An aerial photograph of a town, likely in a mountainous region, is shown from above. The town is surrounded by green fields and buildings. The image is overlaid with a weather map, featuring white contour lines representing pressure or elevation, and white arrows indicating wind direction and speed. The map shows a low-pressure system over the town, with wind blowing from the southwest. The background of the slide is a dark blue gradient with a white cloud-like pattern at the top.

Paramétrisation dans la zone grise de la turbulence

Rachel Honnert

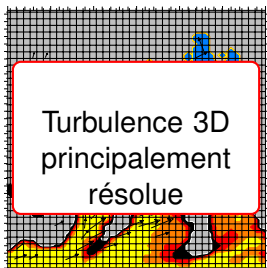
Météo-France, CNRM-GAME

21 janvier 2016



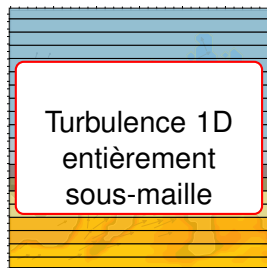
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Modèles atmosphériques dans la zone grise

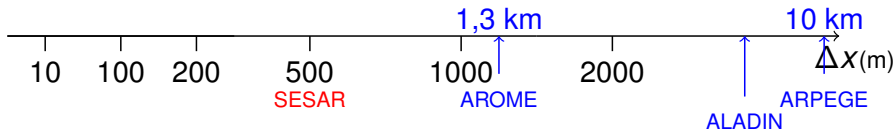


LES

ZONE GRISE
résolution proche de
l'échelle d'injection de
l'énergie
Wyngaard (2004)

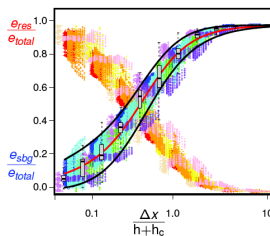
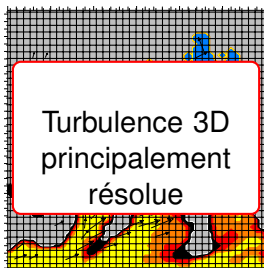


Méso-échelle

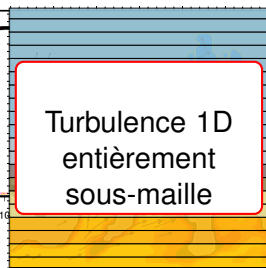


← Augmentation des moyens de calcul

On sait ce qu'on doit obtenir.

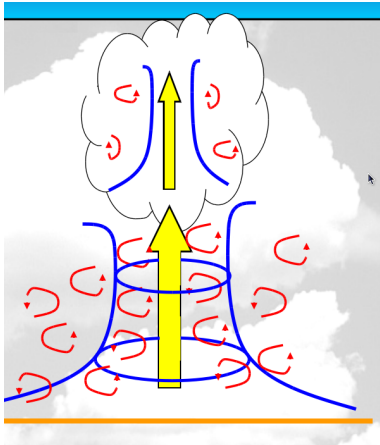


Honnert et al. (2011)



But : Modifier le schéma de turbulence de façon à obtenir cette décroissance.

Schéma de turbulence dans Méso-NH et AROME



$$\overline{w'\phi'} = -K\left(\frac{\partial\bar{\phi}}{\partial z}\right) + \frac{M_u}{\rho}(\phi_u - \bar{\phi})$$

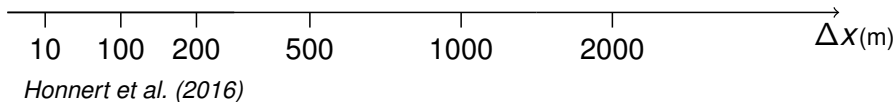
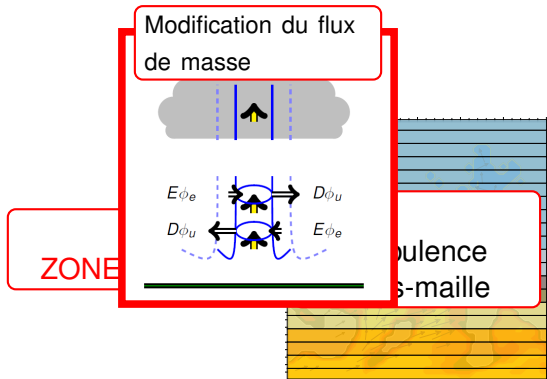
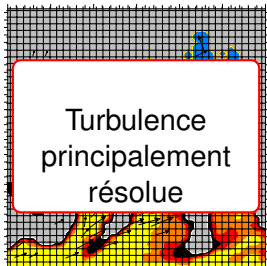
Turbulence Convection

peu-profonde

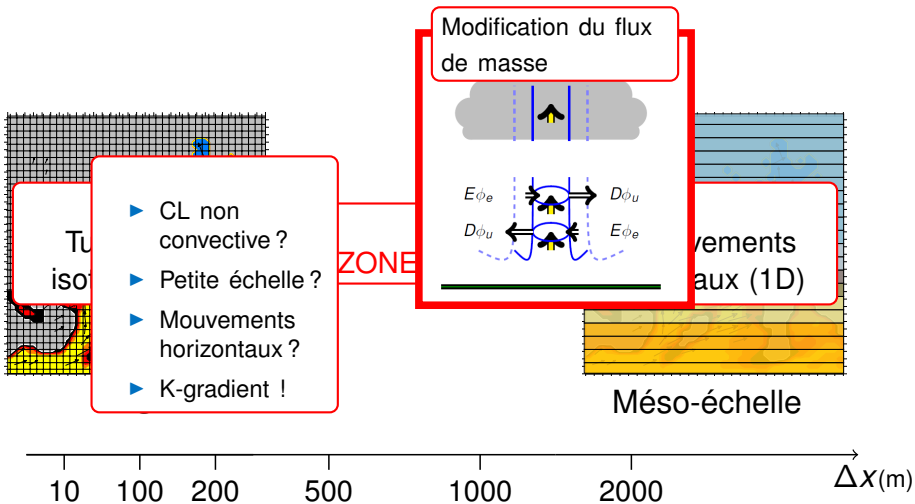
Thermiques

- ▶ EDMF (Eddy-Diffusivity/Masse-Flux) : *Siebesma et Texeira (2000), Hourdin et al (2002), Soares et al (2004)*
- ▶ CBR : Schéma en K-gradient (*Cuxart et al (2000)*)
- ▶ PM09 (ex : EDKF) : Schéma en flux de masse (*Pergaud et al (2009)*)
- ▶ Updraft débute en surface => Thermiques de CLC.

Modèles atmosphériques dans la zone grise



Modèles atmosphériques dans la zone grise



Passage du 1D au 3D en PNT à Météo France

- ▶ Pour < 500 m : il faut passer au 3D (*Honnert (2014)*).
- ▶ Dans la zone grise, la turbulence n'est **pas isotrope**.
- ▶ Problème dans AROME : pas de schéma 3D (turbulence)
- ▶ Problème dans MésoNH : qu'une turbulence isotropique
- ▶ Dans la partie K-gradient → **Longueurs de mélange**.

K-gradient et longueur de mélange

$$\begin{cases} \overline{u'v'} = -K_{u,v} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \\ \overline{u'w'} = -K_{u,w} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} \right) \\ \overline{v'w'} = -K_{v,w} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} \right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} K_{u,v} = -CL_{u,v} \sqrt{e} \\ K_{u,w} = -CL_{u,w} \sqrt{e} \\ K_{v,w} = -CL_{v,w} \sqrt{e} \end{cases}$$

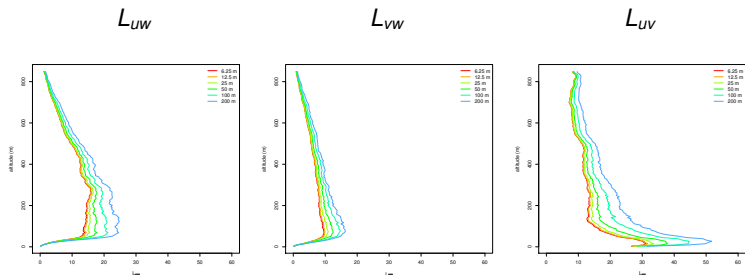
K-gradient et longueur de mélange

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{\mathbf{u}'\mathbf{v}'} = -K_{u,v} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \\ \overline{\mathbf{u}'\mathbf{w}'} = -K_{u,w} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} \right) \\ \overline{\mathbf{v}'\mathbf{w}'} = -K_{v,w} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} \right) \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{K}_{u,v} = -CL_{u,v} \sqrt{e} \\ \mathbf{K}_{u,w} = -CL_{u,w} \sqrt{e} \\ \mathbf{K}_{v,w} = -CL_{v,w} \sqrt{e} \end{array} \right.$$

- ▶ CL Neutre (CASES-99, *Drobinski (2006)*) et de CLC IHOP₂₀₀₂ (*Weckwerth (2002)*)
- ▶ Calcul les flux et les gradients par coarse-graining → eddy-diffusivity et les longueurs de mélange **verticale et horizontale** à toutes échelles.

Résultats pour une CL Neutre

FIGURE : Profils verticaux des longueurs de mélange dans la zone grise.



- ▶ Même ordre de grandeur à $z > 100$ m à $\Delta x = 6,25$ m
- ▶ L augmente avec Δx
- ▶ L_{UV} différents en surface

Comparaison avec les longueurs de mélange en PNT

- ▶ $l_{DEAR} = (\Delta x \Delta y \Delta z)^{\frac{1}{3}}$: Turbulence isotrope.
- ▶ *Kitamura (2015)* longueurs de mélange établies en CLC dans un schéma de Deardorff.

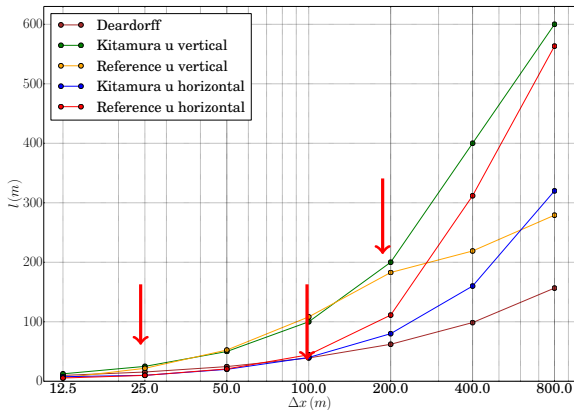


FIGURE : Longueur de mélange verticale et horizontale de référence, Deardorff et Kitamura à 400 m d'altitude en fonction de la résolution dans CASES-99. Stage de Xavier

En couche limite convective ...

- ▶ LES coarse graining : *Ito et al. (2014)* → Mellor and Yamada , *Kitamura (2015)* → système de Deardorff en CL convective sèche
- ▶ Qu'en est-il du schéma dans Méso-NH et Arome ?
- ▶ IHOP : CL convective sans nuage mais avec humidité q

Estimation de K en CLC

$$\overline{u'_i \phi'} = \underbrace{-K_{u_i, \phi} \left(\frac{\partial \bar{\phi}}{\partial x_i} \right)}_{\text{K-gradient}} + \underbrace{\delta_{i3} \frac{M_u}{\rho} (\phi_u - \phi_e)}_{\text{Flux de Masse}}$$

$$K_{u_i, \phi} = \left(\delta_{i3} \frac{M_u}{\rho} (\phi_u - \phi_e) - \overline{u'_i \phi'} \right) / \left(\frac{\partial \bar{\phi}}{\partial z} \right)$$

- ▶ Estimation de M_u , ϕ_u et ϕ_e par analyse conditionnelle (*Honnert et al. (2016)*)

Flux de masse de IHOP

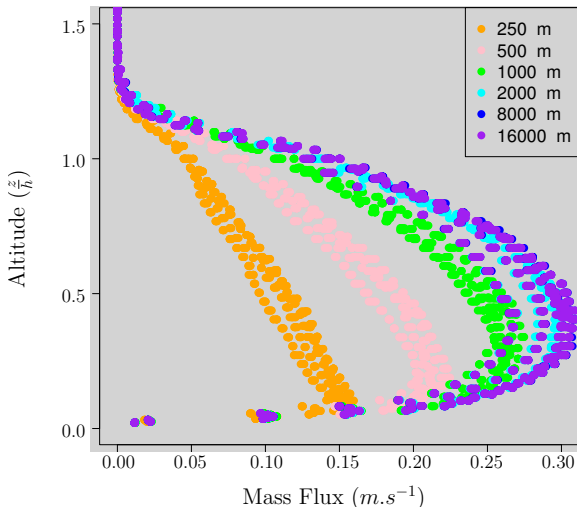


FIGURE : Flux de masse calculé par analyse conditionnelle.

Comparaison avec les longueurs de mélanges en PNT

- ▶ I_{DEAR} : Turbulence isotrope.
- ▶ Kitamura (2015)
- ▶ Bougeault et Laccarère (1989)

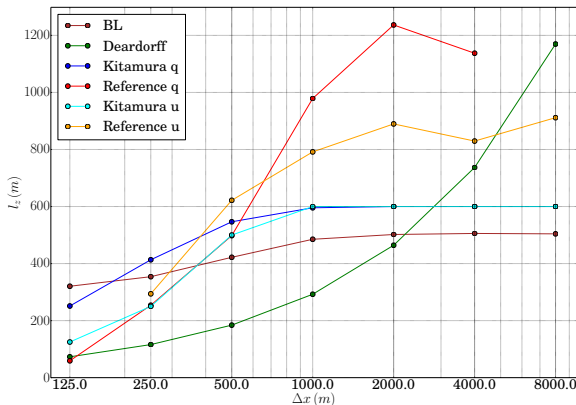


FIGURE : Longueurs de mélange de référence, Deardorff, BL89 et Kitamura à 400 m d'altitude en fonction de la résolution dans IHOP. Stage de Xavier Lamboley

Température potentielle d'entropie humide

- ▶ Étude de θ_s , température potentielle d'entropie humide.

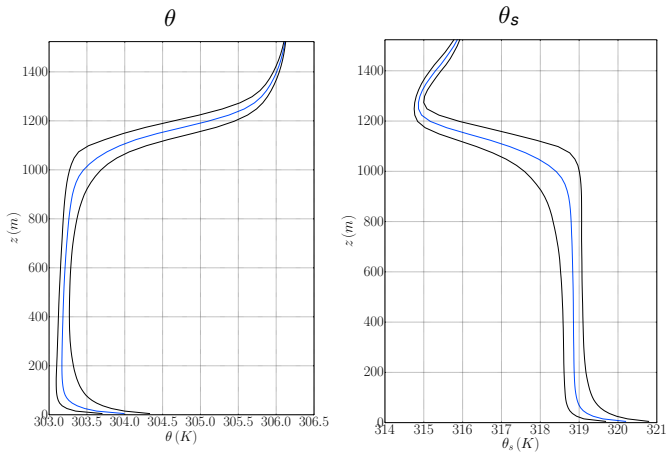
$$\theta_s \simeq \theta \exp(\Lambda q) ,$$

with $\Lambda = \Lambda_r - \gamma \log \left(\frac{q}{(0.0124(1-q))} \right)$

Marquet (2011), Marquet (2015)

$$\overline{w'\theta'_s} = \frac{\theta_s}{\theta} \overline{w'\theta'} + \theta_s \left(\Lambda - \frac{\gamma}{1-q} \right) \overline{w'q'} .$$

Température potentielle d'entropie humide



Nombre de Lewis

$$Le_s = \frac{K_{\theta_s, z}}{K_{q, z}}$$

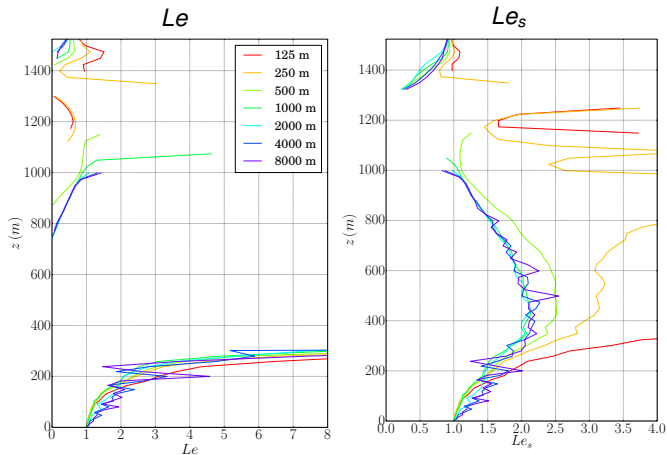
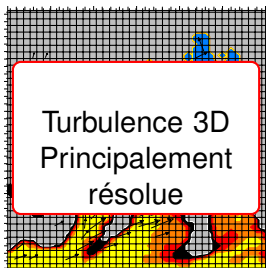


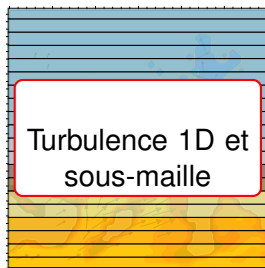
FIGURE : Nombre de Lewis et Le_s . IHOP dans la zone grise. Xavier Lamboley

Conclusions et perspectives

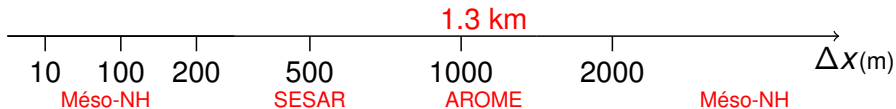


LES

Zone Grise



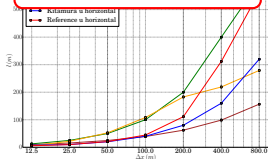
Méso-échelle



Conclusions et perspectives

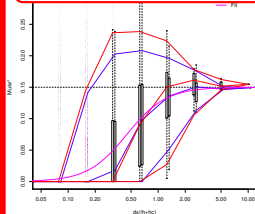
Turbulence 3D
Principalement

Nouvelles longueurs
de mélange



Zone

Modification du flux
de masse



ence 1D et
maille

Méso-échelle

1.3 km

1000

AROME

2000

Méso-NH

Δx (m)

Conclusions et perspectives

- ▶ La limite de l'homogénéité horizontale c'est ≈ 500 m en CLC
 - ▶ Nécessité d'utiliser un schéma 3D pour les fines résolutions
 - ▶ Développement d'un schéma de turbulence 3D dans AROME-500 m
- ▶ Étude du K-gradient dans la zone grise
 - ▶ Poursuite par la détermination des longueurs de mélange horizontale et verticale
 - ▶ Implémentation dans MésoNH et AROME.
- ▶ Premiers résultats avec θ_s
 - ▶ Nombre de Lewis et de Prandtl plus cohérents qu'avec θ

An aerial photograph of a town, likely in a mountainous region, is shown. The town is surrounded by green fields and buildings. The image is overlaid with a weather map, featuring white contour lines representing pressure levels and white arrows indicating wind direction and speed. The background is a deep blue gradient with a white cloud-like border at the top and bottom. A white rounded rectangle is centered over the town, containing the text "Merci pour votre attention."

Merci pour votre attention.



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance