

# Vers une nouvelle représentation des flux turbulents océan-atmosphère : **la paramétrisation ECUME revisitée**

S. Belamari, B. Decharme, J.-F. Guérémy, I. Beau, A.-L. Ahmat Younous  
et les membres de la Task Force CNRM-CM6

*CNRM/GAME (Météo-France/CNRS)*

21 janvier 2016

# Motivations

- Une importance cruciale de la représentation des flux turbulents océan-atmosphère (tension de vent, flux de chaleur sensible et latente)
  - En modélisation atmosphérique (*impact sur le cycle de l'eau, cyclogenèses des latitudes tempérées, cyclones tropicaux, ...*)
  - En modélisation océanique (*thermodynamique de l'océan supérieur, phénomène de formation des eaux, ...*)
  - Dans le cadre de simulations forcées, a fortiori couplées océan-atmosphère

- Une estimation qui demeure incertaine

- Une estimation à l'aide de **formulations bulk** ou (*aérodynamiques globales*) permettant d'exprimer les flux turbulents en fonction des gradients de paramètres atmosphériques de base :

$$\begin{cases} |\vec{\tau}| = -\rho_a C_D U^2 \\ H = \rho_a c_{p_a} C_H U (\theta_s - \theta_a) \\ LE = \rho_a L_v C_E U (q_s - q_a) \end{cases}$$

- **Hypothèses de fermeture** pour déterminer les coefficients d'échanges  $C_D$ ,  $C_H$ ,  $C_E$  (calcul direct / itératif des longueurs de rugosité ou des coeffs d'échange neutres à l'aide de paramétrisations ad'hoc)
  - Généralement issues de campagnes de mesures spécifiques
  - Présentant une forte dispersion
  - Valables pour des vents moyens à modérés

- Des défauts identifiés dans la version initiale d'ECUME



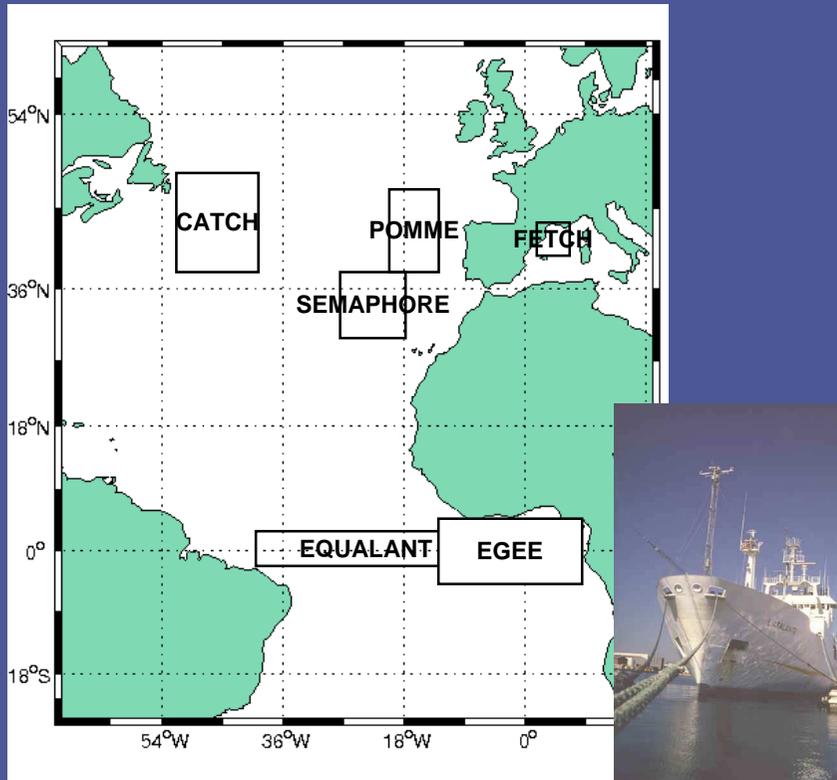
# Plan de l'exposé

- La paramétrisation ECUME initiale
  - Principe
  - Limitations
- Constitution d'un jeu de données plus cohérent
  - Homogénéisation des données issues des différentes campagnes retenues
- La nouvelle paramétrisation ECUME
  - Principe
  - Impact pour les coefficients neutres
- Evaluation dans le cadre de la modélisation 1D



# La paramétrisation ECUME *initiale*

- **Principe** : la version initiale repose sur :
  - Un algorithme **itératif** (version modifiée de l'algorithme Coare 2.5b, Fairall et al, 1996)
  - L'utilisation de **3 fonctions**  $f_1, f_2, f_3$  établies à partir de mesures de flux issues de différentes campagnes et fournissant la valeur des coefficients de transfert neutres (**CDN, CHN, CEN**) en fonction du gradient de vent neutre entre la surface et 10 mètres ( $\Delta U_{10n}$ )



1993

SEMAPHORE (Oct-Nov) – Eymard et al., 1996

1997

CATCH (Jan-Mar) – Eymard et al., 1999

1998

FETCH (Mar-Avr) – Hauser et al., 2003

1999

EQUALANT (Juil-Août) – Gouriou et al., 2001

2001

POMME (Fév-Mai) – Mémerly et al., 2005

2006

EGEE/AMMA (Juin) – Boulès et al., 2007

## ■ Algorithme itératif

- Initialisation des gradients verticaux  $\Delta U, \Delta \theta, \Delta q$
- Initial guess pour :
  - Les gradients verticaux à 10m en atmosphère neutre ( $\Delta u_{10n}, \Delta \theta_{10n}, \Delta q_{10n}$ )
  - Les échelles caractéristiques  $u^*, \theta^*, q^*$
- Boucle itérative

### Calcul :

- des coeffs. d'échange neutres  $C_{DN}, C_{HN}, C_{EN}=f(\Delta u_{10n})$
- des échelles caractéristiques  $u^*, \theta^*, q^*$
- de la longueur de Monin-Obukhov  $z/L=f(u^*, \theta^*, q^*)$
- des fonctions de stabilité  $\psi_u, \psi_\theta, \psi_q$

### Update :

$\Delta U, \Delta \theta, \Delta q$   
 $\Delta U_{10n}, \Delta \theta_{10n}, \Delta q_{10n}$

