

# Multi-ensemble : l'exemple de NAEFS

*Guillem Candille, 18 mai 2007*

# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC
- 3 Apport du multi-ensemble
- 4 Rôle de la taille des ensembles N
- 5 Rôle du système du CMC
- 6 Conclusions

# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC
- 3 Apport du multi-ensemble
- 4 Rôle de la taille des ensembles N
- 5 Rôle du système du CMC
- 6 Conclusions

# North American Ensemble Forecast System

- Mise en commun des systèmes de prévision d'ensemble (EPS) du NCEP et du CMC.
- Fournir des prévisions probabilistes pour l'Amérique du nord (Canada-É.U.-Mexique).
- Améliorer la prévisibilité de la semaine 2.

# North American Ensemble Forecast System

- Mise en commun des systèmes de prévision d'ensemble (EPS) du NCEP et du CMC.
- Fournir des prévisions probabilistes pour l'Amérique du nord (Canada-É.U.-Mexique).
- Améliorer la prévisibilité de la semaine 2.

# North American Ensemble Forecast System

- Mise en commun des systèmes de prévision d'ensemble (EPS) du NCEP et du CMC.
- Fournir des prévisions probabilistes pour l'Amérique du nord (Canada-É.U.-Mexique).
- Améliorer la prévisibilité de la semaine 2.

# Systèmes NCEP et CMC

NCEP (octobre 2006<sup>a</sup>) :

- 1 seul modèle T126 (0-3.5) et T62 (3.5-16).
- N=14 membres avec perturbations dynamiques des conditions initiales par la méthode des *breeding modes*.

CMC opérationnel :

- 2 modèles : SEF (T149) et GEM (1.2°) avec différentes paramétrisations physiques.
- Conditions initiales générées par EnKF, N=16.

CMC parallèle (cf. présentation M. Charron, 11 mai 2007) :

- 1 modèle GEM (1.0°) avec différentes paramétrisations physiques, N=20.

---

<sup>a</sup>Implémentation d'un nouveau système depuis 27 mars 2007, N=20.

# Continuous Ranked Probability Score (CRPS)

Le CRPS mesure la qualité globale d'un EPS :

$$CRPS = E \left[ \int_{\Omega} (F_p(\xi) - H(\xi - x_o))^2 d\xi \right] \quad (1)$$

$F_p$  est la distribution cumulative de probabilités associée à l'ensemble prévu et  $H$  est la distribution de *Heaviside* associée à la vérification. Le CRPS se décompose<sup>a</sup> en 2 composantes permettant de mesurer la **fiabilité** et la **résolution** (cf. présentation G. Candille, 27 janvier 2006) :

$$CRPS = Reli + CRPS_{pot} \quad (2)$$

---

<sup>a</sup>Hersbach 2000 : *Decomposition of the continuous ranked probability score for ensemble prediction systems, in Weather and Forecasting (15), pp 559–570.*

## Reduced Centered Random Variable (RCRV)

La RCRV caractérise la fiabilité en terme de biais ( $b$ ) et dispersion ( $d$ ).

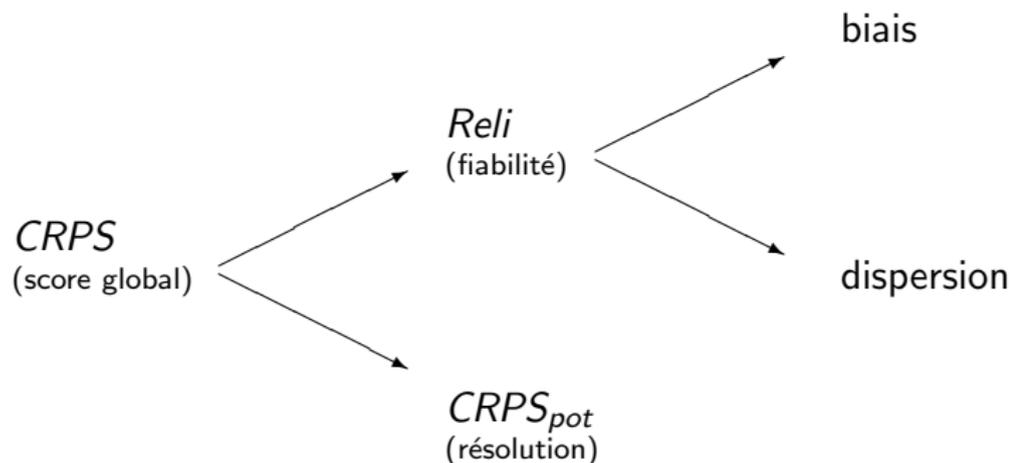
À chaque réalisation du système, on considère la moyenne  $m$  et la dispersion  $\sigma$  de l'ensemble, ainsi que l'observation  $o$  et l'erreur d'observation  $\sigma_o$ . La RCRV se définit alors :

$$y = \frac{o - m}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_o^2}} \quad (3)$$

On vérifie ainsi si l'observation peut être considérée comme une réalisation indépendante de la loi de probabilité définie par l'ensemble.

→ la moyenne de  $y$  ( $b$ ) mesure le biais pondéré de l'ensemble et la variance de  $y$  ( $d^2$ ) mesure la dispersion comparée des ensembles et des observations.

# Récapitulatif des scores probabilistes

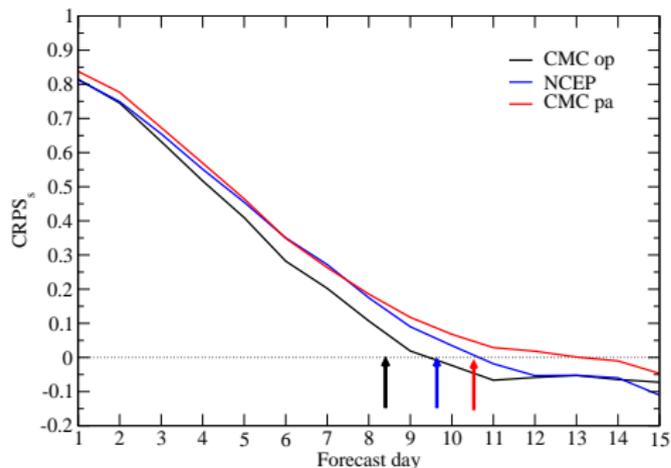


Des intervalles de confiance à 5%-95% sont associés à chaque score et chaque comparaison (cf. présentation G. Candille, 27 janvier 2006).

