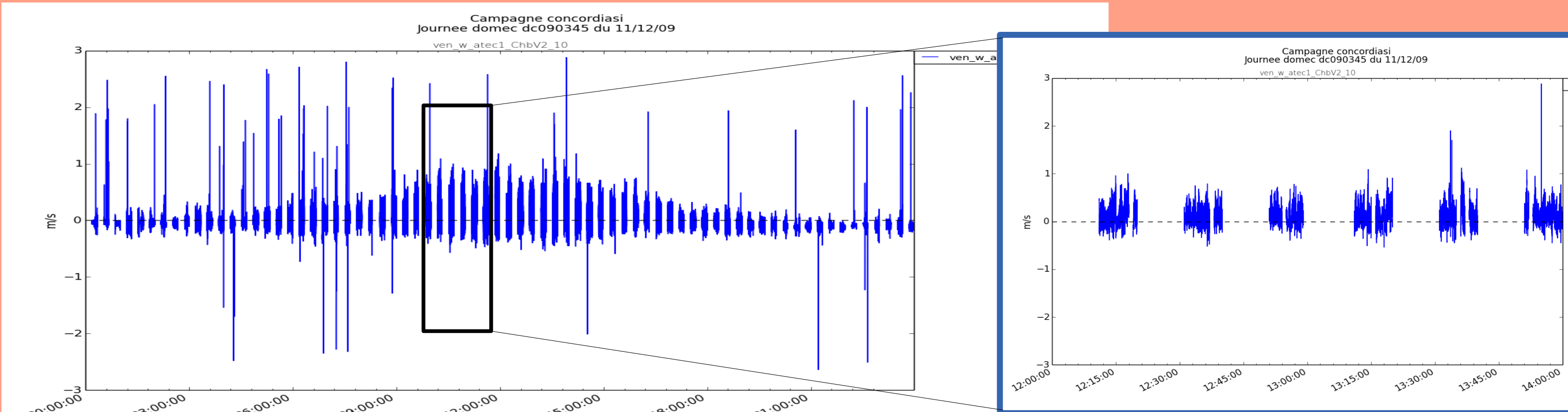
La méthode décrite dans ce poster a été appliquée sur les données de Dôme C. L'ordre de grandeur des estimations des flux semble en adéquation avec la région d'étude. On retrouve, l'été austral, un cycle diurne des basses couches de l'atmosphère. Il semblerait que les données aux premiers niveaux soit sensiblement plus fort ce qui est correct avec la dynamique de la couche limite atmosphérique.



↑ Evolution temporelle des flux de chaleur sensible (haut) et quantité de mouvement (bas) pour les 2 journées GABLS4 pour 4 niveaux de la tour

Les données:

↓ Evolution temporelle de la composante verticale du vent mesurée par l'anémomètre sonique pour une journée (données brutes)



Caractéristiques des données brutes des anémomètres soniques :

- Seulement 8 minutes de mesures toutes les 20 minutes
- De nombreux pics

- 5 anémomètres soniques chauffés (Applied Technologies Inc. Sat 3Sx)
- 5 niveaux différents
- GABLS4 : période du 11/12/2009 au 12/12/2009