Test convergence de  $u^*/\theta^*/q^*$

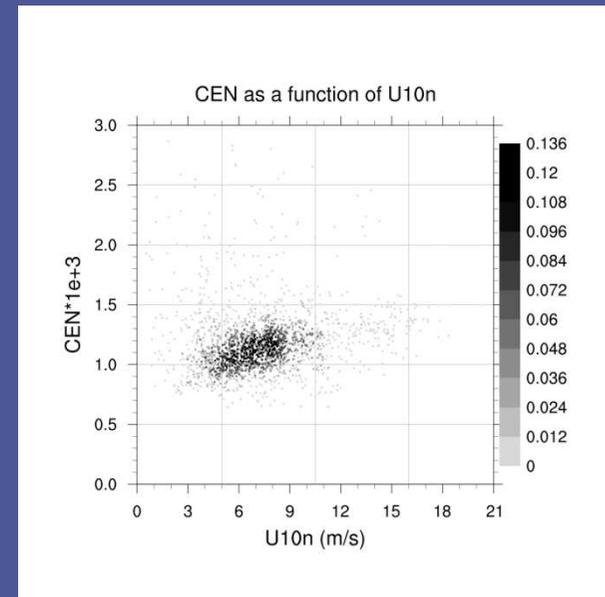
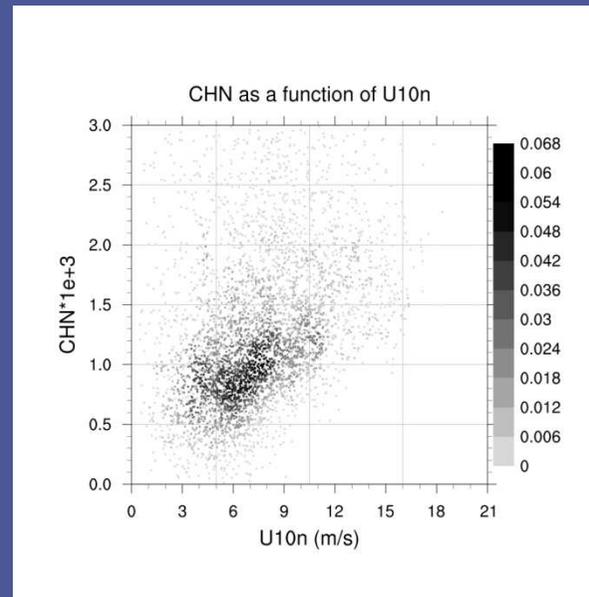
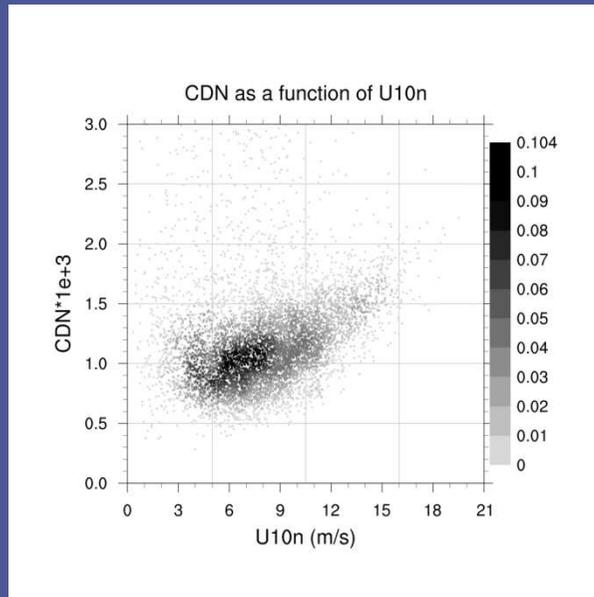
$$u^* = \left( \frac{C_{dn}}{\sqrt{C_{dn}}} \right) \times \Delta U_{10n}$$
$$\theta^* = \left( \frac{C_{hn}}{\sqrt{C_{dn}}} \right) \times \Delta \theta_{10n}$$
$$q^* = \left( \frac{C_{en}}{\sqrt{C_{dn}}} \right) \times \Delta q_{10n}$$

- Calcul des coeffs d'échange en atm réelle  $C_D, C_H, C_E$



## ■ Limitations

- Repose sur le filtrage et l'ajustement d'un nuage de points (pour chaque coefficient)



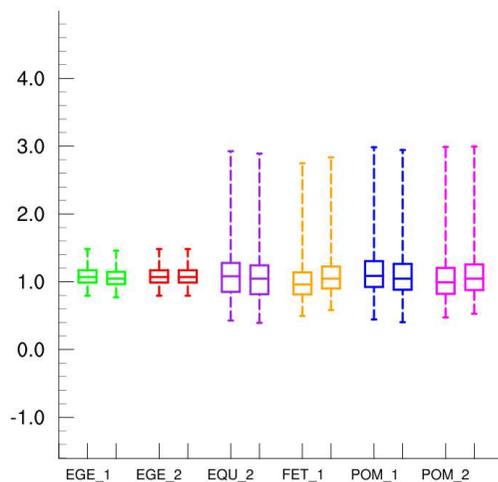
- Des défauts identifiés :
  - Flux de chaleur sensible trop fort en conditions de Mistral
  - Evaporation trop faible → Biais froid dans la troposphère → Introduction d'un réglage empirique pour augmenter le flux de chaleur latente :

$$C_E = (1-\gamma) \cdot C_E + \gamma \cdot C_H \quad (\gamma = 0.25 \text{ en PNT})$$

# Constitution d'un jeu de données plus cohérent

- **Principe** : Pour chaque coefficient d'échange neutre
  - Utilisation des données issues des campagnes FETCH, EQUALANT, POMME + EGEE
  - Attribution d'un **même poids** aux différentes campagnes ( $\Delta N_i < 1\%$ )
  - **Elimination** des échantillons dont les valeurs des **médianes** s'écartent trop de la valeur médiane du jeu de données global ( $\Delta M_e > 20\%$ )
  - Application d'une **correction** pour que les médianes individuelles soient identiques à celle du jeu de données global (CDN, CHN)

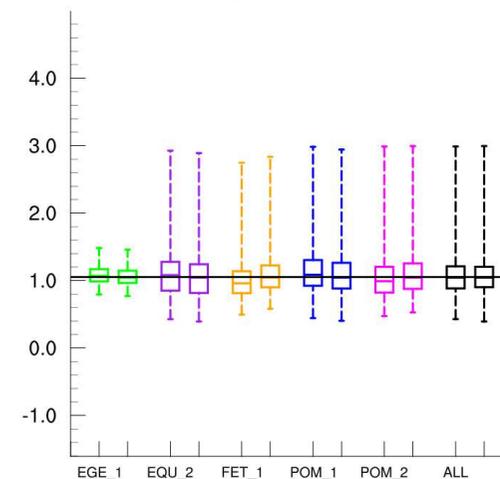
CDN Median, Lower & Upper Quartiles, Minimum, Maximum