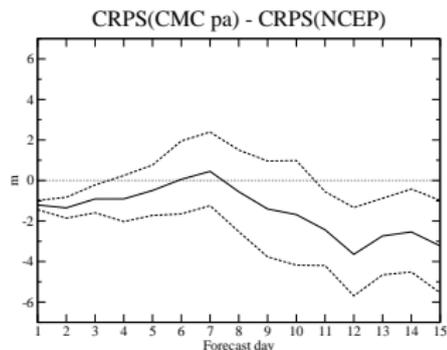
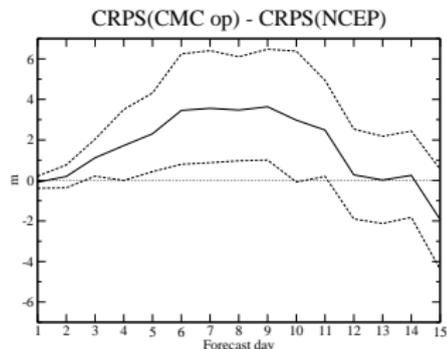
# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC**
- 3 Apport du multi-ensemble
- 4 Rôle de la taille des ensembles N
- 5 Rôle du système du CMC
- 6 Conclusions

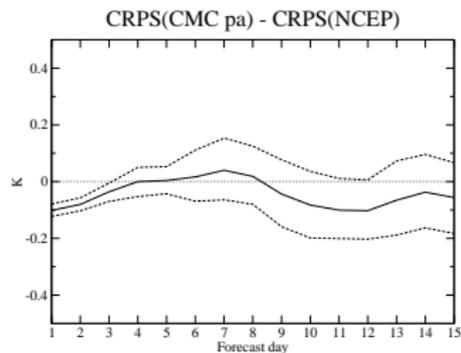
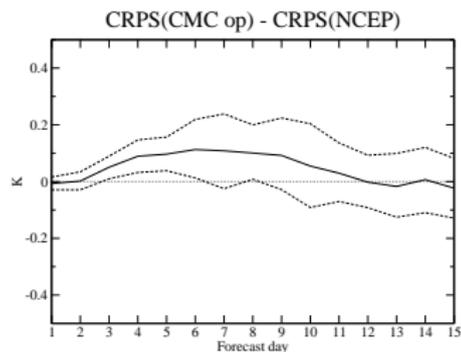
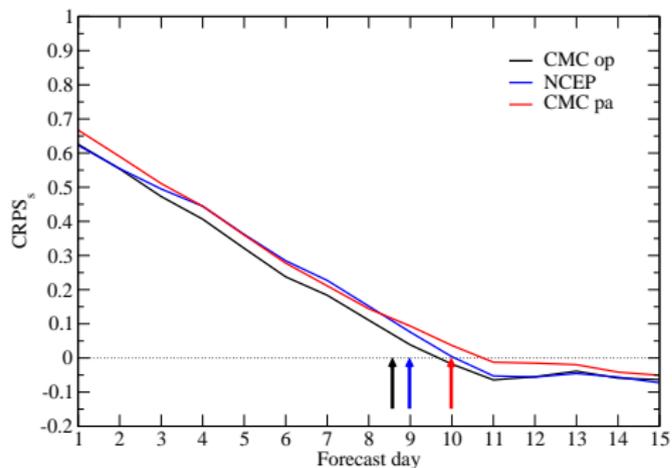
# Hauteur de géopotentiel à 500mb (GZ500)



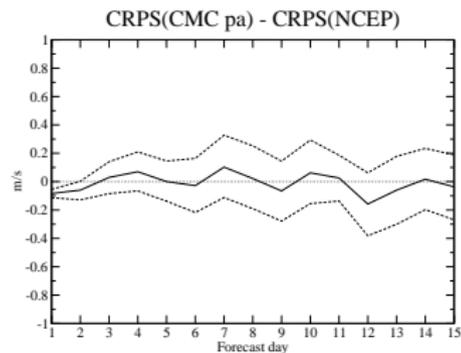
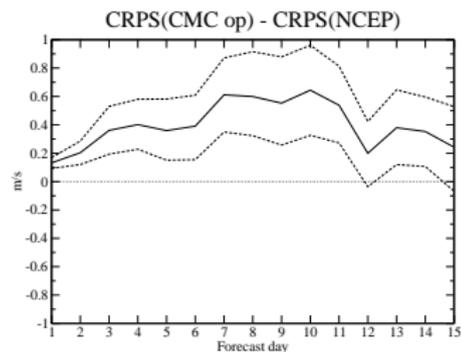
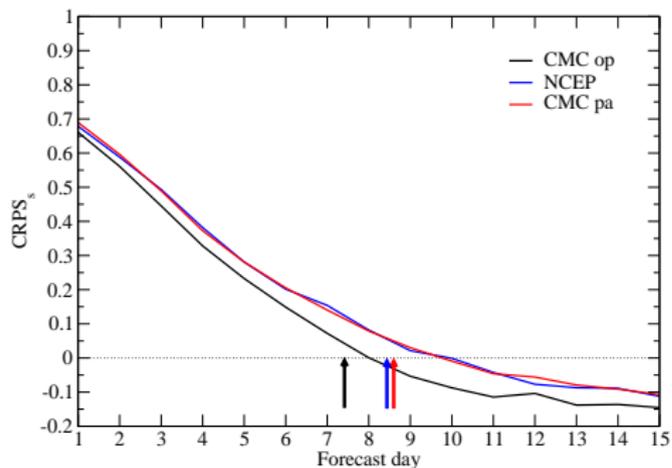
- Validation globale contre radio-sondages.
- Période de validation : octobre 2006.
- CRPS skill  
→ référence : incertitude des anomalies quotidiennes à chaque sondage.



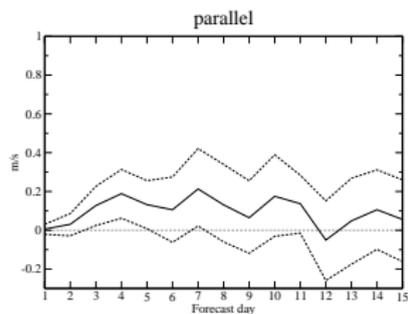
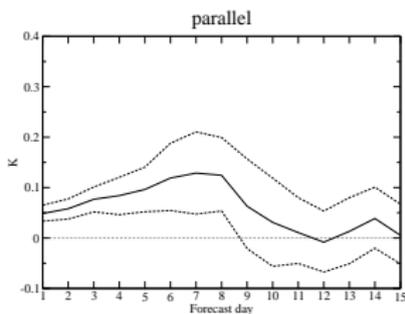
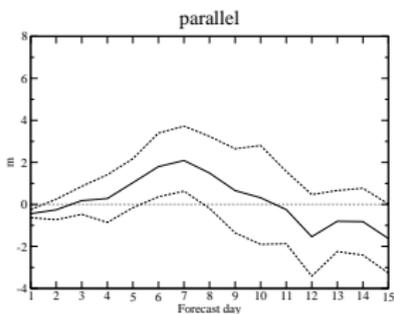
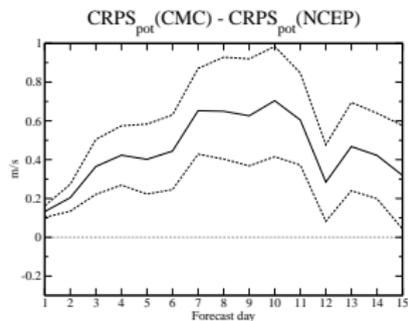
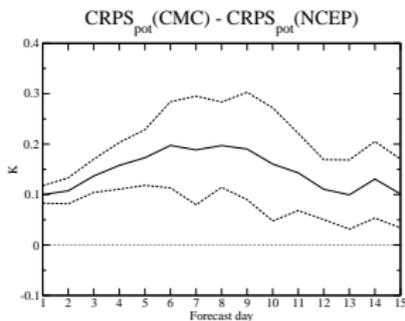
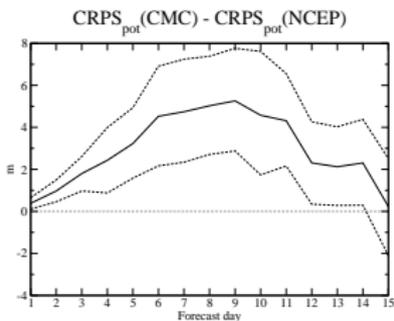
# Température à 850mb (TT850)