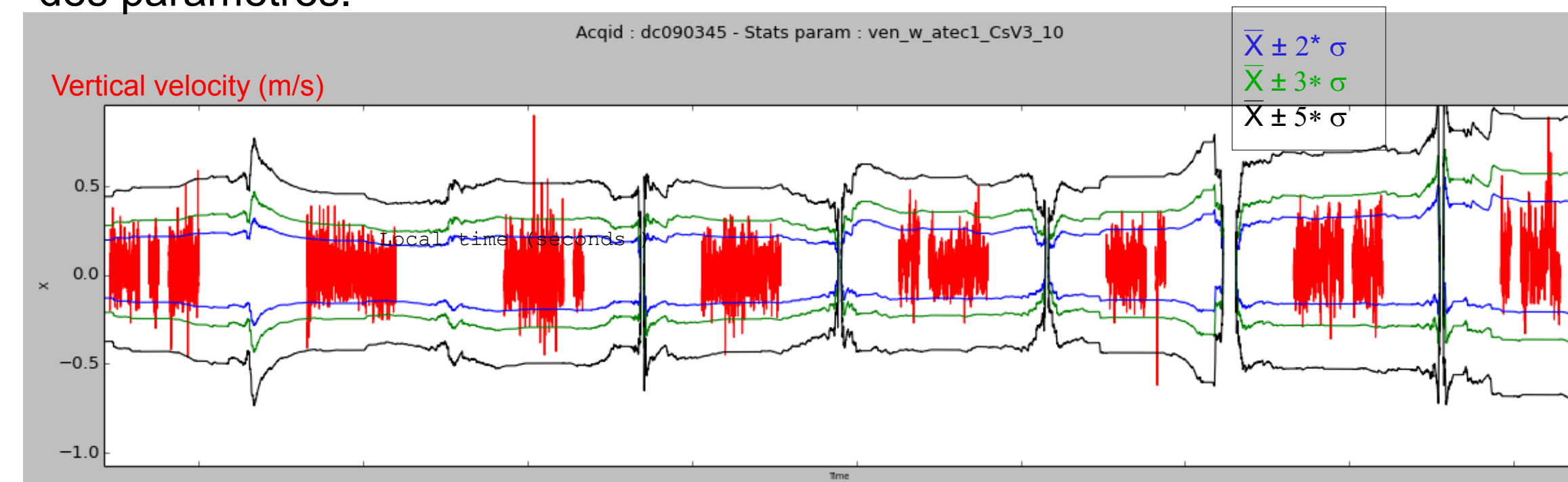
Ces anémomètres, utilisés classiquement pour l'étude de la couche de surface et la mesure des flux de chaleur et de quantité de mouvement, ont un fonctionnement particulier afin d'éviter le givre qui se forme dans les conditions extrêmes rencontrées à Dôme C. Ils proposent donc un système de mesures alternatives entre période de chauffage et période de mesure à 10 Hz.

Ce fonctionnement alternant période de données et périodes sans données a nécessité une adaptation de la filière habituellement utilisée au CNRM/GAME pour la mise en œuvre de la **méthode d'estimation par eddy-covariance**.

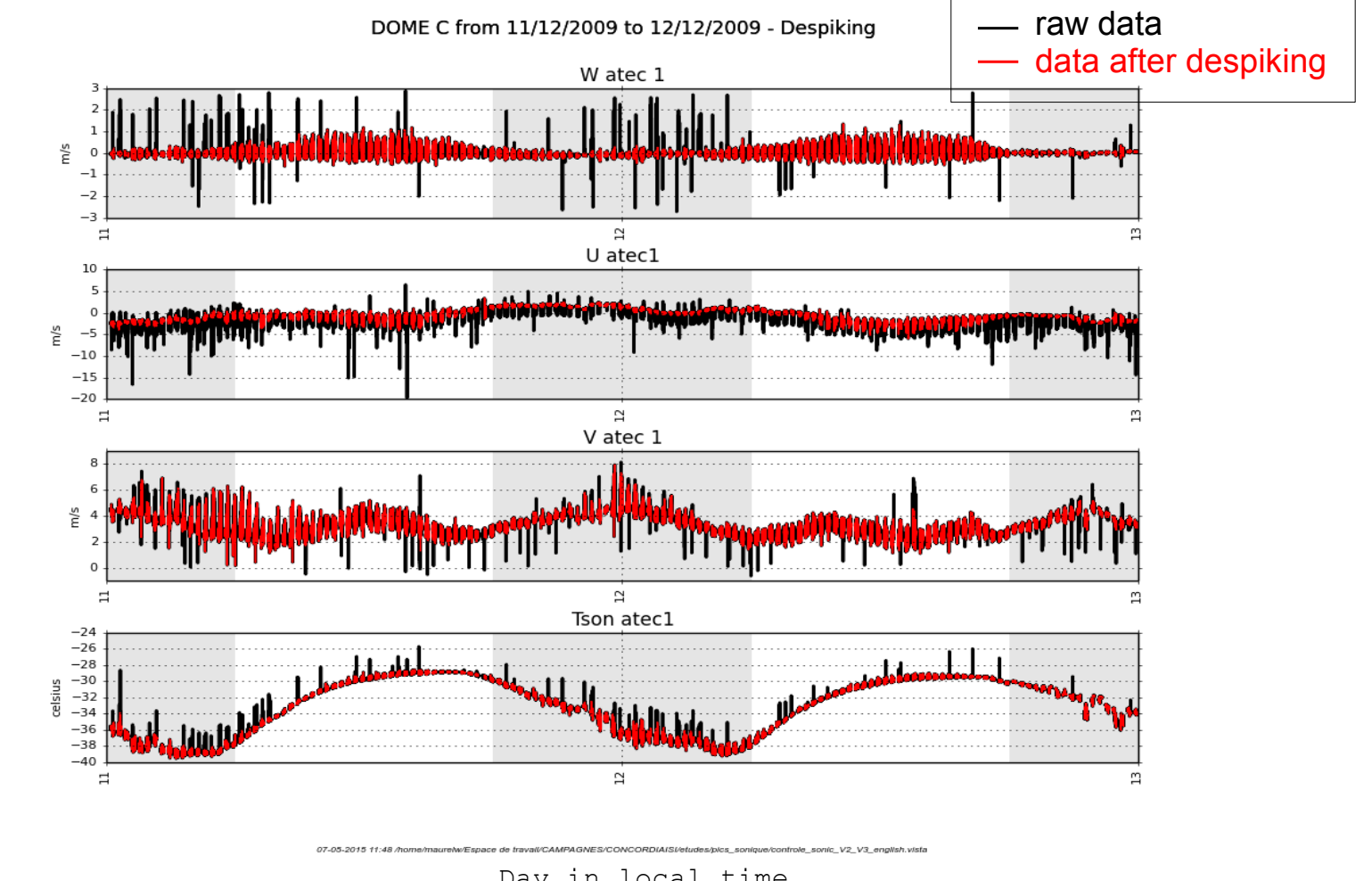
La méthodologie:

1 - Elimination des pics

Pour invalider les données un seuil fonction de la valeur moyenne + ou - N x l'écart-type est appliqué sur une fenêtre glissante de 500 secondes. Le N varie en fonction des paramètres.



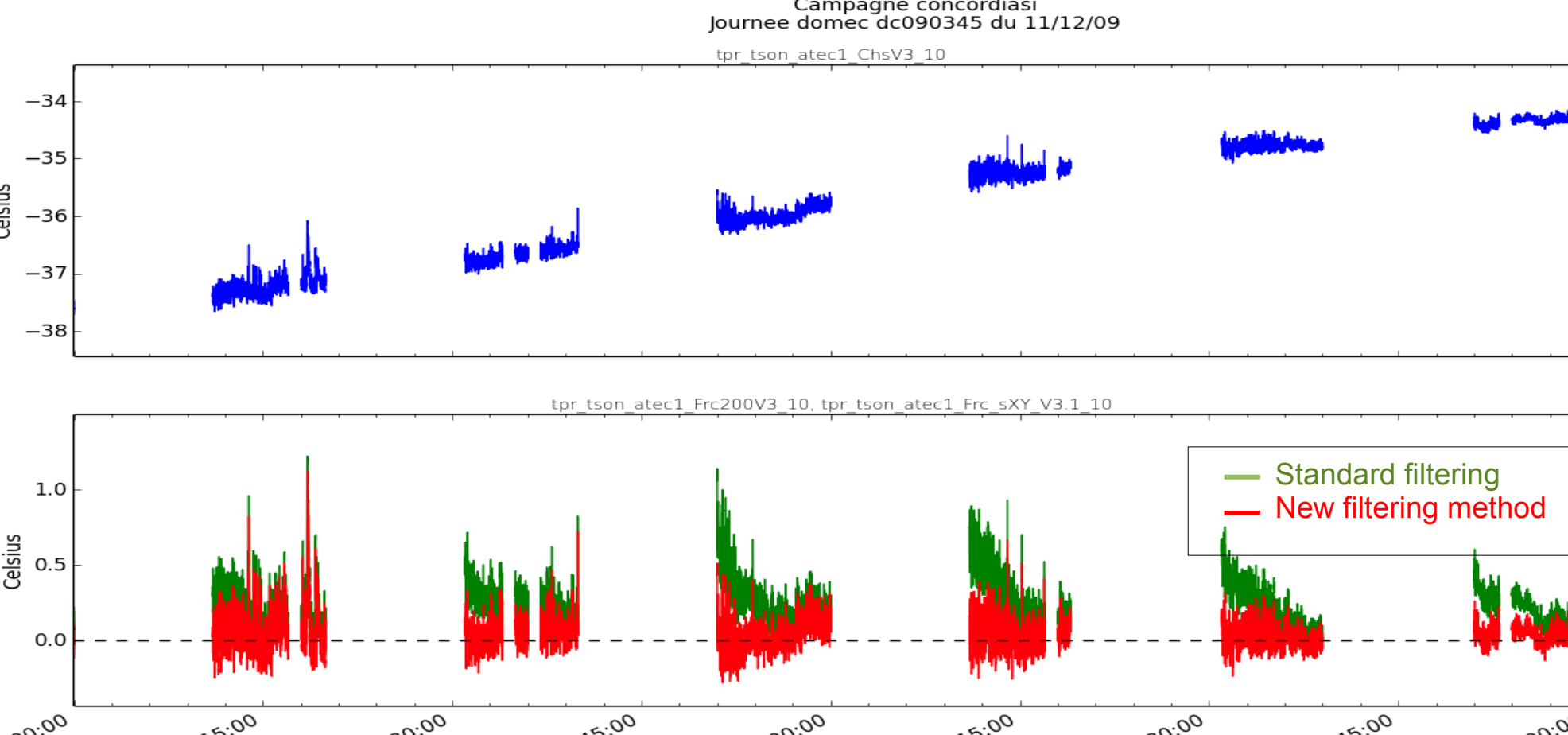
↑ Extrait d'une série temporelle de la vitesse verticale (rouge) et seuils de détection des pics