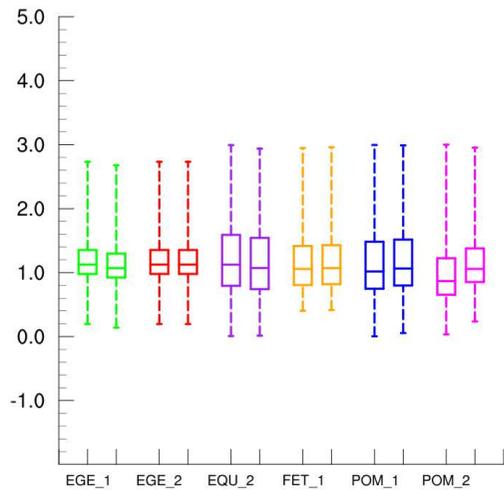
CDN

Après →

CDN Median, Lower & Upper Quartiles, Minimum, Maximum



CHN Median, Lower & Upper Quartiles, Minimum, Maximum

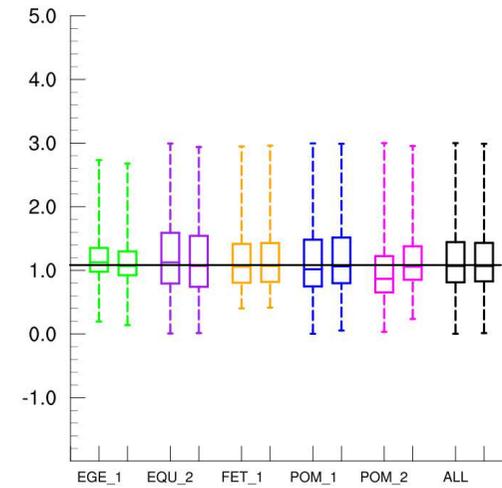


← Avant

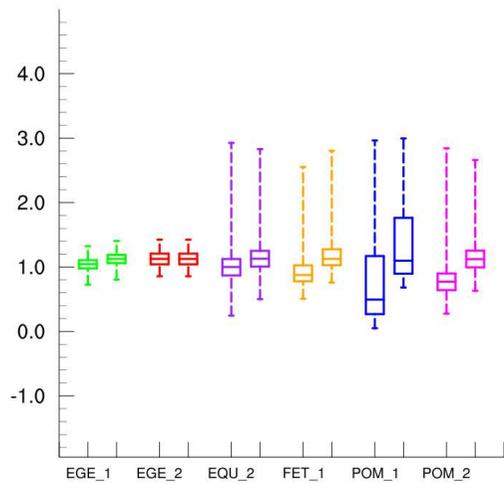
CHN

Après →

CHN Median, Lower & Upper Quartiles, Minimum, Maximum



CEN Median, Lower & Upper Quartiles, Minimum, Maximum

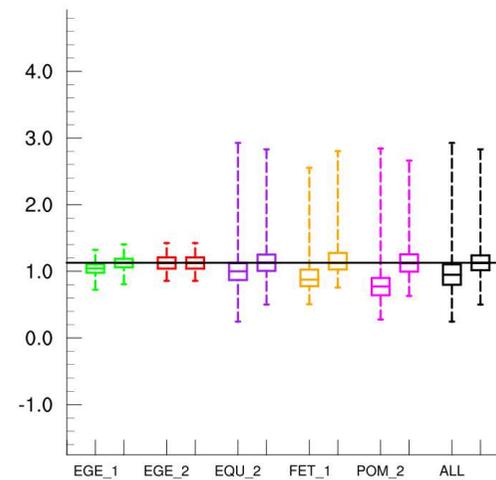


← Avant

CEN

Après →

CEN Median, Lower & Upper Quartiles, Minimum, Maximum



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

# La nouvelle paramétrisation ECUME

- **Principe** : Utilisation d'une nouvelle fermeture

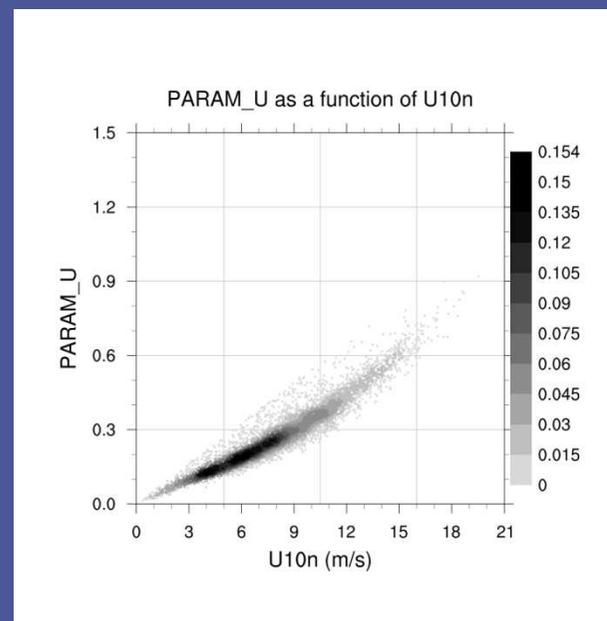
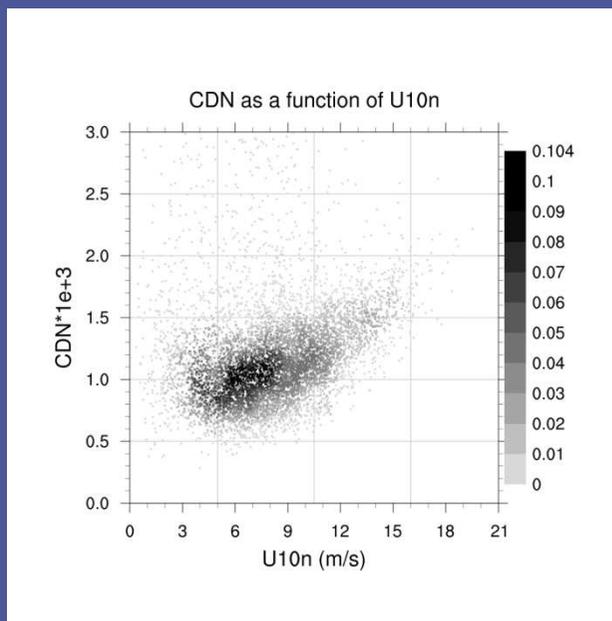
- Définition de nouvelles variables

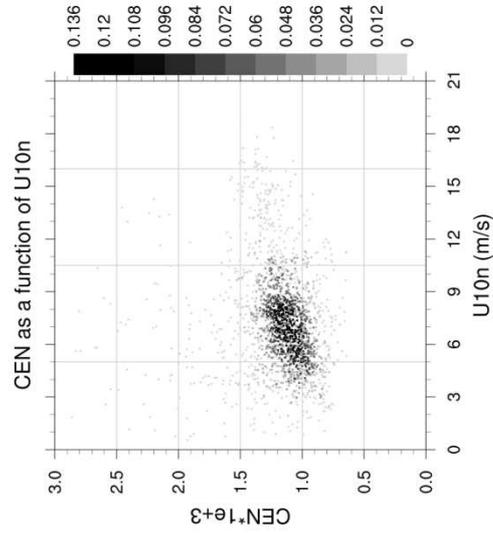
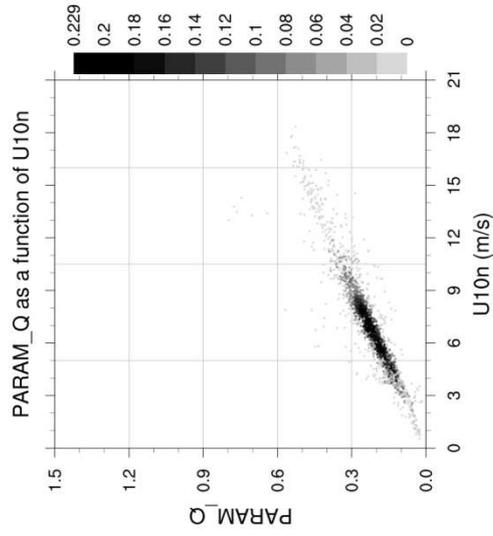
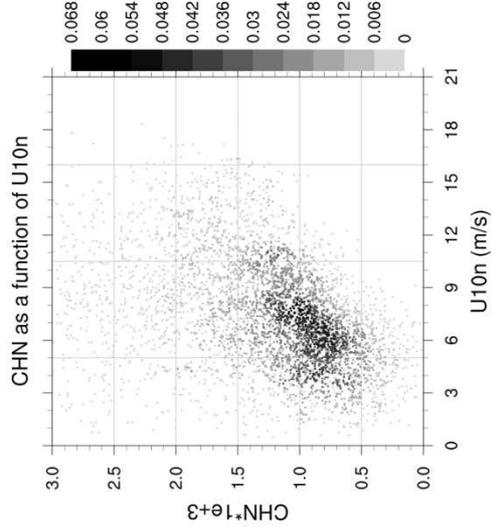
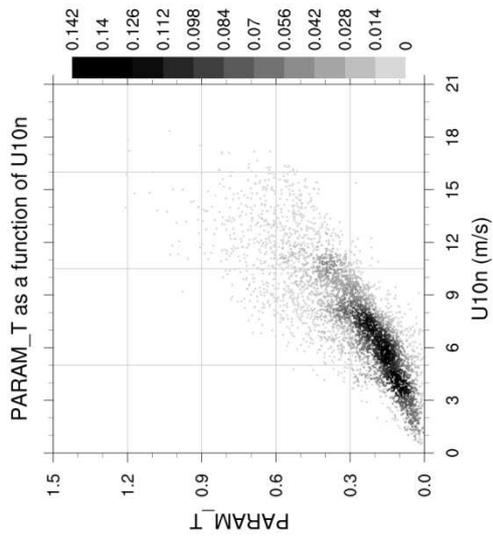
*Param\_U*, *Param\_θ* et *Param\_q* telles que :

$$Param\_U = \left( \frac{Cdn}{\sqrt{Cdn}} \right) \times \Delta U_{10n}$$

$$Param\_θ = \left( \frac{Chn}{\sqrt{Cdn}} \right) \times \Delta U_{10n}$$

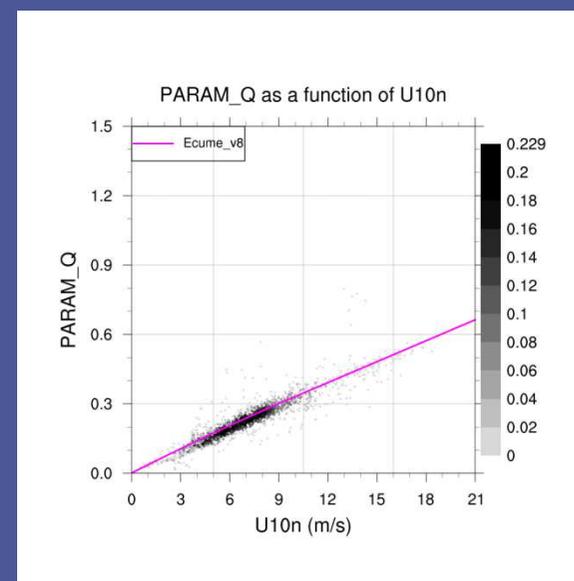
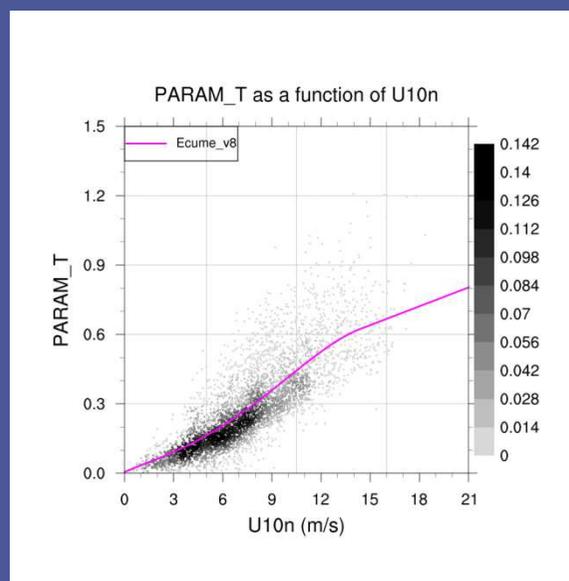
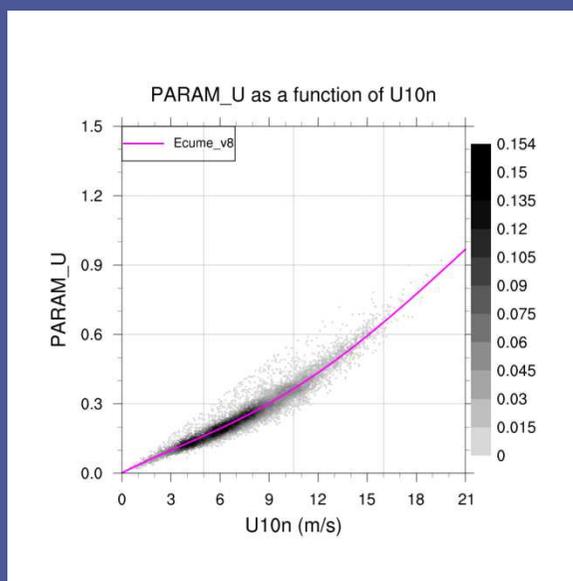
$$Param\_q = \left( \frac{Cen}{\sqrt{Cdn}} \right) \times \Delta U_{10n}$$





- **Principe :**

- Approximation de chaque variable  $Param\_U / Param\_θ / Param\_q$  par un **polynôme de degré  $\leq 5$**  fonction de  $\Delta U_{10n}$



- Calcul des échelles caractéristiques ( $u^*, \theta^*, q^*$ ) à partir de  $Param\_U / Param\_θ / Param\_q$

$$u^* = Param\_U$$

$$\theta^* = Param\_θ \times \left( \frac{\Delta \theta_{10n}}{\Delta U_{10n}} \right)$$