# Vent zonal à 250mb (UU250)



# Résolution



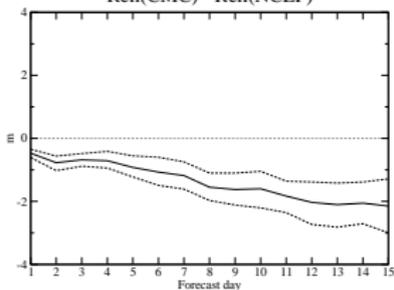
GZ500

TT850

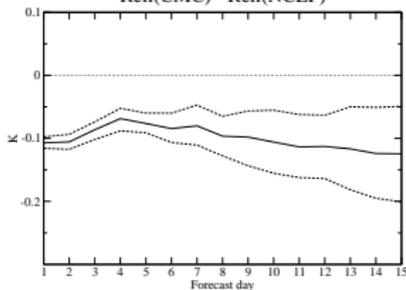
UU250

# Fiabilité

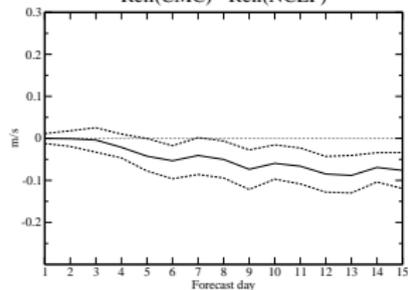
Reli(CMC) - Reli(NCEP)



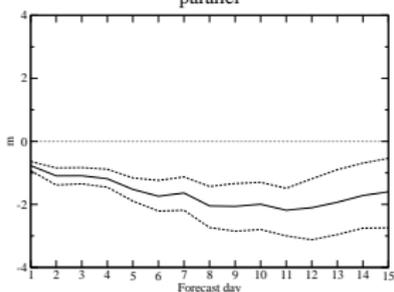
Reli(CMC) - Reli(NCEP)



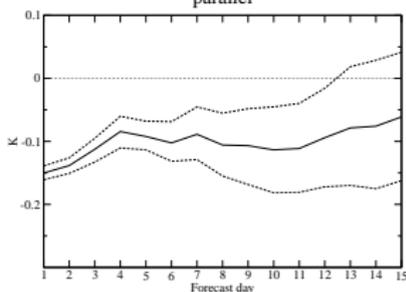
Reli(CMC) - Reli(NCEP)



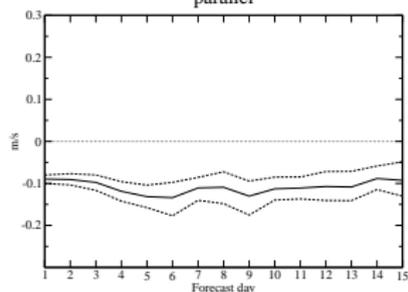
parallel



parallel



parallel



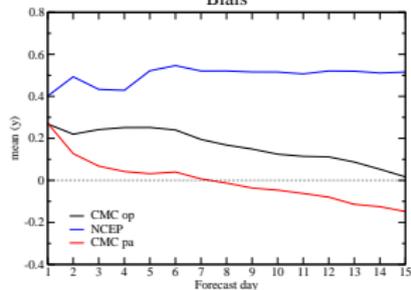
GZ500

TT850

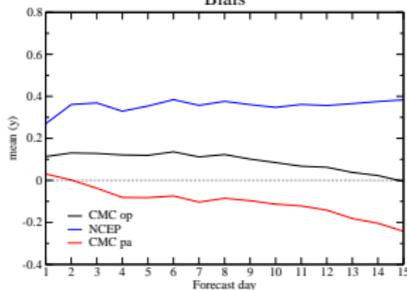
UU250

# Biais et dispersion

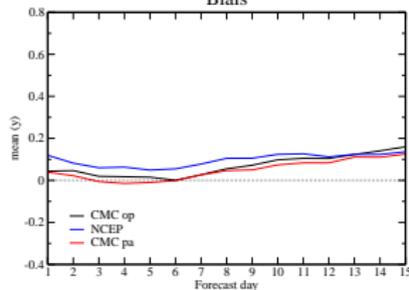
Biais



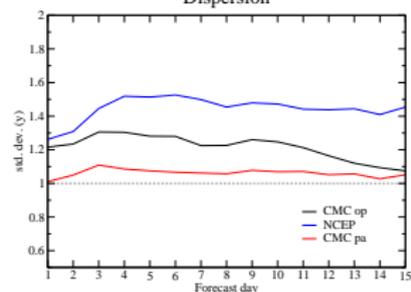
Biais



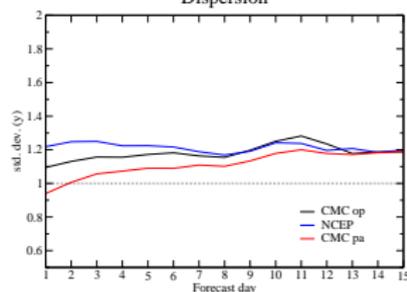
Biais



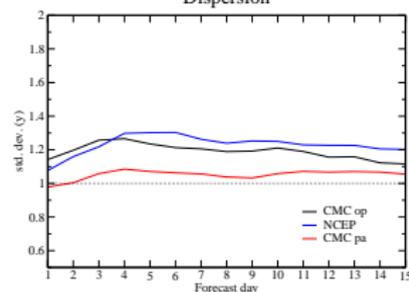
Dispersion



Dispersion



Dispersion



GZ500

TT850

UU250

## Et le vainqueur est ...

- Le système NCEP est globalement de meilleure qualité que le système CMC opérationnel, en dépit d'une moins bonne fiabilité (biais et dispersion), mais grâce à une meilleure résolution.
- Le système CMC parallèle tend à réduire cet écart de performance en terme de résolution, tout en conservant une meilleure fiabilité. Le score global devient généralement équivalent, et meilleur à courtes échéances.

Ce que l'on attend de NAEFS = NCEP + CMC ?

- EPS avec la résolution de NCEP et la fiabilité de CMC.
- Une prévisibilité accrue à plus longue échéance.

## Et le vainqueur est ...

- Le système NCEP est globalement de meilleure qualité que le système CMC opérationnel, en dépit d'une moins bonne fiabilité (biais et dispersion), mais grâce à une meilleure résolution.
- Le système CMC parallèle tend à réduire cet écart de performance en terme de résolution, tout en conservant une meilleure fiabilité. Le score global devient généralement équivalent, et meilleur à courtes échéances.

Ce que l'on attend de NAEFS = NCEP + CMC ?

- EPS avec la résolution de NCEP et la fiabilité de CMC.
- Une prévisibilité accrue à plus longue échéance.

# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC
- 3 Apport du multi-ensemble**
- 4 Rôle de la taille des ensembles N
- 5 Rôle du système du CMC
- 6 Conclusions

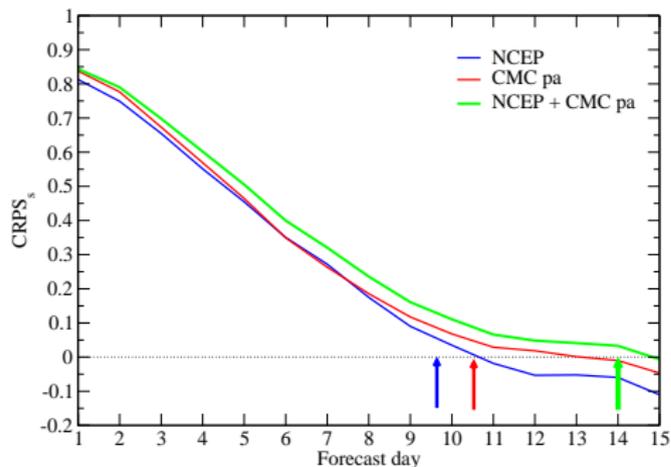
# Définition des systèmes NAEFS

Pour tenir compte de l'impact de la taille des ensembles N et du rôle du changement de système au CMC, 4 EPS NAEFS sont définis :

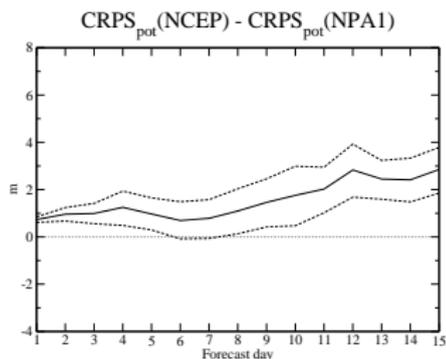
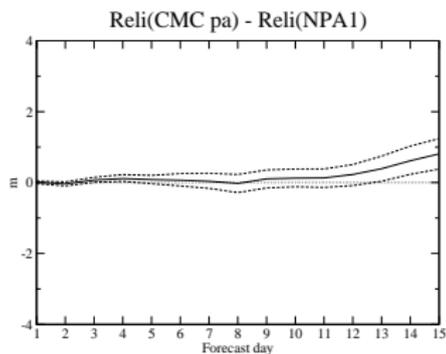
- NOP1 = NCEP + CMC opérationnel
- NPA1 = NCEP + CMC parallèle
- NOP2 =  $\frac{1}{2}$  NCEP +  $\frac{1}{2}$  CMC opérationnel
- NPA2 =  $\frac{1}{2}$  NCEP +  $\frac{1}{2}$  CMC parallèle

EPS :	NOP1	NOP2	NPA1	NPA2
N =	30	15	34	17

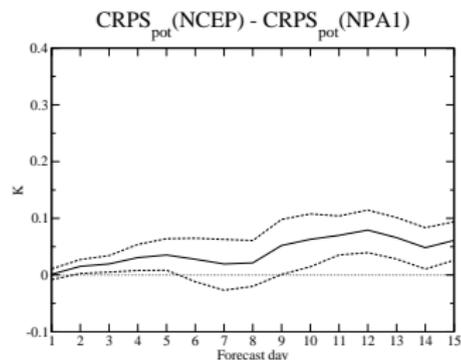
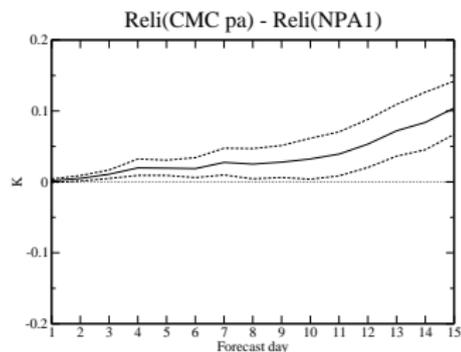
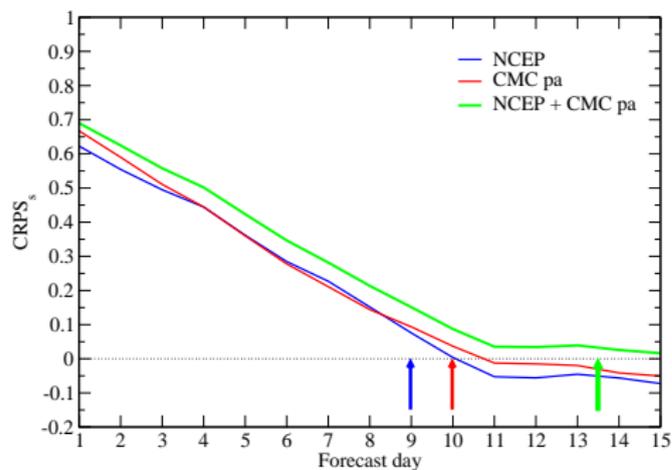
# Résultats NPA1 : GZ500



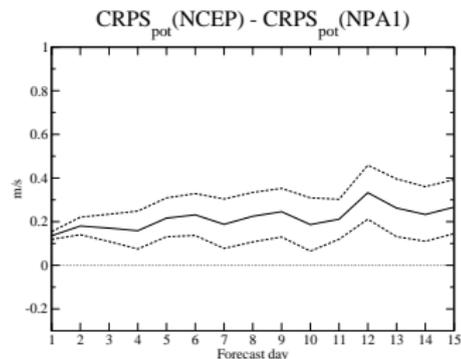
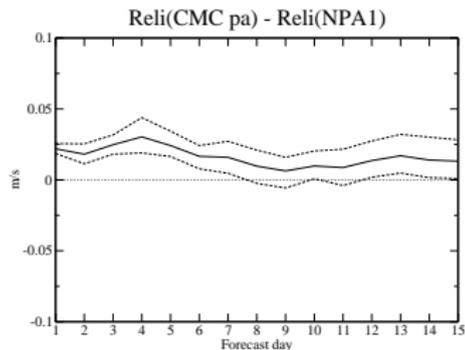
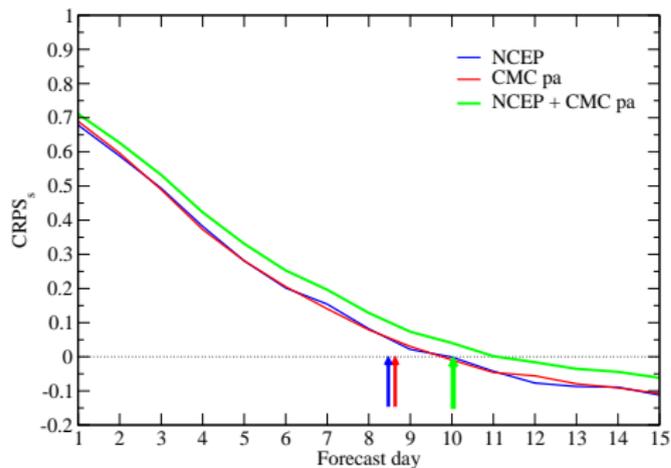
- CRPS skill : amélioration significative (non montrée).
- Comparaisons de la fiabilité et de la résolution par rapport au meilleur des 2 EPSs.



# Résultats NPA1 : TT850



# Résultats NPA1 : UU250



# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC
- 3 Apport du multi-ensemble
- 4 Rôle de la taille des ensembles N**
- 5 Rôle du système du CMC
- 6 Conclusions

# Impact théorique de N sur le CRPS

Soit un EPS produisant  $F_p$  à la fréquence  $dg(F_p)$ , l'impact de la finitude de N sur le CRPS s'écrit :

$$CRPS_N = CRPS_\infty + \underbrace{\frac{1}{N} \int_{F_p} \int_{\Omega} F_p(\xi)(1 - F_p(\xi)) d\xi dg(F_p)}_{\mathcal{F}(\bar{\sigma})} \quad (4)$$

- $\bar{\sigma}$  est la moyenne des dispersions des ensembles prévus.
- $\mathcal{F}$  est une fonction croissante.
- Note : dans la pratique,  $\mathcal{F}(\bar{\sigma})$  ne peut être calculé.

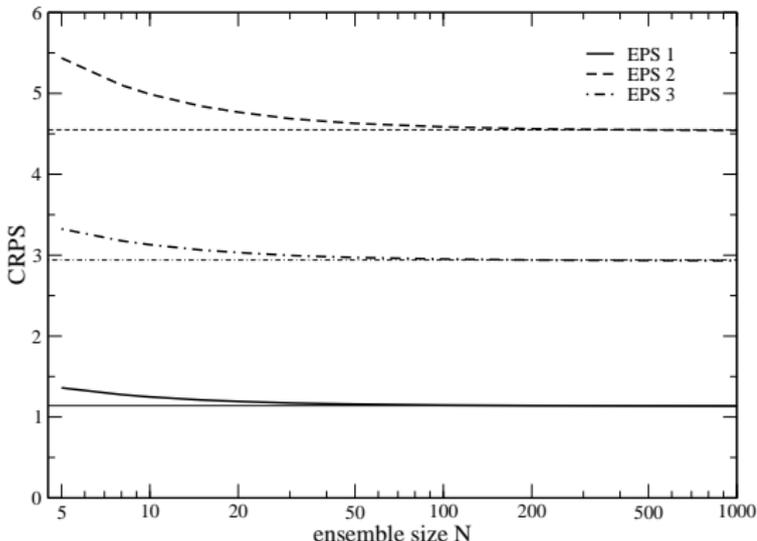
# Saturation du CRPS avec N

Simulations :  $M=100000$  ;  $S$ , dispersion climatologique ;  $\bar{\sigma}$ , moyenne des dispersions d'ensemble ;  $b$  et  $d$ , diagnostics de la RCRV

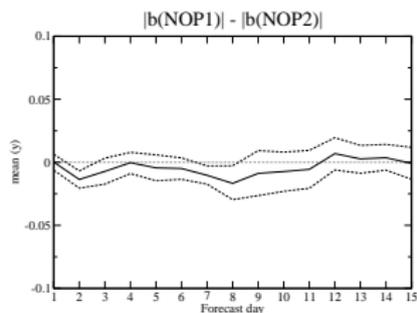
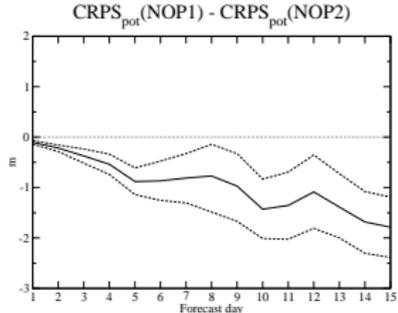
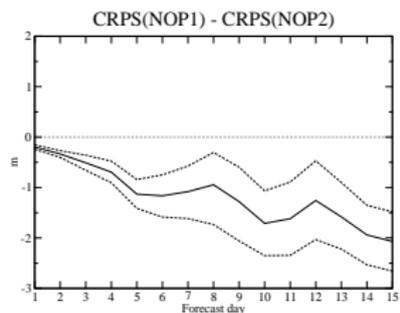
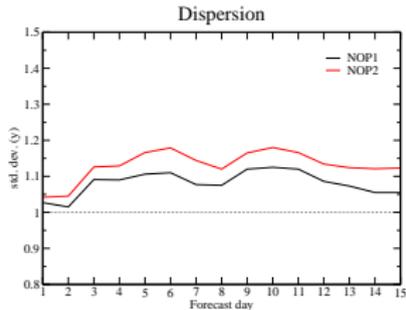
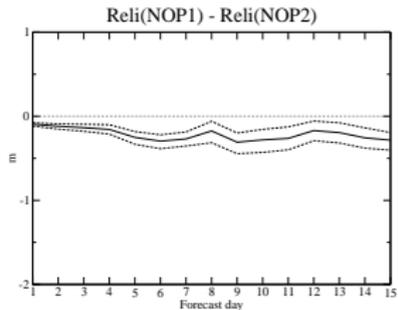
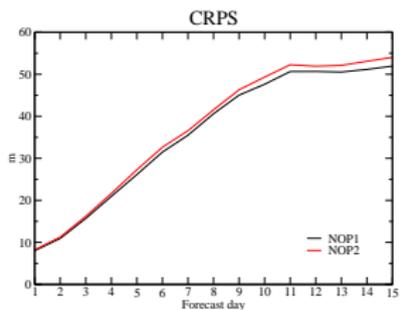
EPS fiable  $\rightarrow b = 0$  et  $d = 1$ .

- EPS1 : fiable et  $\bar{\sigma} = 20\% S$
- EPS2 : fiable et  $\bar{\sigma} = 80\% S$
- EPS3 :  $b = 10\% S$   
 $d = 70\% \bar{\sigma} = 50\% S$

Augmenter N de 15 à 30 donne un gain  $\approx 3\%$ .

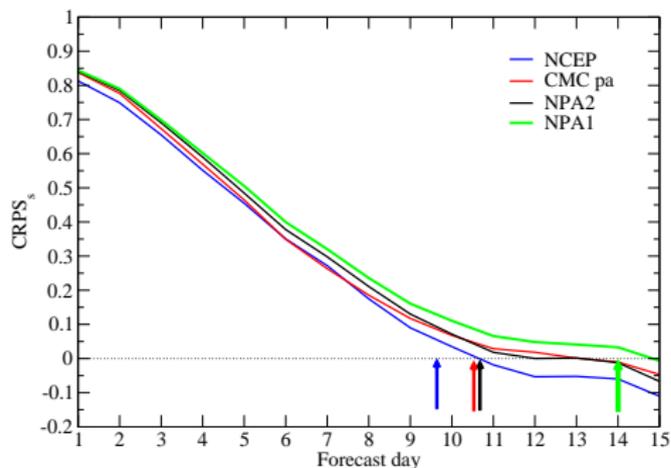


# Impact observé de N : NOP1 vs. NOP2 (GZ500)

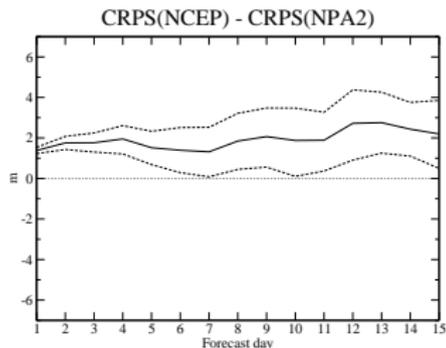
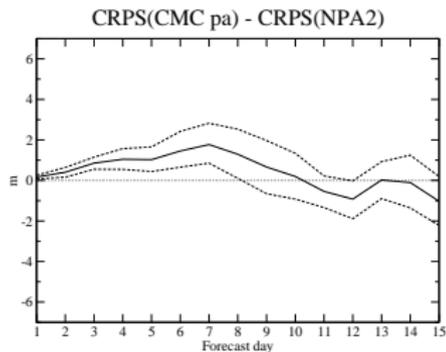


$N_{\text{NOP1}} = 30$  et  $N_{\text{NOP2}} = 15$ .

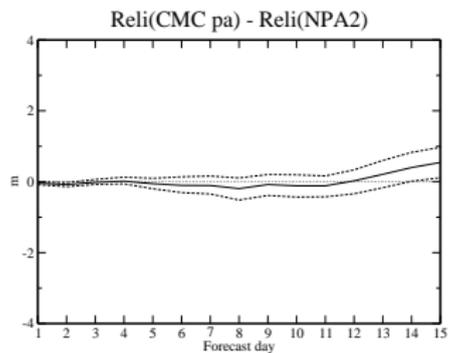
# Résultats NPA2 : GZ500



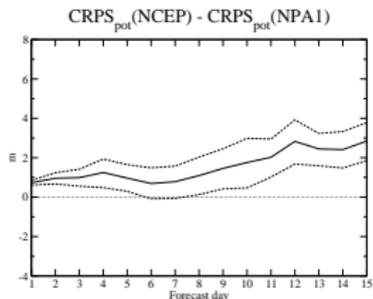
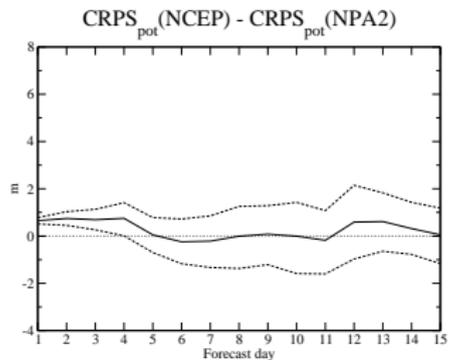
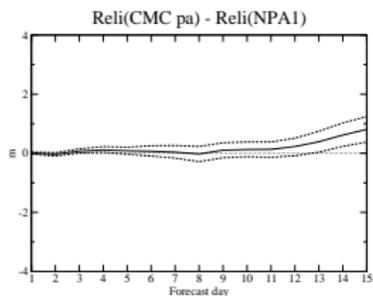
- NPA2 vs. CMC pa : amélioration significative pour la 1ère semaine.
- NPA2 vs. NCEP : amélioration significative.



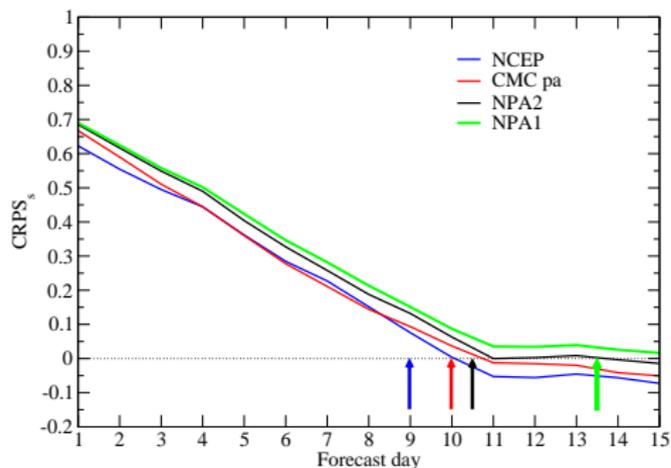
# Résultats NPA2 : GZ500, fiabilité et résolution



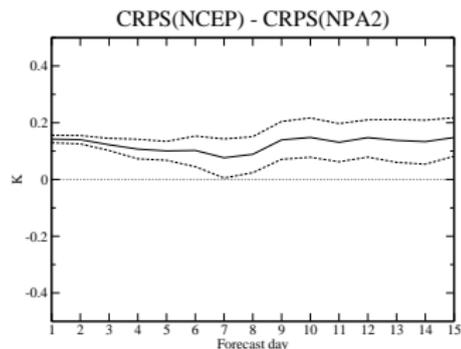
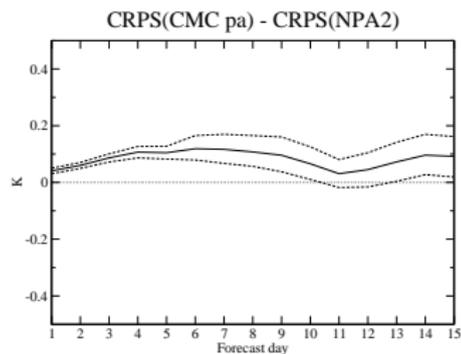
N=34



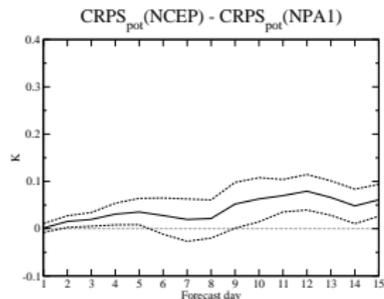
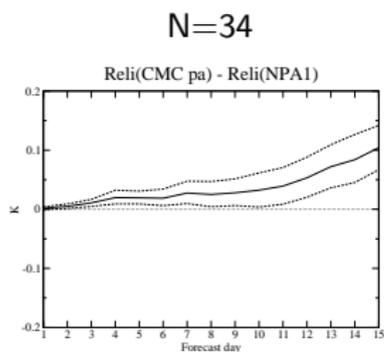
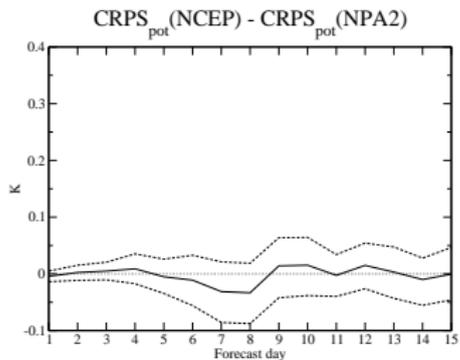
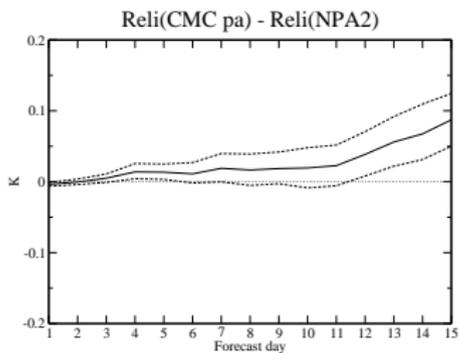
# Résultats NPA2 : TT850



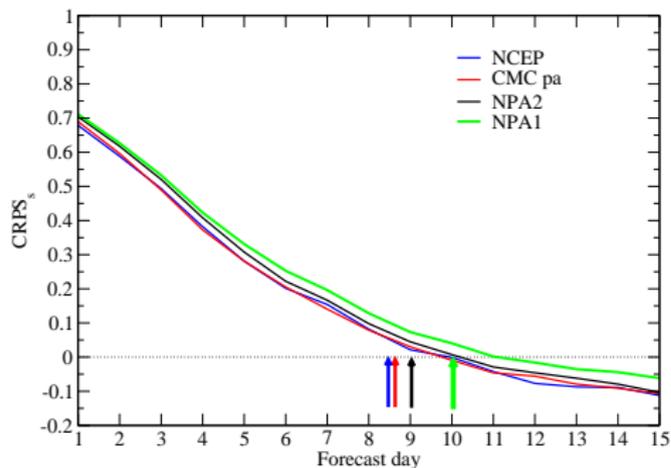
- NPA2 vs. CMC pa : amélioration significative jusqu'au jour 10.
- NPA2 vs. NCEP : amélioration significative.



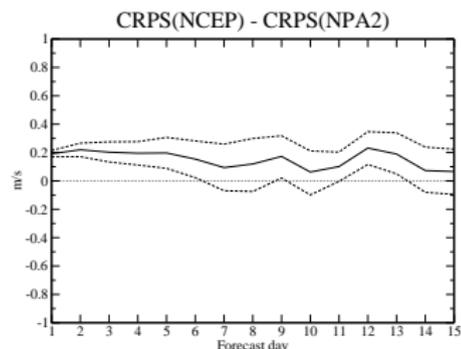
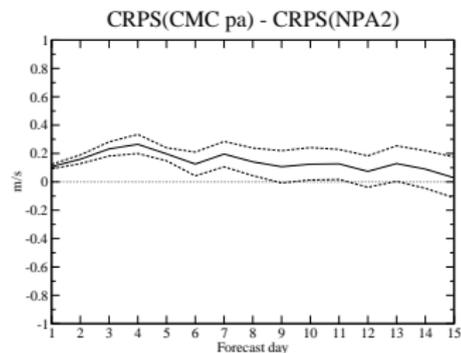
# Résultats NPA2 : TT850, fiabilité et résolution



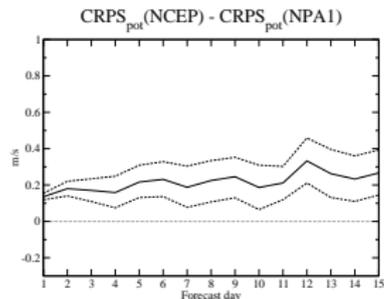
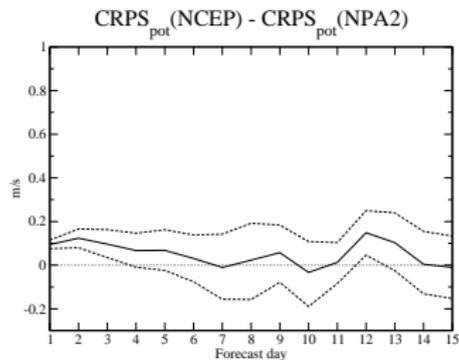
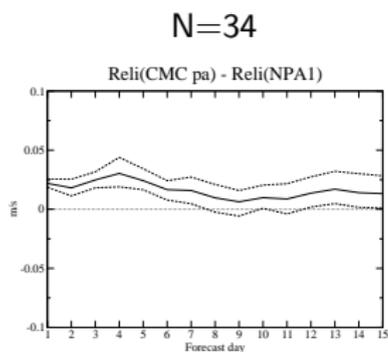
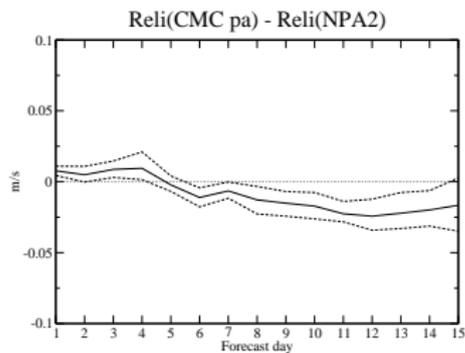
# Résultats NPA2 : UU250



- NPA2 vs. CMC pa : amélioration significative jusqu'au jour 8.
- NPA2 vs. NCEP : amélioration significative jusqu'au jour 6.



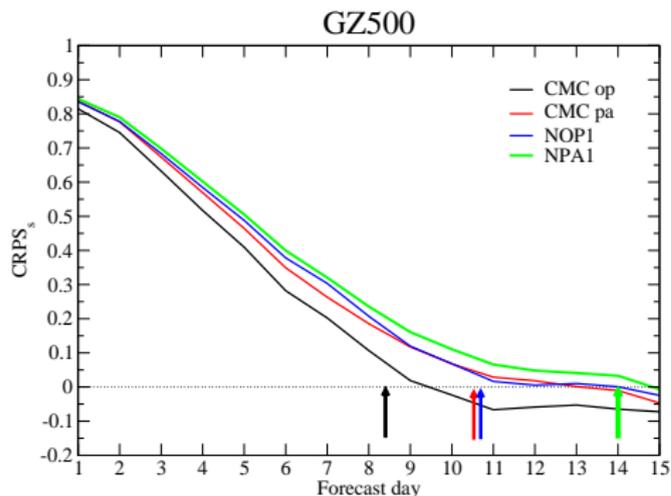
# Résultats NPA2 : UU250, fiabilité et résolution



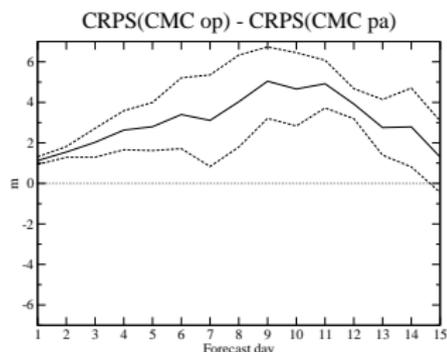
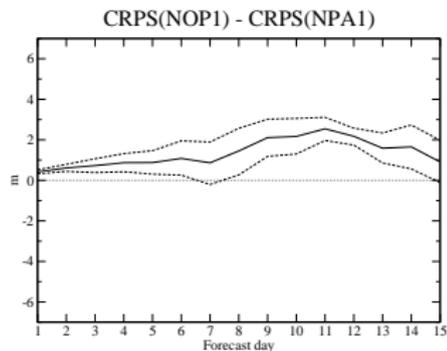
# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC
- 3 Apport du multi-ensemble
- 4 Rôle de la taille des ensembles N
- 5 Rôle du système du CMC**
- 6 Conclusions

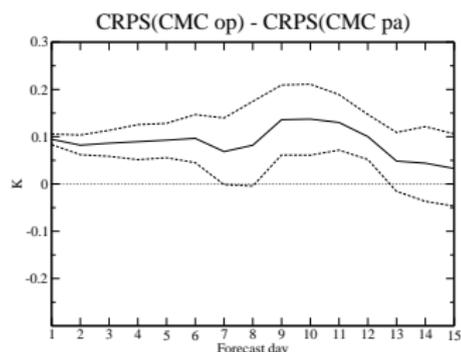
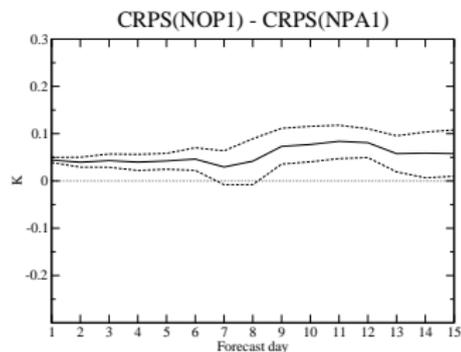
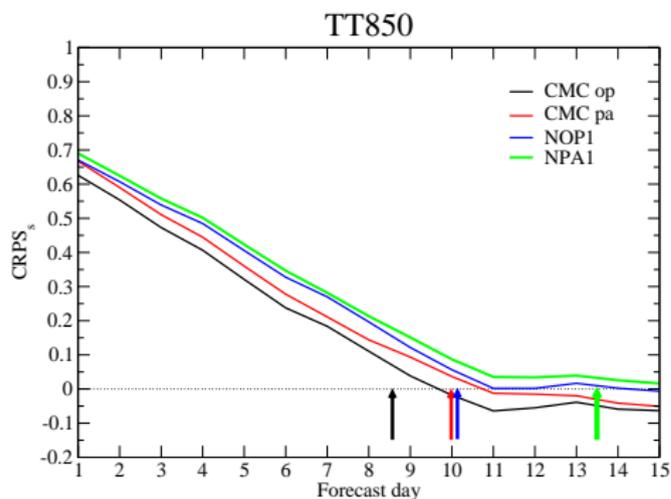
# Introduction du système CMC parallèle dans NAEFS (1)



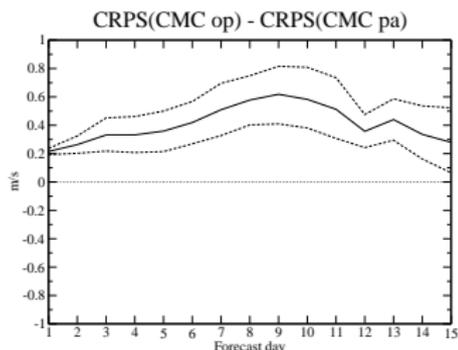
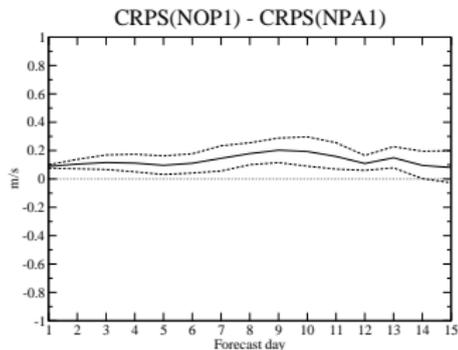
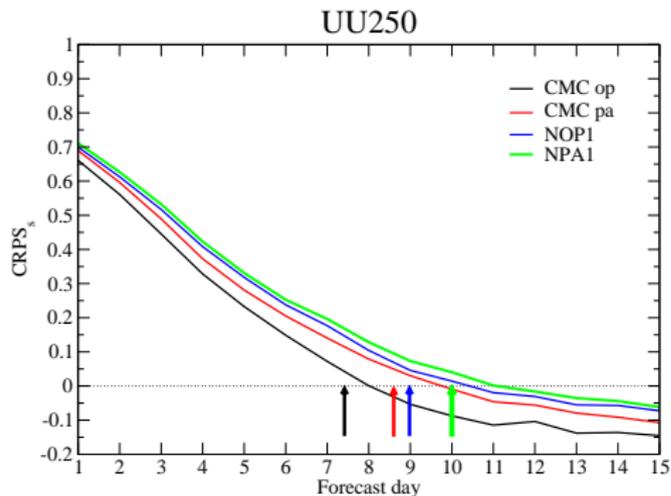
- Le gain  $\text{CMC(pa)}/\text{CMC(op)}$  se répercute dans le multi-ensemble NAEFS et il est relatif à la proportion du système CMC dans NAEFS.



# Introduction du système CMC parallèle dans NAEFS (2)



# Introduction du système CMC parallèle dans NAEFS (3)



# Plan

- 1 Systèmes composant NAEFS et scores probabilistes
- 2 Comparaisons des systèmes d'ensemble NCEP et CMC
- 3 Apport du multi-ensemble
- 4 Rôle de la taille des ensembles N
- 5 Rôle du système du CMC
- 6 Conclusions**

# Résumé

- L'approche multi-ensemble NAEFS produit un système de meilleure qualité que chacun de ses systèmes composants.
  - qualité non triviale pour la 2e semaine.
- Cette amélioration n'est pas **seulement** due à l'augmentation de la taille des ensembles.
- La combinaison de différents modèles et de différentes perturbations des conditions initiales permet une amélioration intrinsèque de la qualité du système.
- En améliorant un seul des systèmes composant le multi-ensemble, on améliore le multi-ensemble.

# Résumé

- L'approche multi-ensemble NAEFS produit un système de meilleure qualité que chacun de ses systèmes composants.
  - qualité non triviale pour la 2e semaine.
- Cette amélioration n'est pas **seulement** due à l'augmentation de la taille des ensembles.
- La combinaison de différents modèles et de différentes perturbations des conditions initiales permet une amélioration intrinsèque de la qualité du système.
- En améliorant un seul des systèmes composant le multi-ensemble, on améliore le multi-ensemble.

# Résumé

- L'approche multi-ensemble NAEFS produit un système de meilleure qualité que chacun de ses systèmes composants.
  - qualité non triviale pour la 2e semaine.
- Cette amélioration n'est pas **seulement** due à l'augmentation de la taille des ensembles.
- La combinaison de différents modèles et de différentes perturbations des conditions initiales permet une amélioration intrinsèque de la qualité du système.
- En améliorant un seul des systèmes composant le multi-ensemble, on améliore le multi-ensemble.

## La suite ...

- Confirmer l'impact positif de l'intégration du nouveau système du NCEP (N=40).
- L'approche multi-ensemble semble être le devenir de la prévision d'ensemble (NAEFS, TIGGE ...).
- Cependant, il faut rester prudent face à la tentation de combiner toujours plus d'EPS et d'ainsi accroître la taille des ensembles :
  - à cause de certaines limites statistiques de la validation, on serait incapable de détecter une quelconque amélioration ou dégradation du système.

## La suite ...

- Confirmer l'impact positif de l'intégration du nouveau système du NCEP (N=40).
- L'approche multi-ensemble semble être le devenir de la prévision d'ensemble (NAEFS, TIGGE ...).
- Cependant, il faut rester prudent face à la tentation de combiner toujours plus d'EPS et d'ainsi accroître la taille des ensembles :
  - à cause de certaines limites statistiques de la validation, on serait incapable de détecter une quelconque amélioration ou dégradation du système.

## La suite ...

- Confirmer l'impact positif de l'intégration du nouveau système du NCEP (N=40).
- L'approche multi-ensemble semble être le devenir de la prévision d'ensemble (NAEFS, TIGGE ...).
- Cependant, il faut rester prudent face à la tentation de combiner toujours plus d'EPS et d'ainsi accroître la taille des ensembles :
  - à cause de certaines limites statistiques de la validation, on serait incapable de détecter une quelconque amélioration ou dégradation du système.