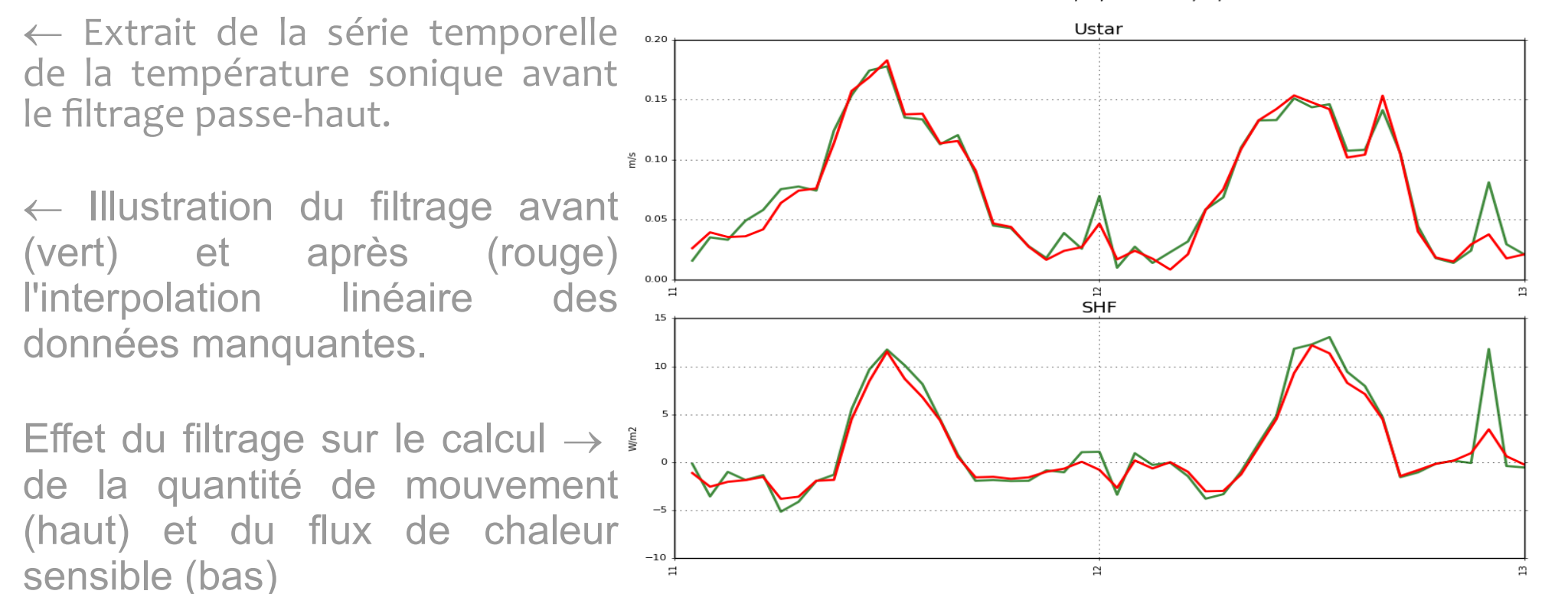
↑ Série temporelle après le traitement statistique des pics pour les 3 composantes du vent et la température sonique.

2 - Invalidation manuelle pour élimination des pics restants et des périodes de disfonctionnement de l'instrument

3 - Application d'un filtre passe-haut RC



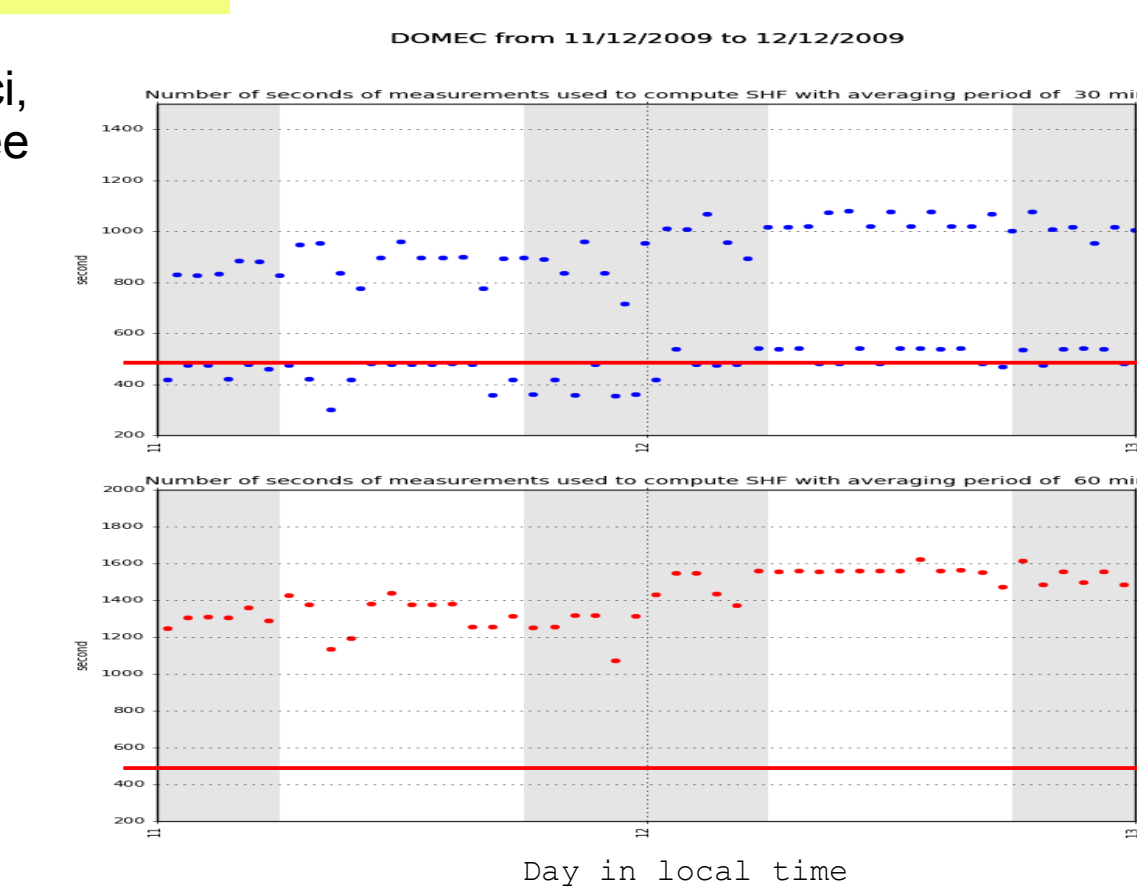
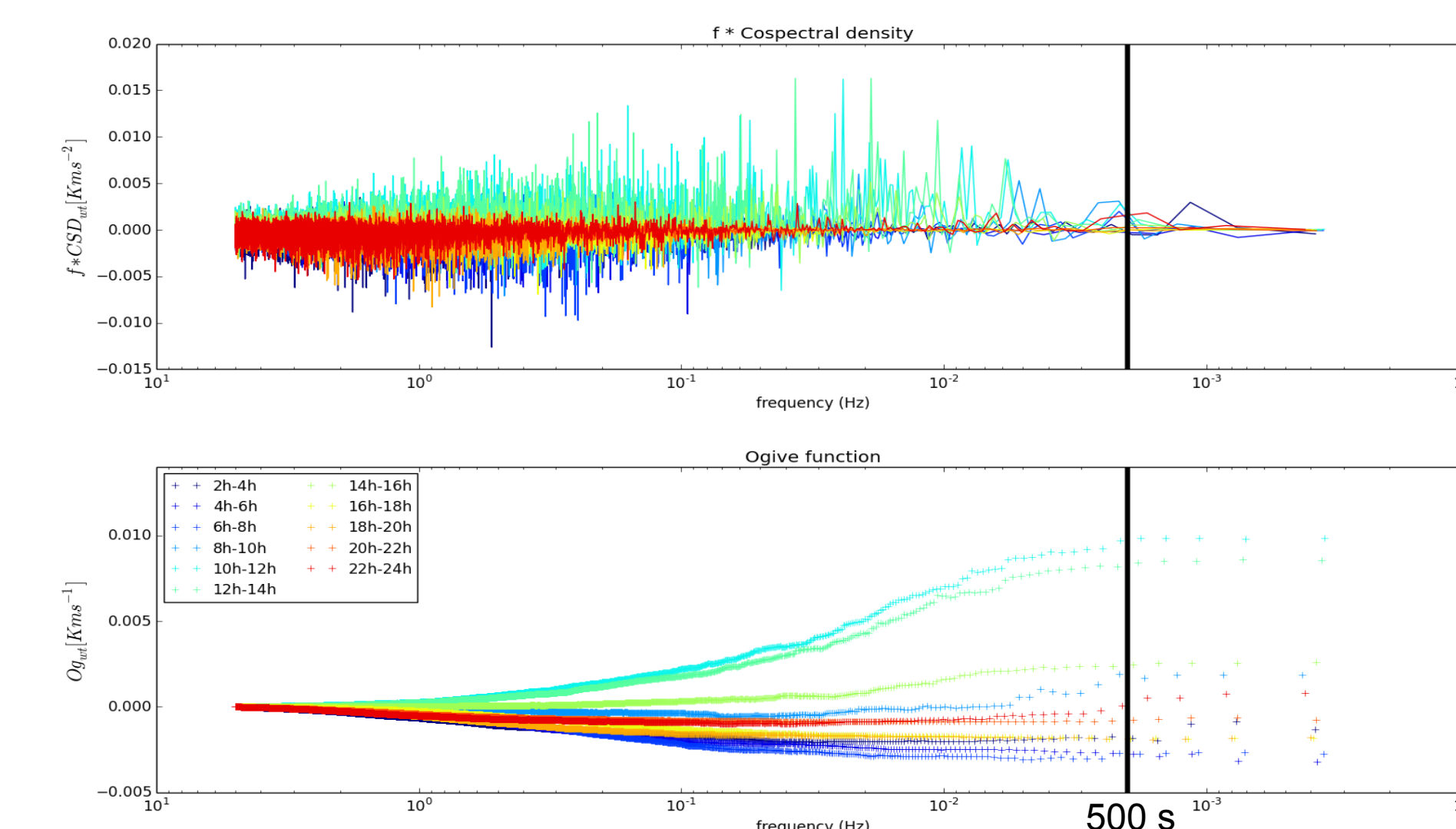
Dans le traitement des données turbulentes on utilise classiquement un filtre passe-haut afin de séparer les mouvements qui se rapportent à la turbulence des mouvements atmosphériques de plus grandes échelles. Avec des séries temporelles comportant de nombreuses données manquantes, si on utilise un filtre standard nous introduisons une tendance linéaire. Une interpolation linéaire afin de remplacer les données manquantes permet de supprimer la tendance linéaire créée par le filtre.



Effet du filtrage sur le calcul de la quantité de mouvement (haut) et du flux de chaleur sensible (bas)

4 – Choix de la durée d'intégration pour le calcul des flux

Afin de tenir compte de toutes les échelles qui contribuent au flux dans le calcul de celui-ci, nous avons tracé les diagrammes en « ogive ». Ce diagramme représente la somme cumulée du cospectre du signal étudié. Il tend vers une valeur constante au bout de 500 secondes.



↑ Nombre de secondes de mesures utilisés par période de 60 minutes (bas) ou de 30 minutes (haut) pour calculer les flux de chaleur et de quantité de mouvement.

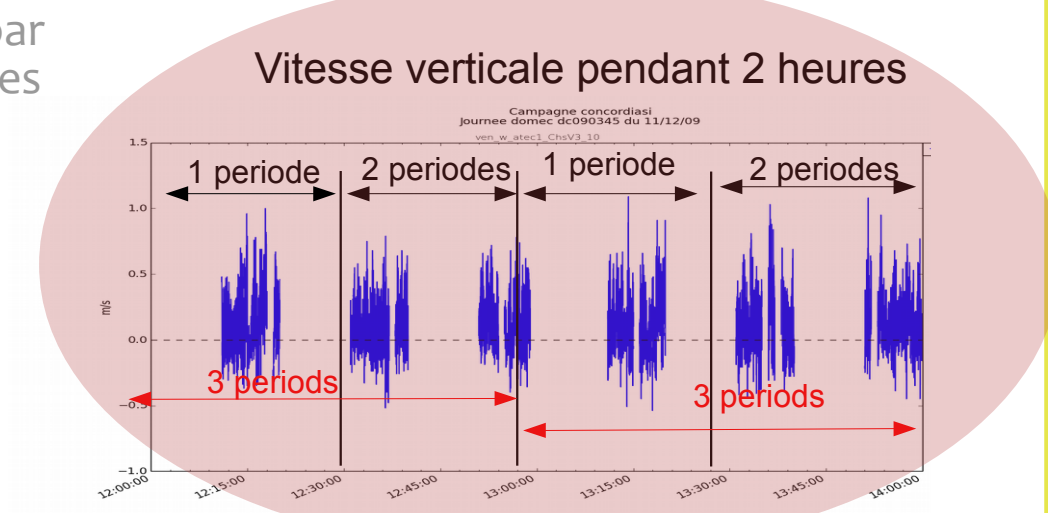
Période choisie → 60min

Période sur laquelle on effectue la moyenne des covariances des fluctuations des paramètres : 30min

- pas assez de données
- Nombre de seconde variables sur chaque période considérée

Période sur laquelle on effectue la moyenne des covariances des fluctuations des paramètres : 60min

- nombre de mesures suffisantes
- nombre de seconde considéré dans chaque période quasi-constante



Pour calculer des flux turbulents d'intensité assez faible et venant de mesures atypiques à Dôme C dans le cadre du projet d'intercomparaison de modèles GABLS4 la filière de traitement de l'équipe TRAMM du CNRM a été adaptée :

- Elimination plus strictes des pics dans les données brutes à 10Hz et élimination des périodes de dysfonctionnement de l'instrument
- Afin de minimiser l'impact des périodes de chauffage sur l'estimation du flux :
 - choix d'une période de calcul de 60 minutes
 - développement d'un algorithme pour remplacer les valeurs manquantes avant le traitement par filtre RC passe-haut

L'intensité des données est semblable sur les différents niveaux et en accord avec la région d'étude.

Dans les prochains mois, le travail sera poursuivi afin d'essayer d'exprimer des barres d'erreurs sur ces calculs de flux turbulents.

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