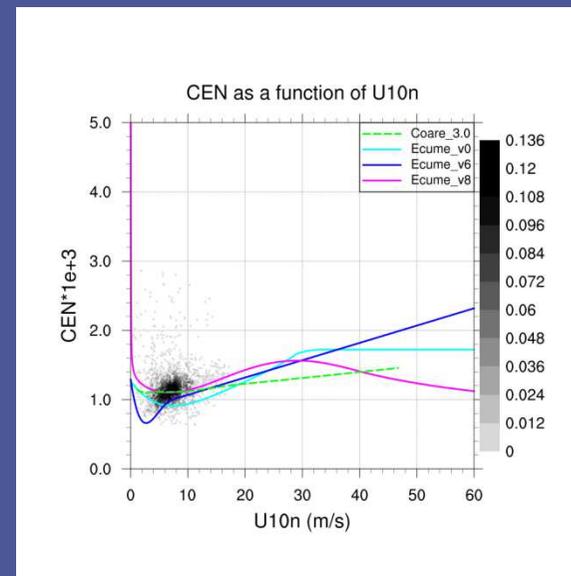
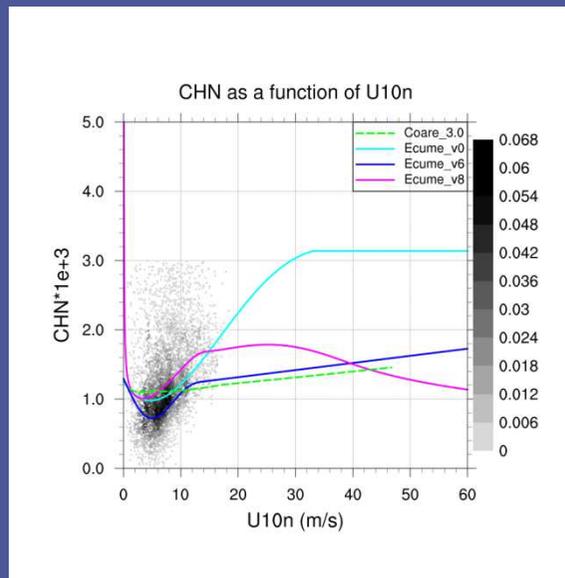
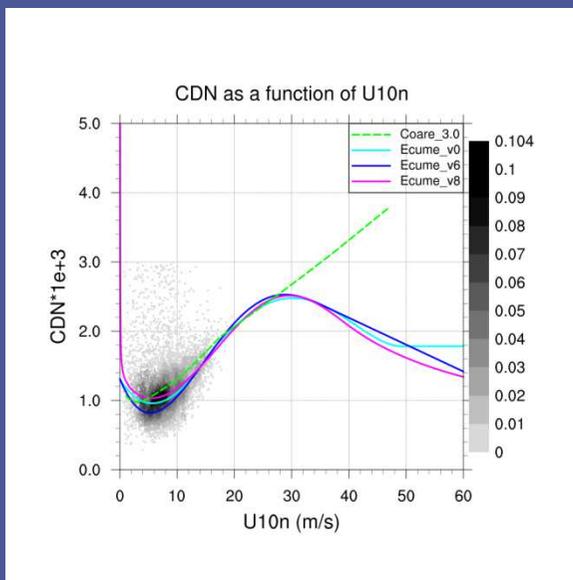
$$q^* = Param\_q \times \left( \frac{\Delta q_{10n}}{\Delta U_{10n}} \right)$$

- **Impact en terme de coefficients neutres :**
  - Comparaison aux versions précédentes d'ECUME + Coare\_3.0

$$CDN = \left( \frac{Param\_U^2}{\Delta U_{10n}^2} \right)$$

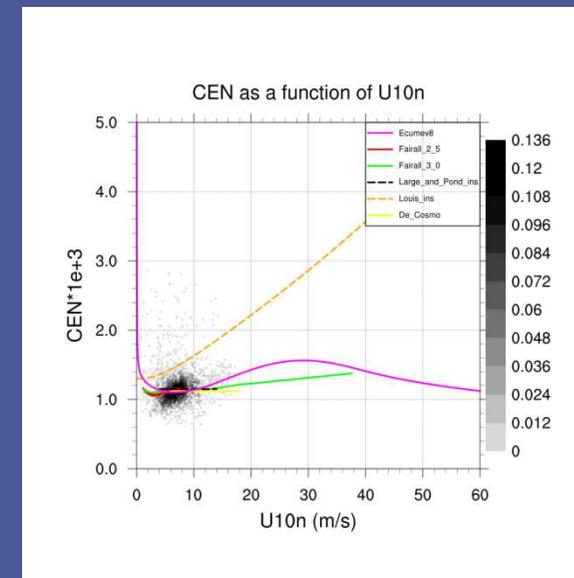
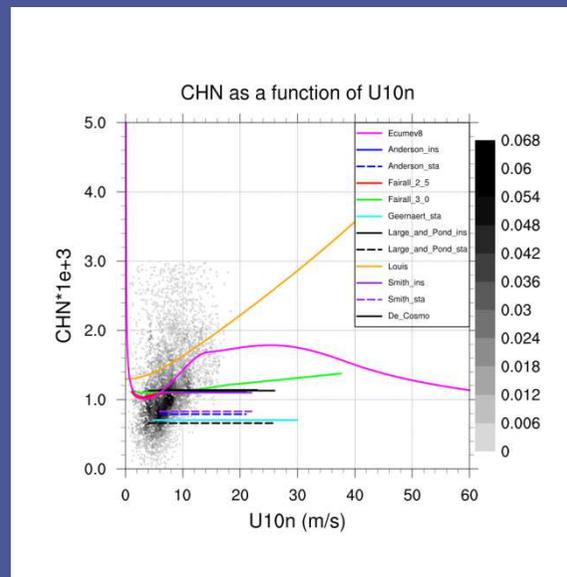
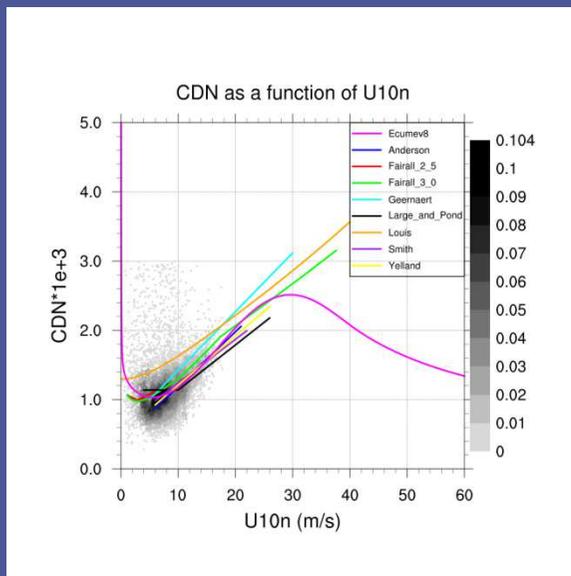
$$CHN = \left( \frac{Param\_θ \times Param\_U}{\Delta U_{10n}^2} \right)$$

