



Interaction entre la convection, l'assimilation et d'autres paramétrisations dans ARPEGE

Yves Bouteloup, GMAP, GMGEC
CNRM (Météo-France/CNRS)
11 mars 2021

Description rapide des évolutions prévues

- Activation de la partie "profonde" du schéma de convection d'IFS
- Utilisation de la version "6" du schéma de flux océanique Ecume
- Utilisation de la partie solaire de RRTM (dite SRTM) avec le solveur McIca (Monte-Carlo Independent Column Approximation)
- Activation du schéma de glace de mer Gelato dans sa version 1D

Dans cette présentation, seront présentés :

- La description des changements
- L'impact du schéma Ecume en fonction des autres paramétrisations
- L'impact de SRTM, également en fonction des autres paramétrisations
- Une illustration des améliorations attendues
- Quelques interactions entre la physique et l'assimilation (tempête Amélie, bandes de pluie tropicales)

Description rapide du schéma de convection profonde d'IFS

- Schéma diagnostic en flux de masse ancien mais qui a profondément évolué
- Fermeture en CAPE fonction de la résolution locale via le temps de relaxation τ
- Entrainement fonction de l'humidité relative de l'environnement

$$E_{up} = \epsilon_{up} \frac{M_{up}}{\bar{\rho}} (1.6 - RH) \left(\frac{q_{sat}(\bar{T})}{q_{sat}(\bar{T}_{base})} \right)$$

Avec $\epsilon_{up} = 1.75 \times 10^{-3} m^{-1}$

- Downdraft dont l'intensité est directement fonction de l'intensité de l'updraft

$$(M_{down})_{LFS} = -\eta (M_{up})_{base}$$

Avec $\eta = 0.3$ dans IFS mais réglé dans ARPEGE à $\eta = 0.15$ pour supprimer un biais froid dans la couche limite tropicale

- L'efficacité de la conversion des condensats nuageux en précipitation est piloté par la formulation de Sundquist :

$$G^{precip} = \frac{M_{up}}{\bar{\rho}} \frac{c_0}{0.75 w_{up}} l_{up} \left[1 - \exp \left(-(l_{up} / l_{crit})^2 \right) \right]$$

Avec $c_0 = 1.4 \times 10^{-3} s^{-1}$ dans IFS mais réglé dans ARPEGE à $4 \times 10^{-3} s^{-1}$ pour réduire le détrainement d'eau à haute altitude détrimental pour l'assimilation.

Recalage du cycle diurne de la convection (Bechtold et al 2014)

- L'écart à l'hypothèse du quasi-équilibre se fait via une modification de la fermeture en CAPE :

$$CAPE = \int_{P_{base}}^{P_{top}} \left(\frac{T_{v,up} - \bar{T}_v}{\bar{T}_v} - l_{up} \right) dp$$

- La fermeture en CAPE prend cette forme :

$$\left(\frac{\partial CAPE}{\partial t} \right)_{cu} = - \frac{CAPE - CAPE_{bl}}{\tau} = - \int_{z_{base}}^{z_{top}} \frac{g}{\bar{T}_v} \bar{\rho} \left(\frac{\partial \bar{T}_v}{\partial t} \right)_{cu} dz$$

Avec :

$$CAPE_{bl} = -\tau_{bl} \frac{1}{T_*} \int_{P_{surf}}^{P_{base}} \frac{\partial \bar{T}_v}{\partial t} \Big|_{bl} dp$$

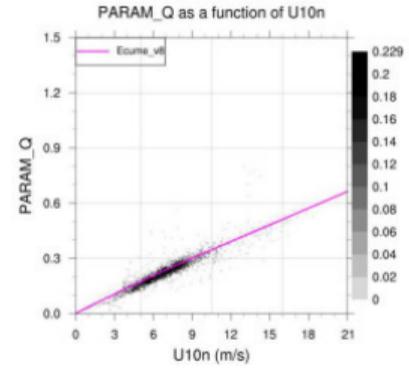
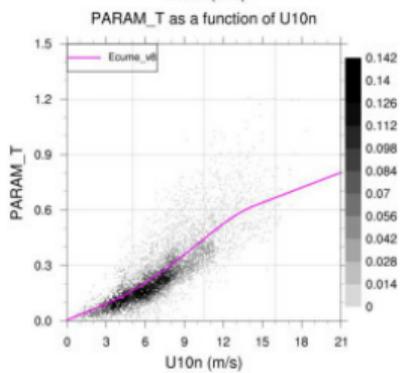
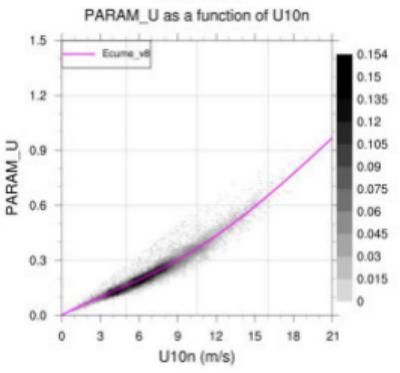
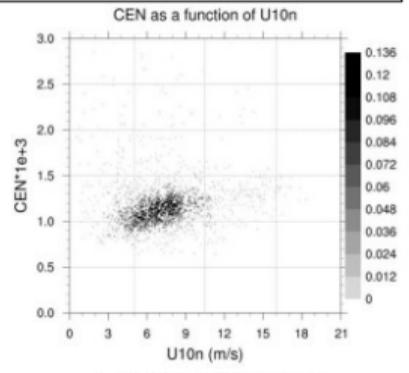
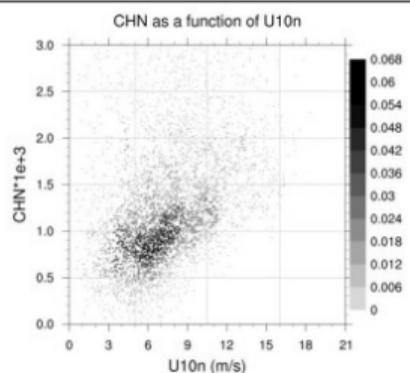
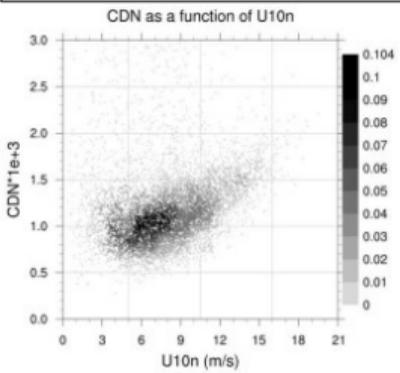
Dans cette équation $\partial \bar{T}_v / \partial t|_{bl}$ est sensé prendre en compte l'ensemble des processus de couche limite autres que la convection (diffusion turbulente, convection peu profonde, rayonnement, ...)

Ecume V6 (Figures de Sophie Belamari)

$$Param_U = \left(\frac{C_{dn}}{\sqrt{C_{dn}}} \right) X \Delta U_{10m}$$

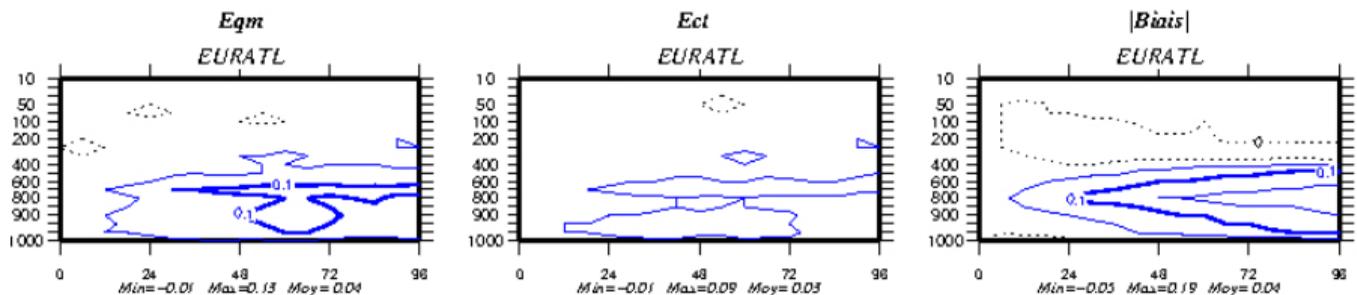
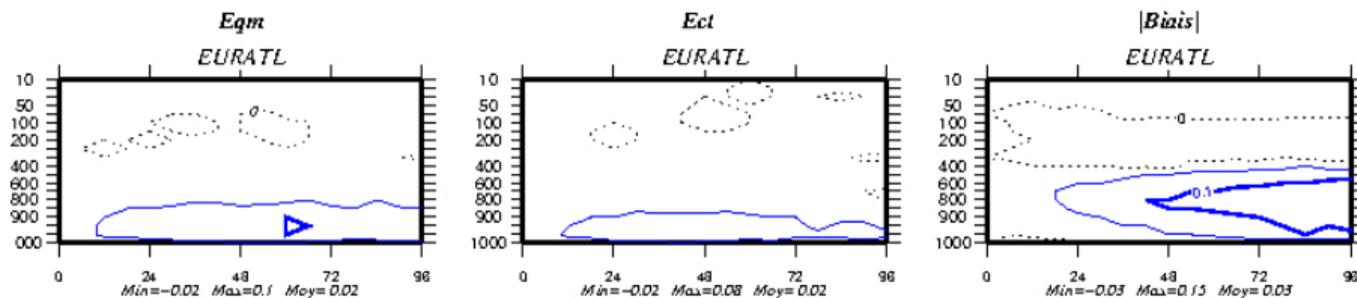
$$Param_T = \left(\frac{C_{hn}}{\sqrt{C_{dn}}} \right) X \Delta U_{10m}$$

$$Param_Q = \left(\frac{C_{en}}{\sqrt{C_{dn}}} \right) X \Delta U_{10m}$$

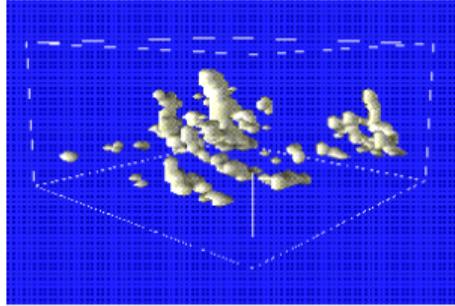


Impact de Ecume V6 / Ecume en fonction de la physique

- Quand on modifie une paramétrisation, l'impact est-il "absolu" ou dépendant du reste de la physique ?
- Scores de température sur février 2020 (ref AC domaine Euratl)



Ica et Mlca (Pincus et al 2003)



$$LES \Rightarrow \bar{F} = \iint_{Dom} \left(\int S(\lambda) F(x, y, \lambda) d\lambda \right) dx dy$$

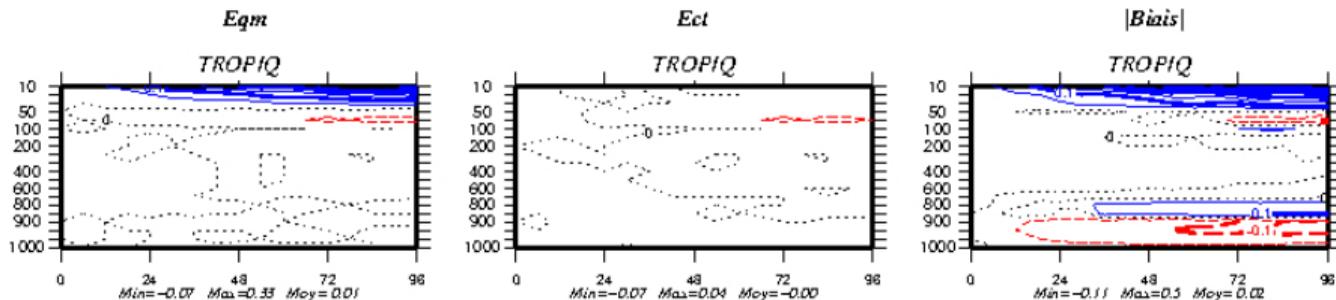
$$\bar{F} = \int S(\lambda) \left(\iint_{Dom} F(x, y, \lambda) dx dy \right) d\lambda$$

$$Ica \Rightarrow \bar{F} = \int S(\lambda) \left(\int P(s) F(s, \lambda) ds \right) d\lambda$$

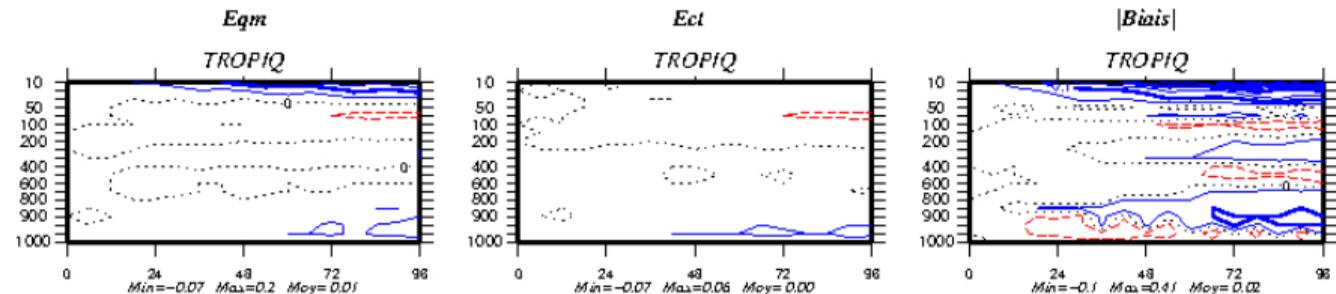
$$Mlca \Rightarrow \bar{F} = \int S(\lambda) F(s_{rand(\lambda)}, \lambda) d\lambda$$

Impact de SRTM (plutôt de Mlca !) en fonction de la physique

- Quand on modifie une paramétrisation, l'impact est-il "absolu" ou dépendant du reste de la physique ?
- Scores de température sur février 2020 (ref AC domaine TROPIQ)



Physique opérationnelle

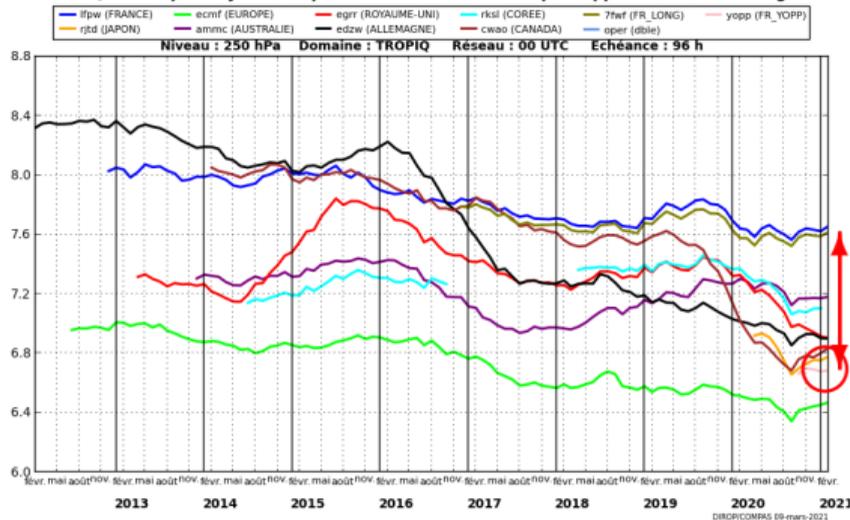


Nouvelle physique

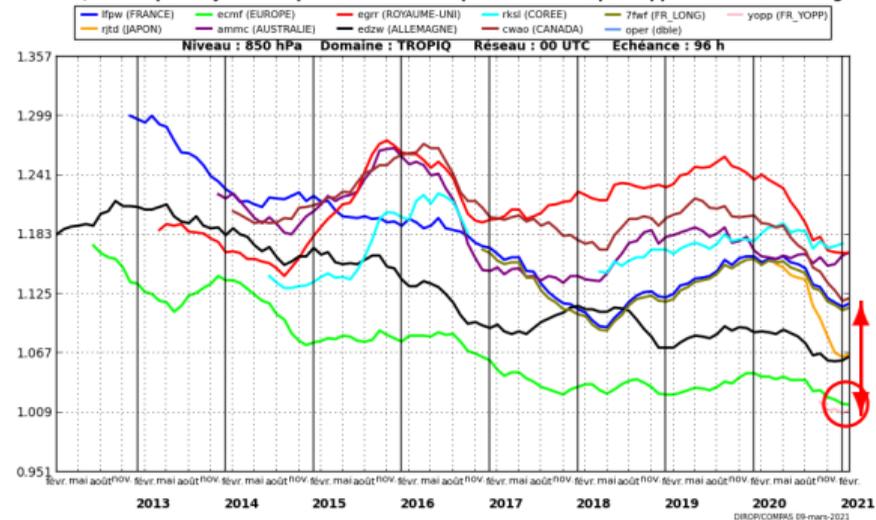
AMA 11 mars 2021

Comparaison aux autres modèles globaux sur deux paramètres tropicaux

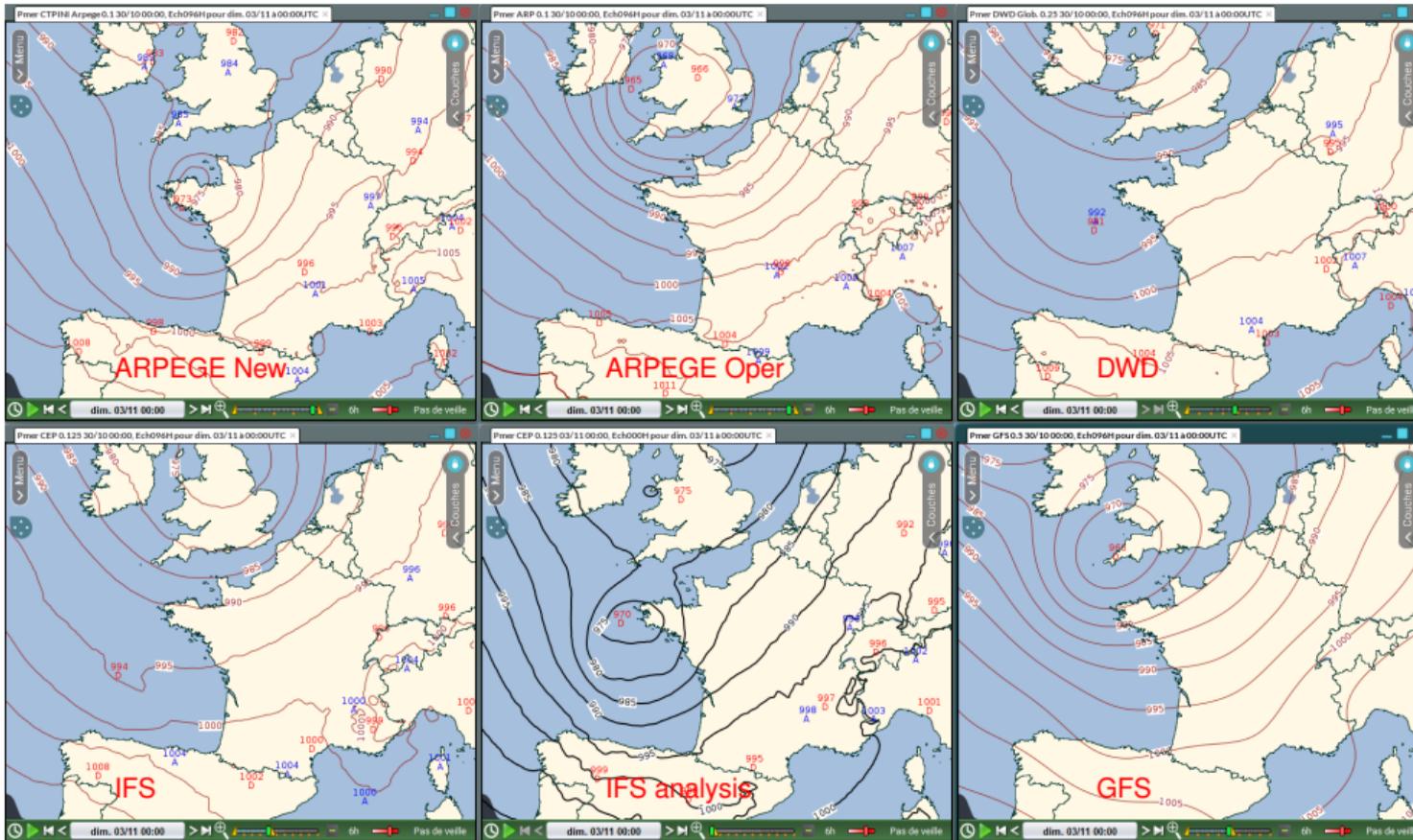
Erreur Quadratique Moyenne de prévision de vent (en m/s) par rapport aux radiosondages



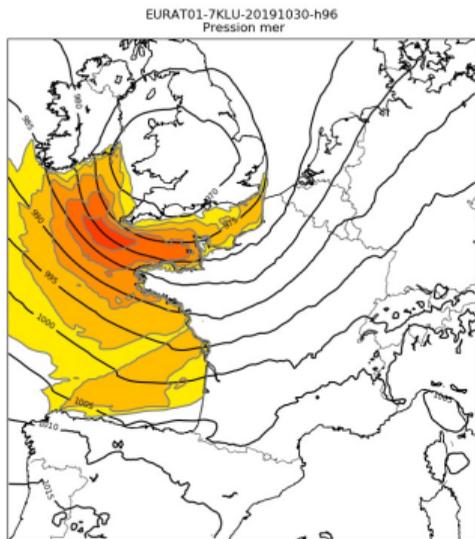
Erreur Quadratique Moyenne de prévision de la température (en K) par rapport aux radiosondages



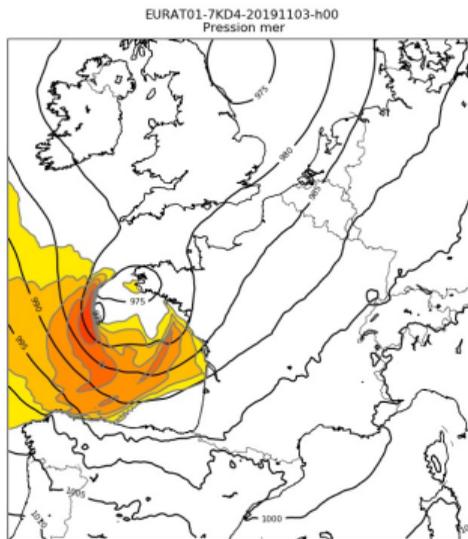
Comportement de divers modèles globaux, tempête Amélie ech 96h (Yann Prigent)



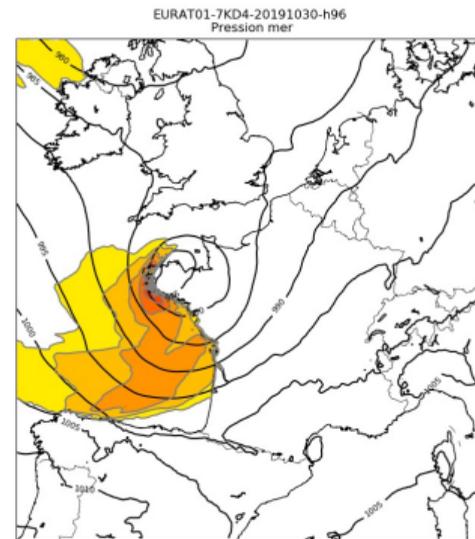
Comparaison de prévisions croisées



Arpege Oper 96h



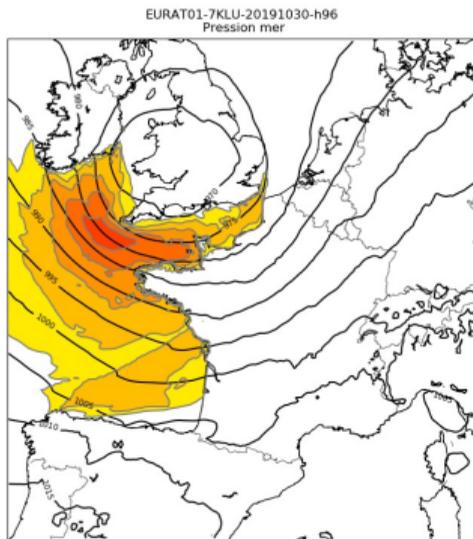
Analyse Arpege



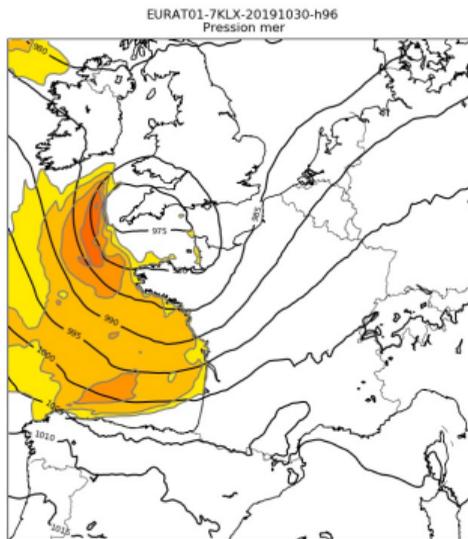
Arpege New 96h

Comparaison de prévisions croisées

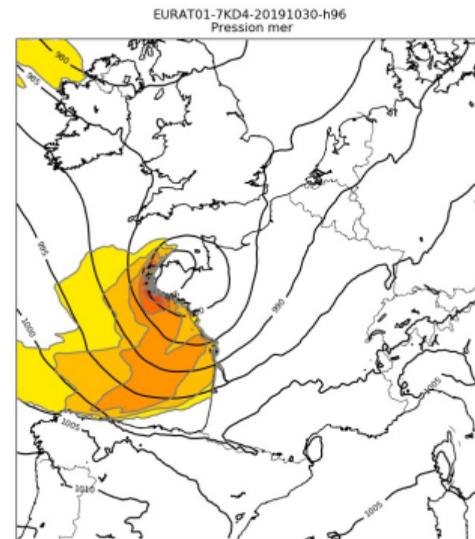
Quelle part de la prévision est due à l'analyse ? Quelle part est due au modèle ?



Arpege Oper 96h



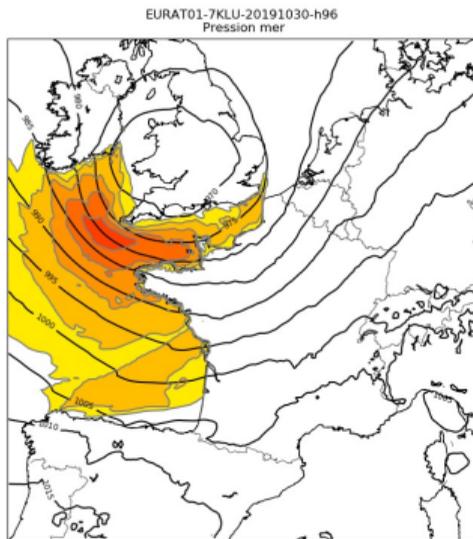
Oper partant de New



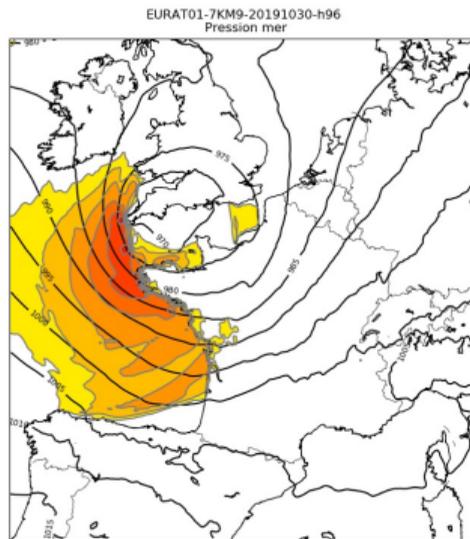
Arpege New 96h

Comparaison de prévisions croisées

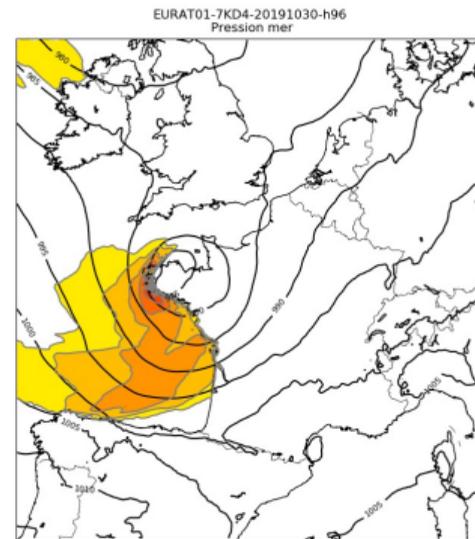
Quelle part de la prévision est due à l'analyse ? Quelle part est due au modèle ?



Arpege Oper 96h



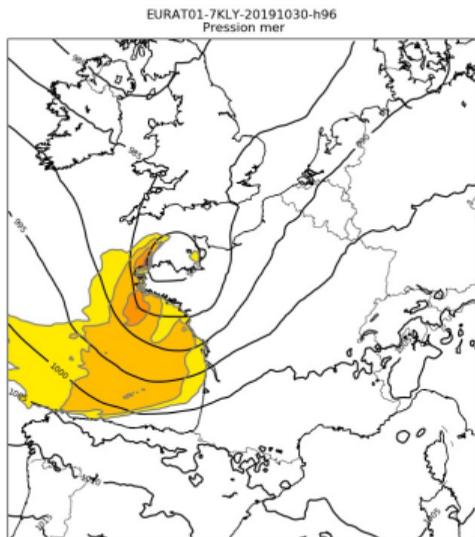
New partant de Oper



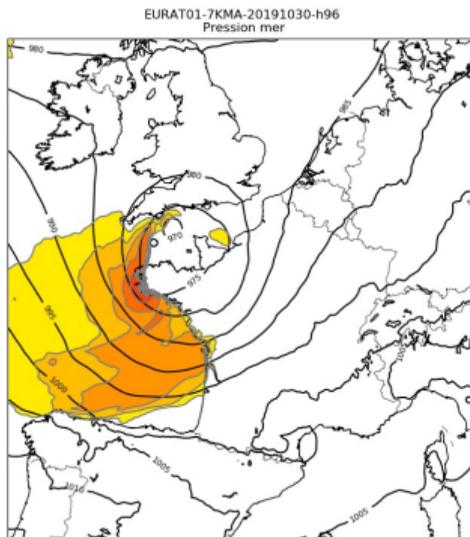
Arpege New 96h

Convergence du 4DVAR

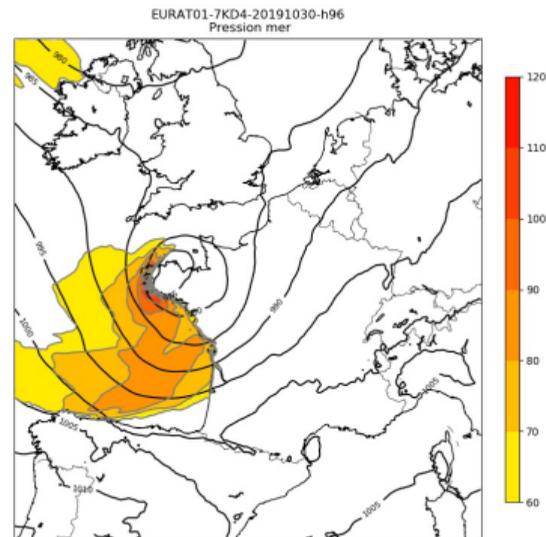
En partant de l'oper, combien faut-il de réseaux d'assimilation avec la nouvelle physique pour obtenir la prévision du nouveau système ?
Quelle est la mémoire du système ? Indication nécessaire pour réaliser des études de cas quand on modifie la physique.



24h (4 réseaux) de 4DVAR



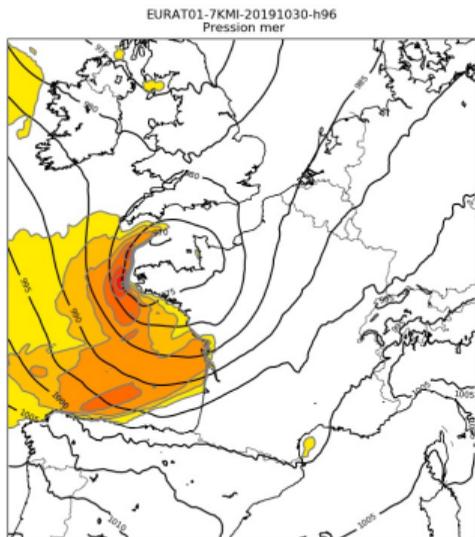
48h (8 réseaux) de 4DVAR



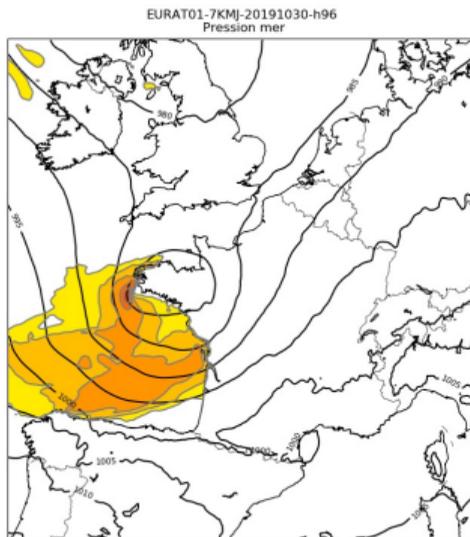
Arpege New 96h

Convergence du 4DVAR

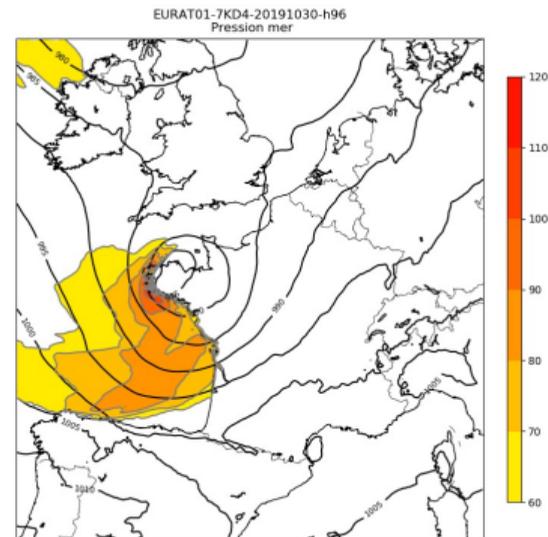
En partant de l'oper, combien faut-il de réseaux d'assimilation avec la nouvelle physique pour obtenir la prévision du nouveau système ?
Quelle est la mémoire du système ? Indication nécessaire pour réaliser des études de cas quand on modifie la physique.



72h (12 réseaux) de 4DVAR



96h (16 réseaux) de 4DVAR



Arpege New 96h

Résultat cohérent avec Berre (2019)

- Le résultat précédent a été obtenu de manière empirique
- On se rend cependant compte qu'il est cohérent avec Berre (2019)
- En effet, l'évolution au cours du temps de la contribution à la variance d'erreur d'analyse de la variance d'erreur d'une ébauche donnée est représentée sur la figure 2 de Berre (2019) qui est reproduite ci-contre
- La droite tireté rouge est positionnée au 16ième cycle qui correspond à 4 jours d'assimilation dans notre système à fenêtre de 6 heures

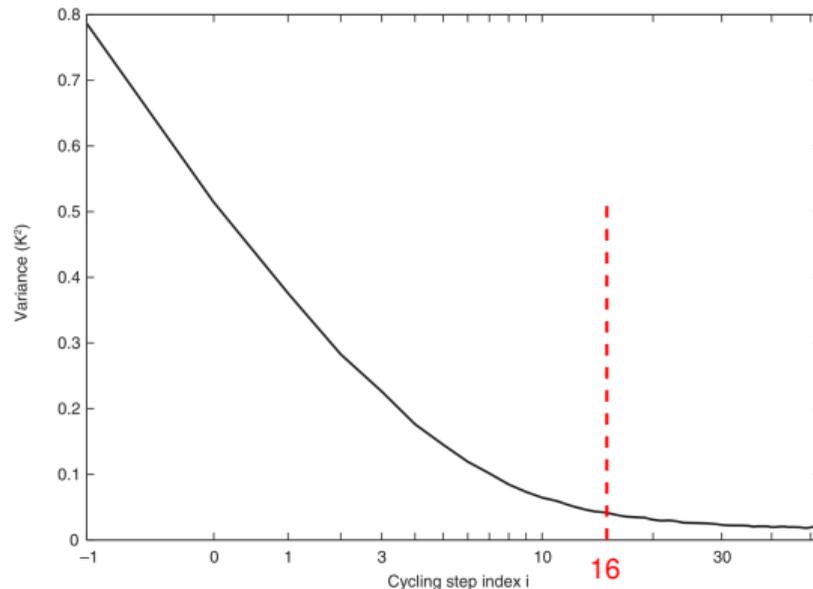
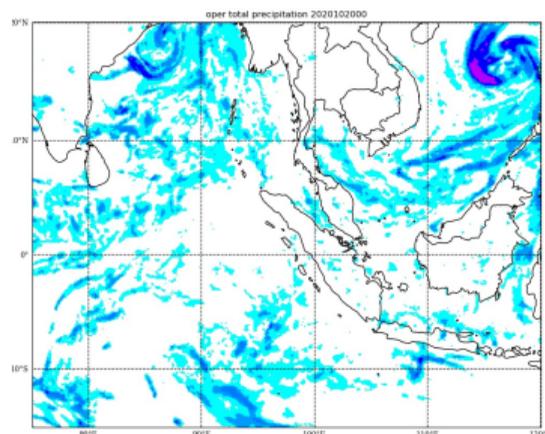


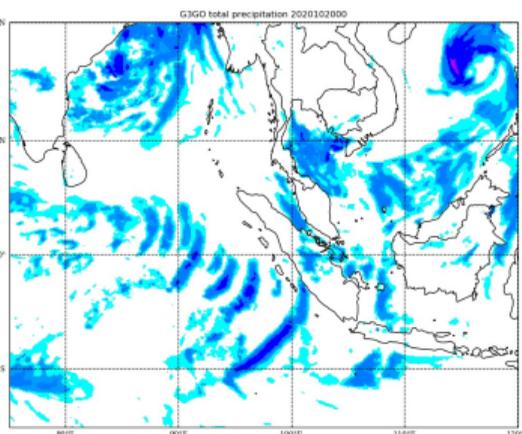
Figure 2 de Berre (2019) : Évolution de la contribution à la variance d'erreur d'analyse de la variance d'erreur d'une ancienne ébauche, en fonction des cycles d'assimilation

Illustration sur des pluies tropicales

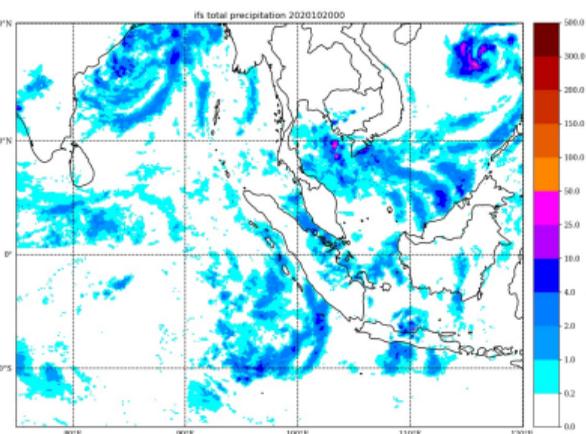
- Des animations nous ont montré parfois une organisation en bandes (irréalistes ?) dans les tropiques
- Ce syndrome semble légèrement présent dans IFS, mais pas dans Arpege oper
- Ci-dessous des cumuls de pluie sur 1 heure entre les échéances 47h et 48h



Arpege oper (+48h)



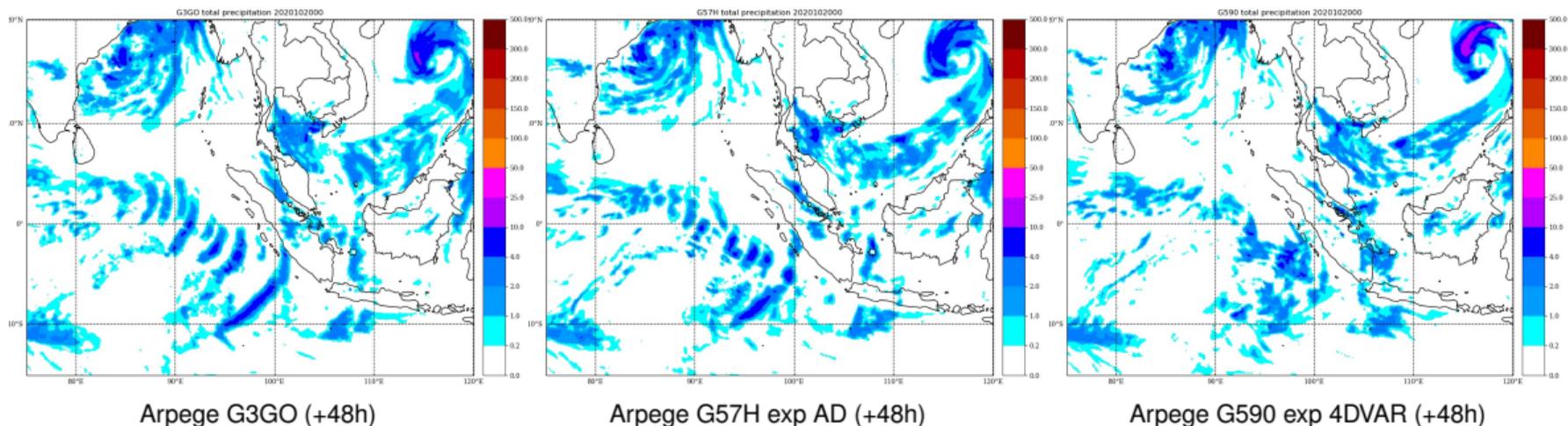
Arpege G3GO (+48h)



IFS (+48h)

Illustration sur des pluies tropicales

- Des réglages de la convection profonde permettent d'atténuer le syndrome en Adaptation Dynamique (AD)
- Ces mêmes réglages le font totalement disparaître en 4DVAR avec une profondeur de 4 jours
- Une nouvelle fois on se rend compte de l'importance des contributions de la physique dans le processus d'assimilation de données



Conclusion et perspectives

- Une nouvelle physique utilisant le schéma de convection profonde d'IFS, une nouvelle version du schéma de surface Ecume et le solveur Mclca pour le rayonnement a été mise au point pour le modèle global Arpege
- Cette nouvelle physique améliore de manière significative ce modèle
- Les travaux autour du développement de cette version de la physique Arpege ont montré une forte dépendance entre les paramétrisations
- Par ailleurs, de nouvelles expériences ont confirmé la très forte interaction entre les paramétrisations physiques (en particulier la convection profonde) et l'assimilation de données 4DVAR
- Ces résultats empiriques sont cohérents avec les travaux plus théoriques de Berre (2019)
- Ce vaste sujet va être plus complètement développé dans la présentation suivante de Antoine Hubans