$$CEN = \left( \frac{Param\_q \times Param\_U}{\Delta U_{10n}^2} \right)$$



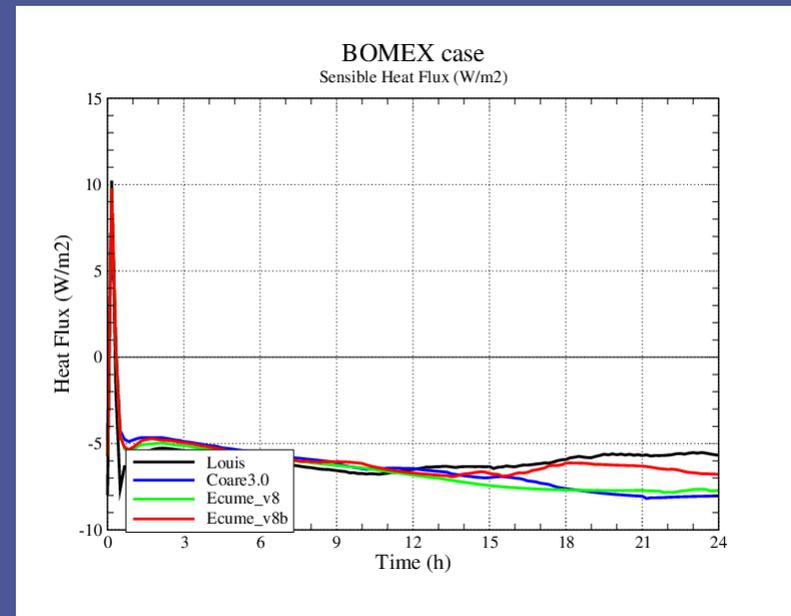
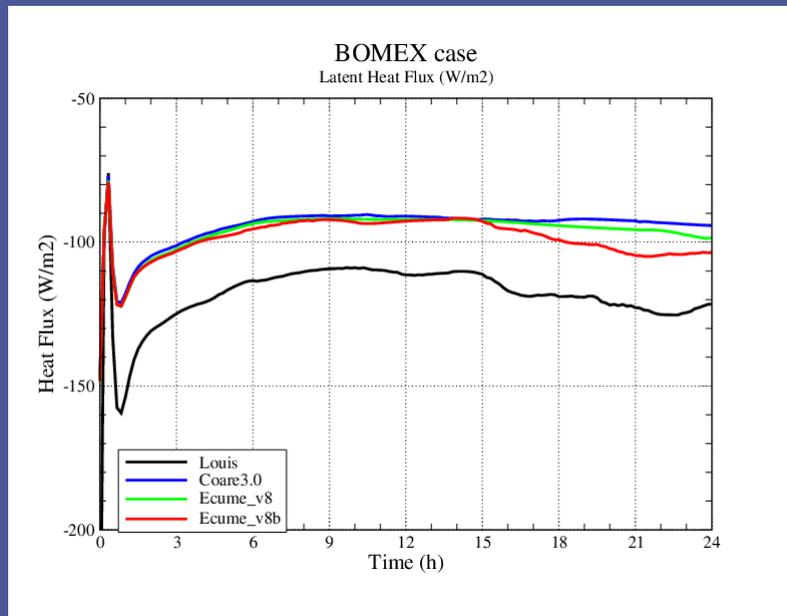
- **Impact en terme de coefficients neutres :**

- Comparaison aux autres paramétrisations



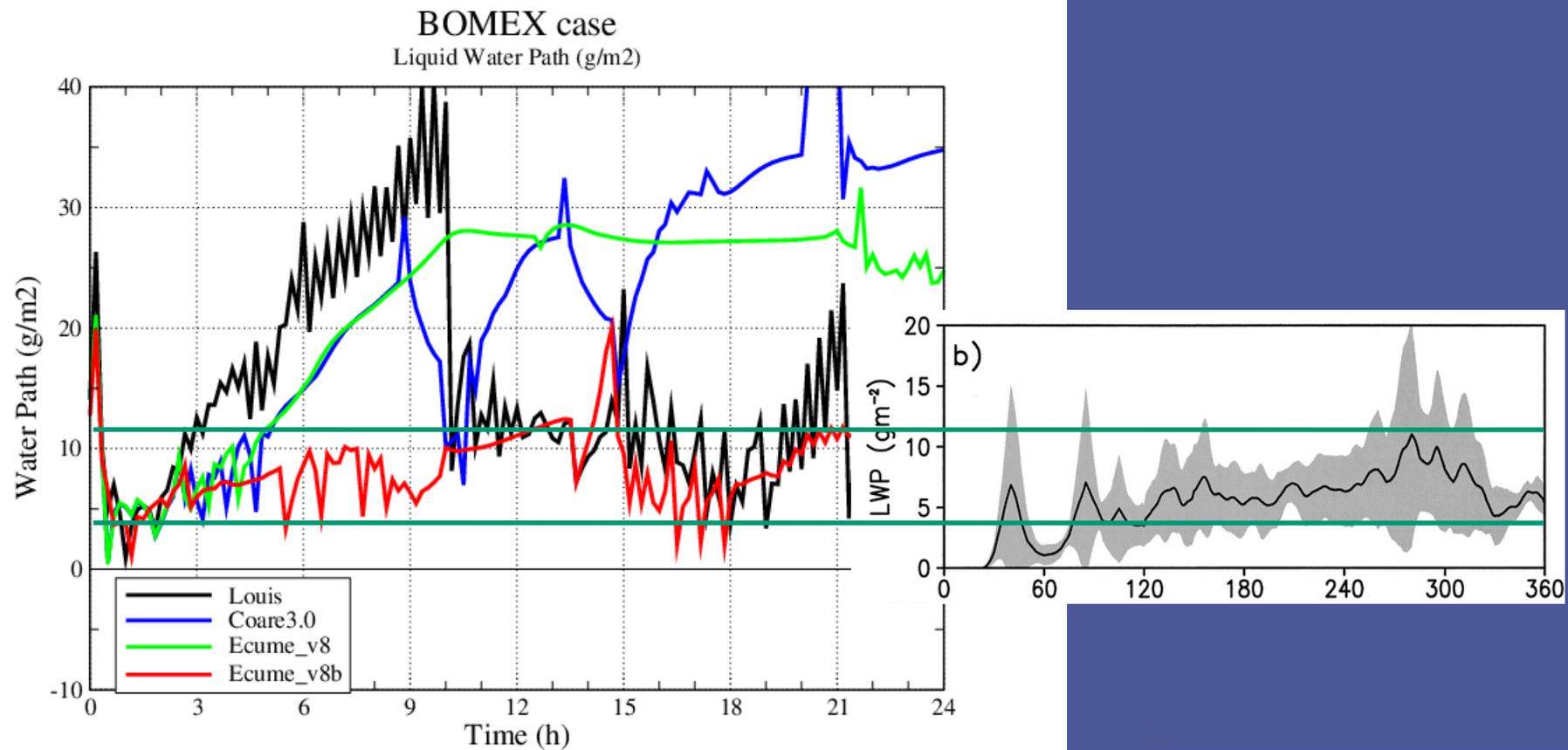
# Evaluation dans le cadre 1D

- Utilisation de MUSC : Binaire de ARPEGE v6.2.1
- Cas 1D BOMEX : 22-23 juin 1969
  - Flux turbulents de chaleur océan-atmosphère

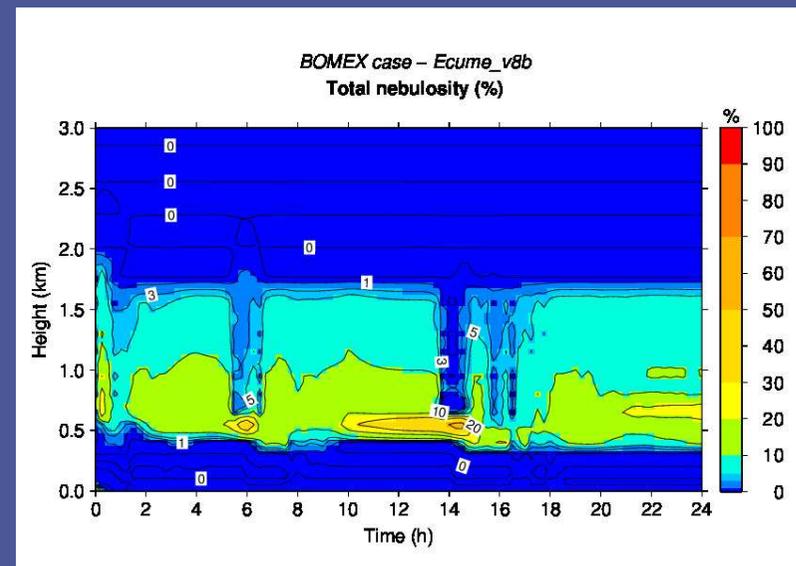
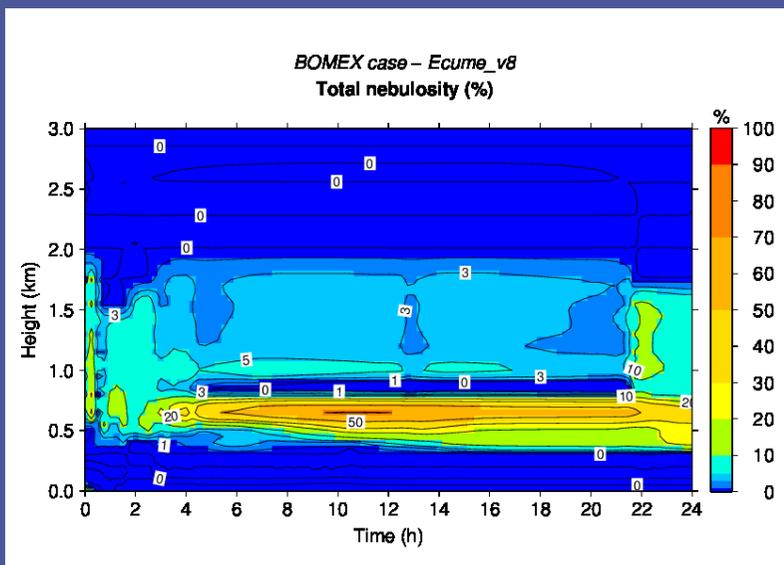
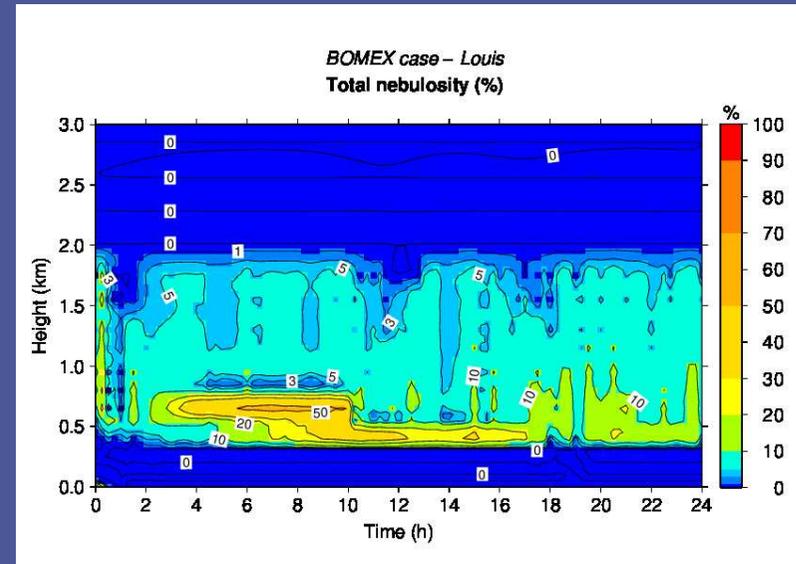
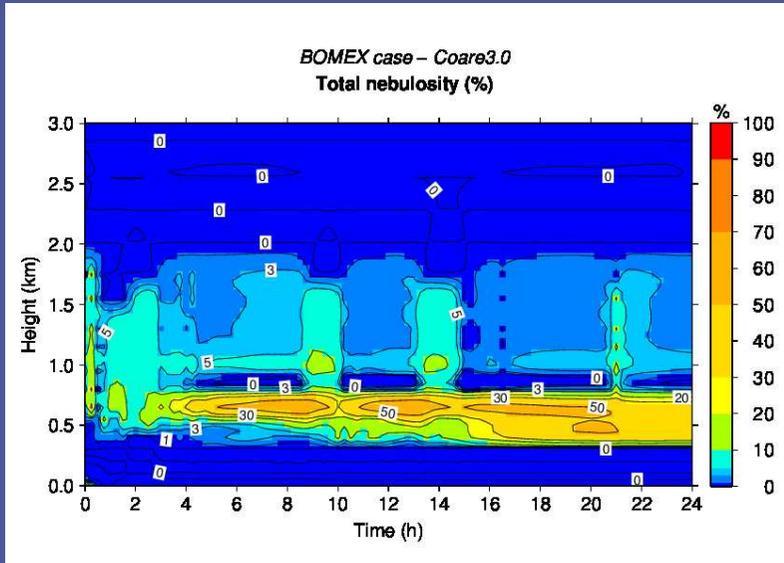


- Cas 1D BOMEX : 22-23 juin 1969

- Contenu en eau liquide

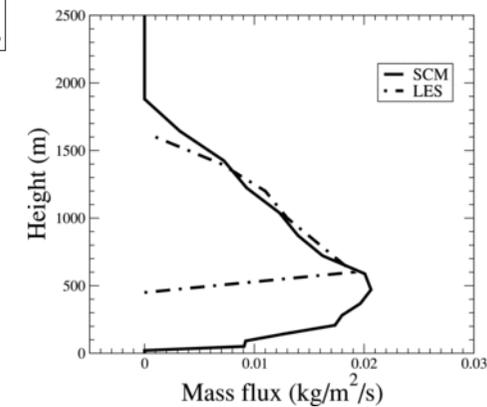
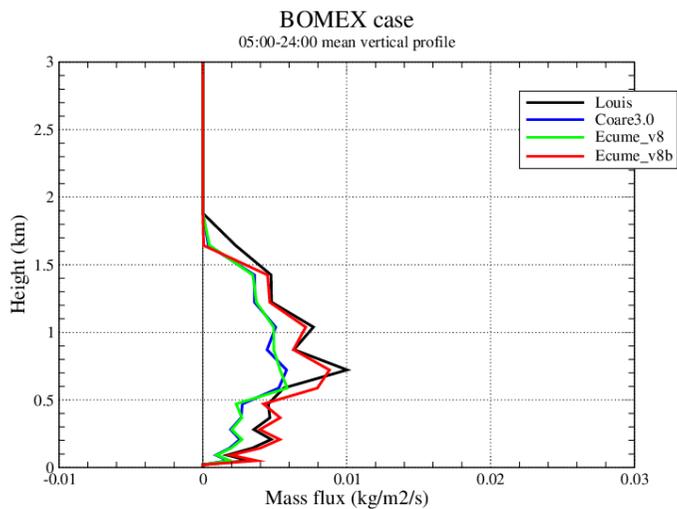
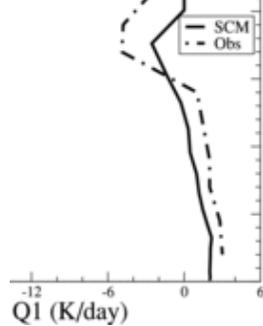
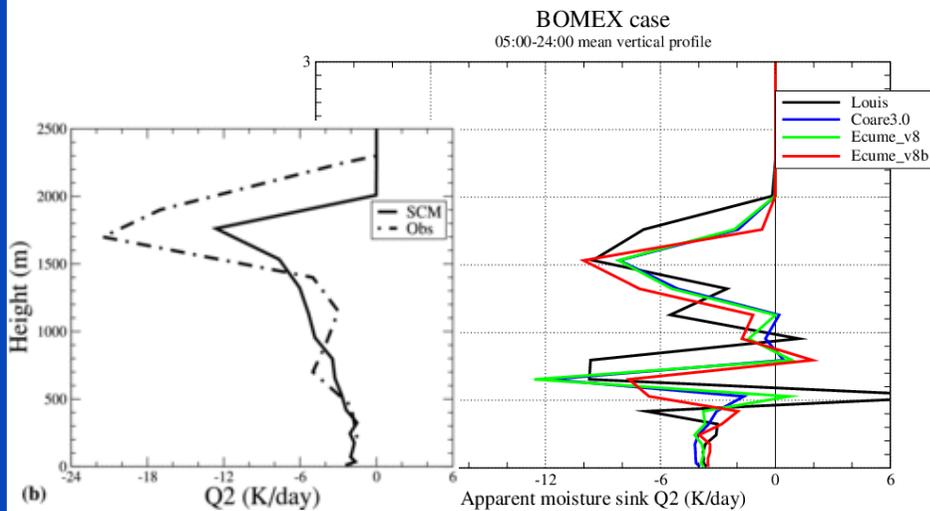
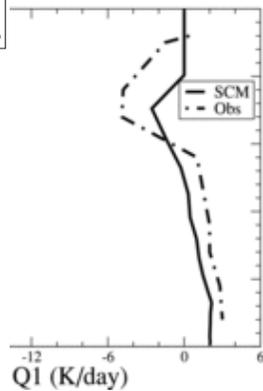
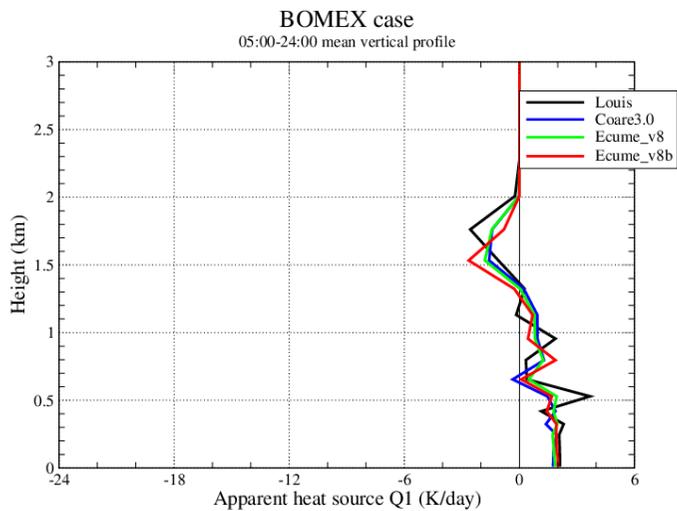


- Cas 1D BOMEX : 22-23 juin 1969
  - Nébulosité



- Cas 1D BOMEX : 22-23 juin 1969

- Source apparente de chaleur Q1



- Puits apparent d'humidité Q2

- Flux de masse

# Conclusions et Perspectives

- Une nouvelle approche pour la paramétrisation des flux turbulents océan-atmosphère : **Définition de nouvelles grandeurs présentant une dispersion bcp plus faible**
  - Coefficients d'échange neutres cohérents avec l'existant – **Dispersion des coefficients d'échange neutres plus réaliste aux faibles valeurs de vent**
  - **Correction des biais** en évaporation et en flux de chaleur sensible
  - **Aux vents faibles à modérés** : Résultats comparables voir plus réalistes que ceux obtenus avec la paramétrisation Coare\_3.0
  - **Aux vents forts** : Saturation des coefficients d'échange neutres ⇒ Validité en conditions de vent fort + conditions cycloniques
- Une paramétrisation disponible dans SURFEXv8 + adaptation PNT
  - ↳ **Poursuite de l'évaluation d'ECUME**
    - En mode **1D** (MUSC) : Cas BOMEX, Cindy-Dynamo, ...)
    - En **PNT**
    - En modélisation **régionale** (AROME/ALADIN)
    - En modélisation **globale** (ARPEGE v6.2.2)
  - **En mode forcé et couplé océan/atmosphère**



*Résolution*



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance