



Approche ensembliste de la prévision météorologique

L.Descamps

C.Labadie, A. Joly

CNRM/GMAP/RECYF

Plan

- Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique
 - Limites de la prévision déterministe
- L'approche ensembliste
 - Principe
 - Initialisation des prévisions d'ensemble
 - Validation des prévisions d'ensemble
 - Utilisation des prévisions d'ensemble

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Fondements de la prévision météorologique



V. Bjerknes
(1862 – 1951)

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

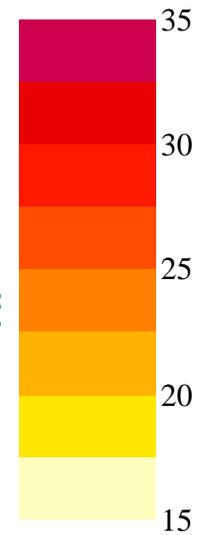
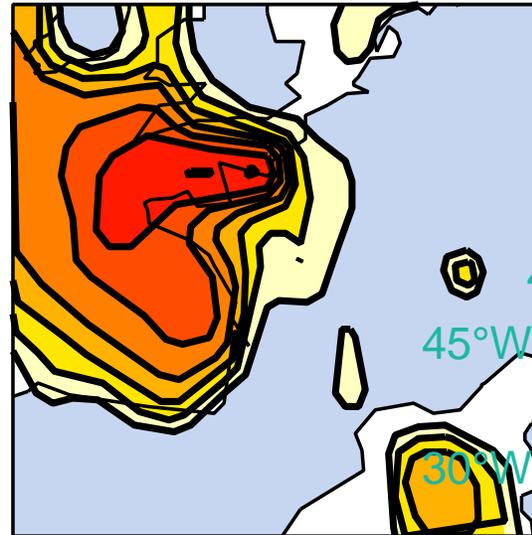
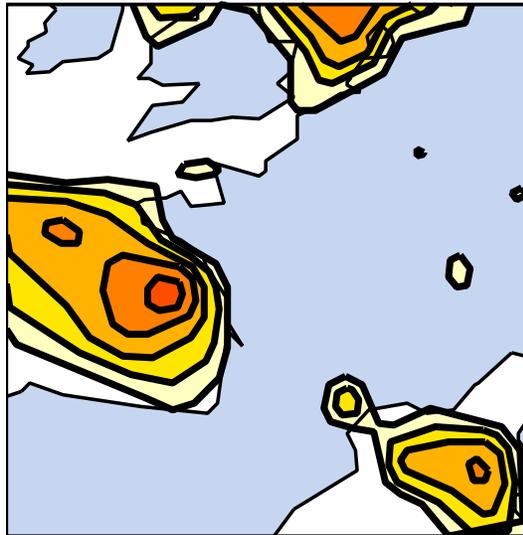
- Fondements de la prévision météorologique
- V.Bjerknes, 1904: ...sufficient conditions for the rational solution of forecasting are the following:
 - A sufficiently accurate knowledge of the state of the atmosphere at the initial time.
 - A sufficiently accurate knowledge of the laws according to which one state of the atmosphere develops from another.

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Limites de la prévision déterministe
- Prévision du CEPMMT à 72h (17/12/2004), vent à 10m (rafales) (m/s)

Oper T511 error :229.71

Verification (fc12 from 2004/12/17 at 0



Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Limites de la prévision déterministe



H. Poincaré
(1854 – 1912)

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

● Limites de la prévision déterministe

"Pourquoi les météorologistes ont-ils tant de mal à prédire le temps avec quelque certitude ? Pourquoi les chutes de pluie, les tempêtes elles-mêmes nous semblent arriver au hasard...un dixième de degré en plus ou en moins en un point quelconque, le cyclone éclate ici et non pas là...Si on avait connu ce dixième de degré, on aurait pu le savoir d'avance mais les observations n'étaient ni assez serrées, ni assez précises, et c'est pour cela que tout semble dû à l'intervention du hasard..."

H. Poincaré, 1908

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

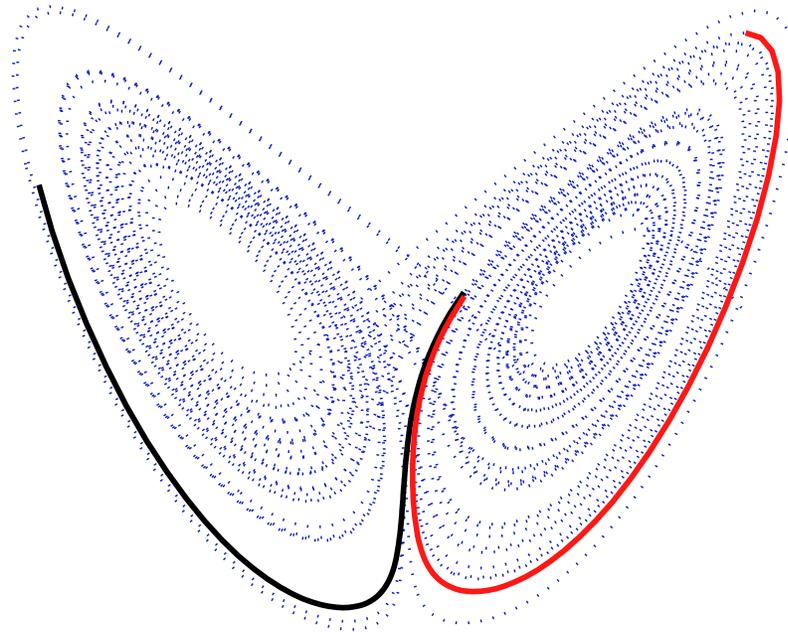
- Limites de la prévision déterministe



E.N Lorenz

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- E.N. Lorenz: Caractère chaotique et sensibilité aux conditions initiales des modèles de prévision



Attracteur du modèle de Lorenz

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- limites de la prévision déterministe
- les différentes sources d'incertitude
 - Incertitude sur les conditions initiales
 - on ne connaît jamais parfaitement l'état de l'atmosphère à un instant t
 - Incertitude sur les lois de l'écoulement
 - les modèles de prévision ne sont pas parfaits

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

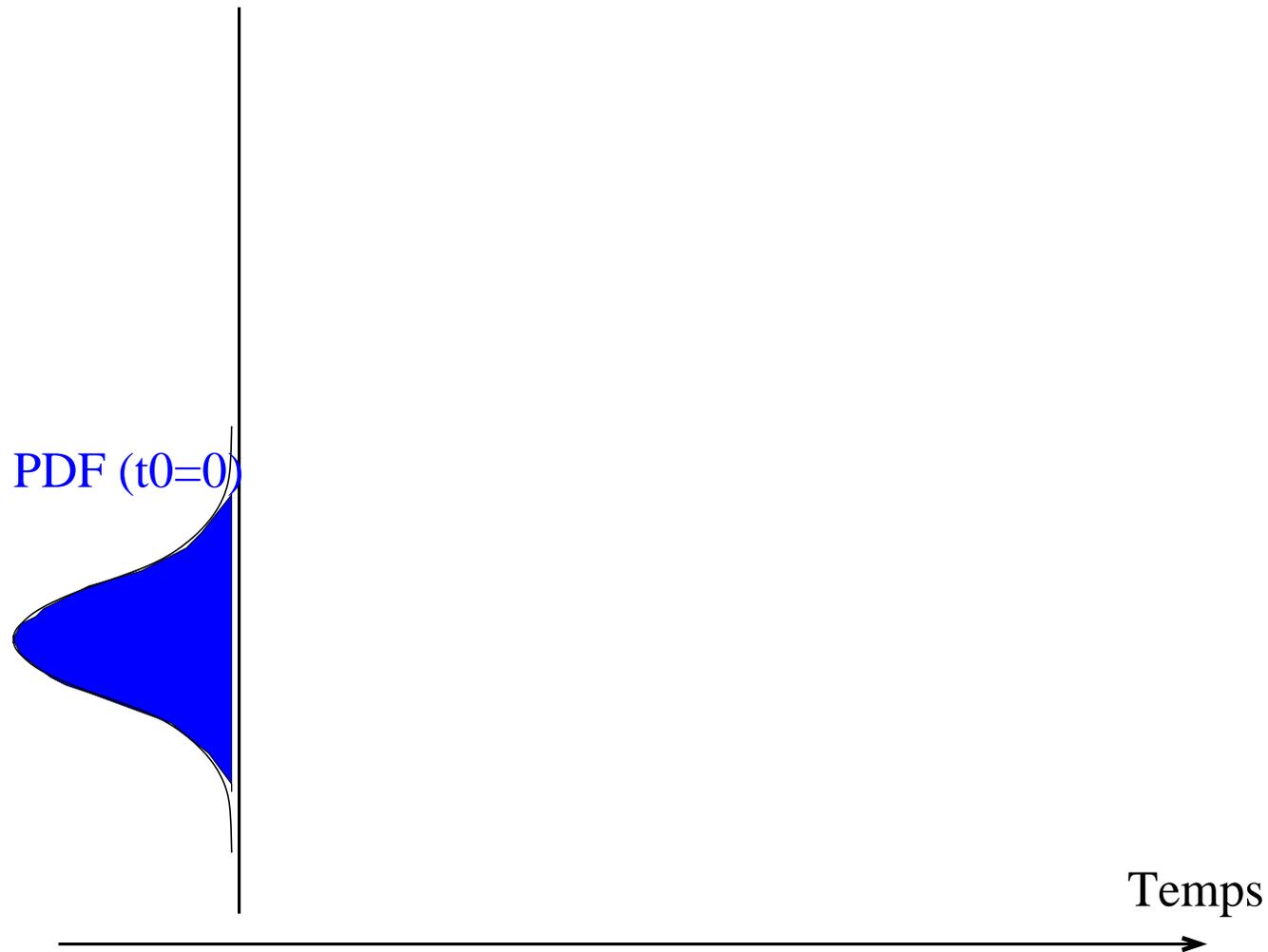
- L'incertitude sur la prévision:
 - varie suivant l'état de l'écoulement atmosphérique
 - concerne toutes les échelles
- L'incertitude sur la prévision:
 - peut rester modérée à 10 jours d'échéance
 - ...mais peut être forte au bout de quelques heures d'échéance
- Nécessité de quantifier cette incertitude

Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Nécessité d'une autre approche de la prévision
- Approche probabiliste
 - Calcul explicite de l'évolution déterministe de la loi de probabilité de l'état de l'écoulement
 - Equation de Fokker-Planck si l'erreur modèle est un bruit blanc

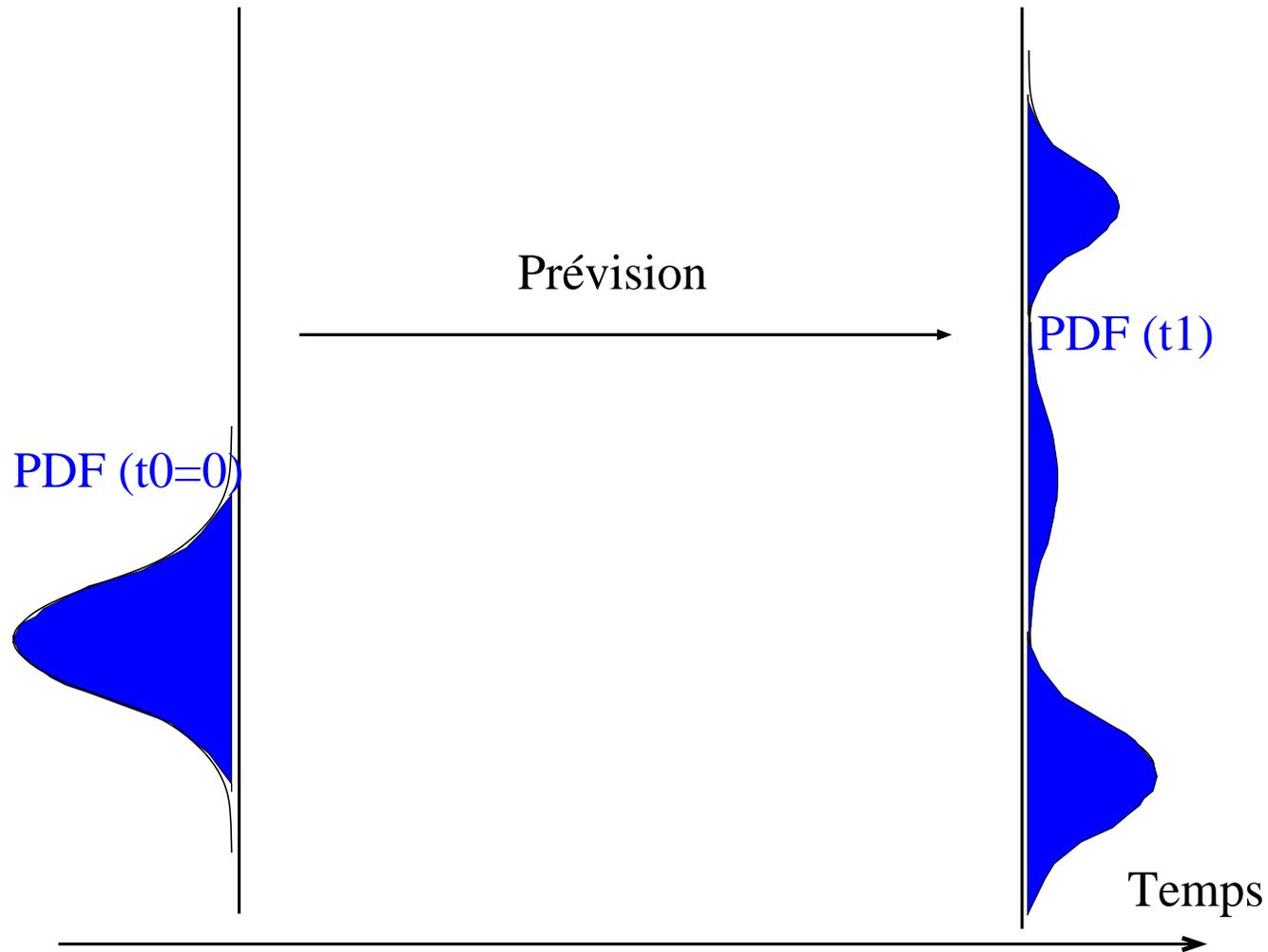
Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Nécessité d'une autre approche de la prévision



Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Nécessité d'une autre approche de la prévision



Prévisibilité de l'écoulement atmosphérique

- Nécessité d'une autre approche de la prévision
- Approche probabiliste
 - Impossible actuellement pour les modèles de prévisions
 - Utilisation de l'approche ensembliste

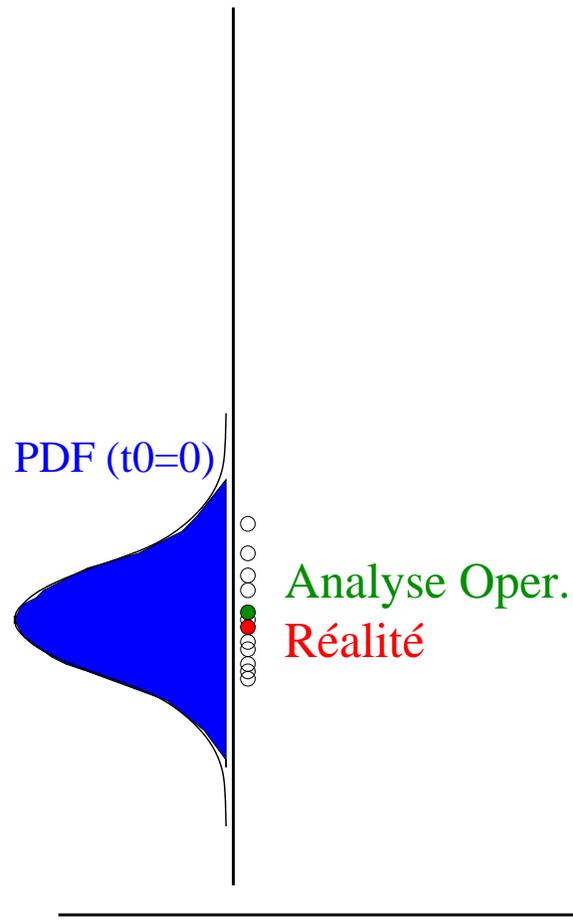
Approche ensembliste

- Principe
 - Représenter la loi de probabilité par un échantillon approprié d'états de l'écoulement

Approche ensembliste

● Principe

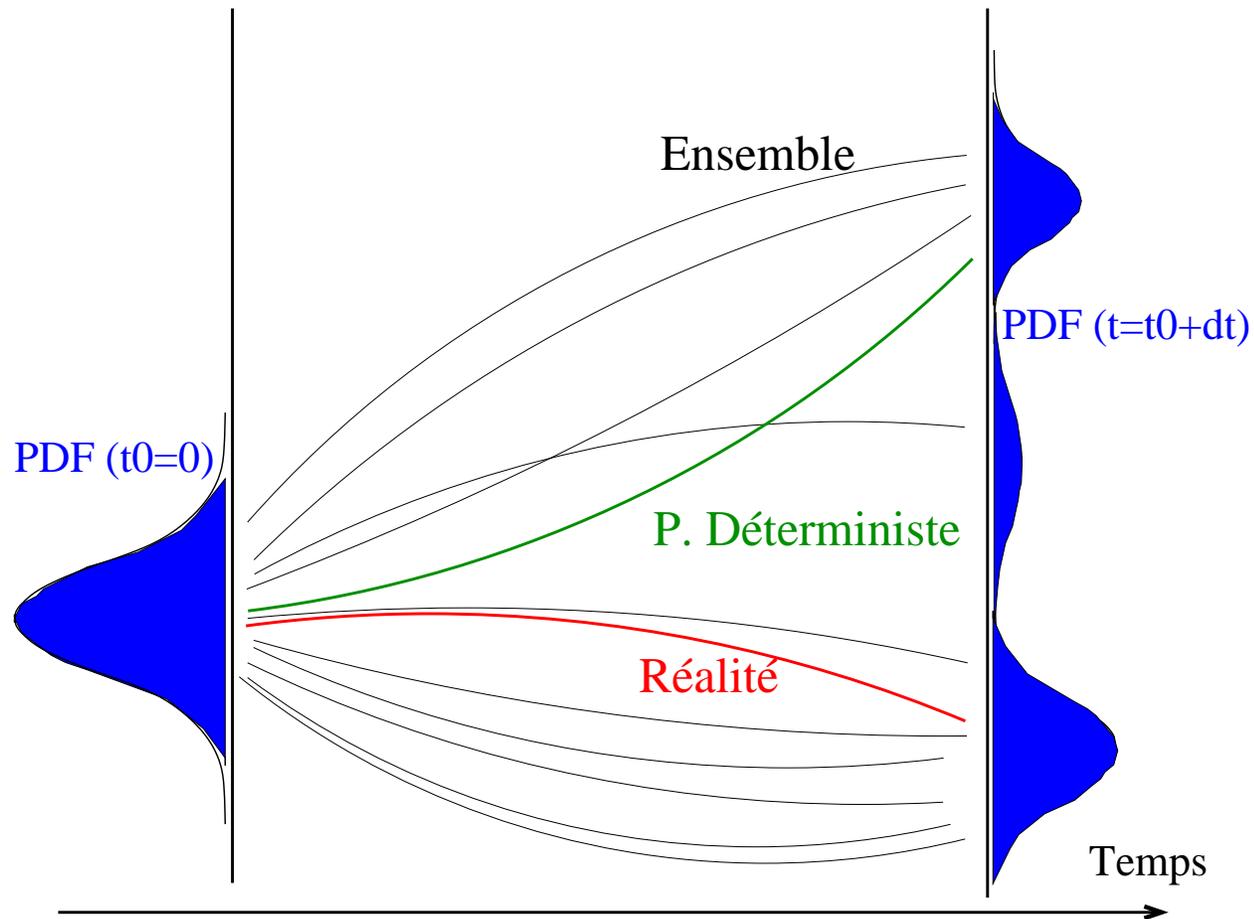
- Représenter la loi de probabilité par un échantillon approprié d'états de l'écoulement



Approche ensembliste

● Principe

- Représenter la loi de probabilité par un échantillon approprié d'états de l'écoulement



Approche ensembliste

- Les méthodes d'initialisation de l'ensemble
- Un objectif: Définir un échantillon de la loi de probabilité d'erreur initiale
- Des approches différentes
 - Vecteurs singuliers (CEPMMT, M.F)
 - Breds modes (NCEP)
 - Assimilation d'ensemble (Met Office, SMC)

Approche ensembliste

- Les méthodes d'initialisation de l'ensemble
- La méthode des vecteurs singuliers
- Principe de la méthode
 - modes dont l'amplification est la plus rapide sur la période initiale de la prévision
 - modes définis sur la base de la dynamique future de l'écoulement atmosphérique
 - projection de l'erreur d'analyse sur les modes instables retenus

Approche ensembliste

- Les méthodes d'initialisation de l'ensemble
- La méthode du breeding
- Principe de la méthode
 - Sélection des modes instables de la période d'assimilation des observations
 - modes définis sur la base de la dynamique passée de l'écoulement atmosphérique
 - Proche des modes de Lyapounov

Approche ensembliste

- Les méthodes d'initialisation de l'ensemble
- L'assimilation d'ensemble
- Principe de la méthode
 - Approche ensembliste "globale" assimilation + prévision
 - Prise en compte de l'incertitude de façon continue

Approche ensembliste

- Les méthodes d'initialisation de l'ensemble
- L'assimilation d'ensemble
- Principe de la méthode
 - Approche ensembliste "globale" assimilation + prévision
 - Prise en compte de l'incertitude de façon continue
- De nombreuses techniques
 - Méthode des observations perturbées (O.P)
 - Filtre de Kalman d'ensemble (fKen)
 - Ensemble Transform Kalman Filter (ETKF)

Validation des prévisions d'ensemble

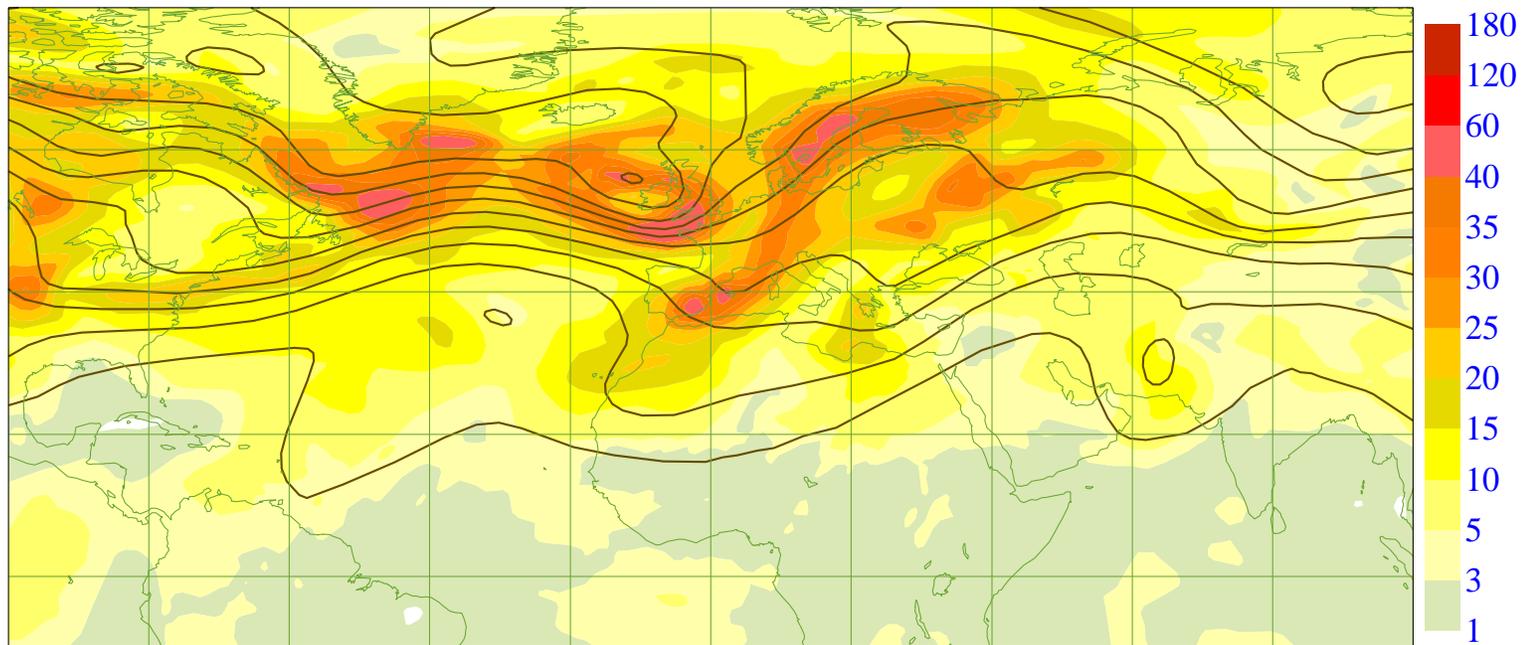
- deux "qualités" recherchées
 - La fiabilité
 - accord entre éléments prévus et éléments observés
 - M cas où on prévoit $T < 0^{\circ}\text{C}$ avec une probabilité $p=0.6$
parfaite fiabilité si $T < 0^{\circ}\text{C}$ dans 60% des M cas
 - La résolution
 - mesure la capacité à balayer la gamme des événements
 - un système climatologique est parfaitement fiable mais ne possède pas de variabilité utile

Utilisation des prévisions d'ensemble

- Le prévisionniste
 - Information quantitative sur l'incertitude de la prévision

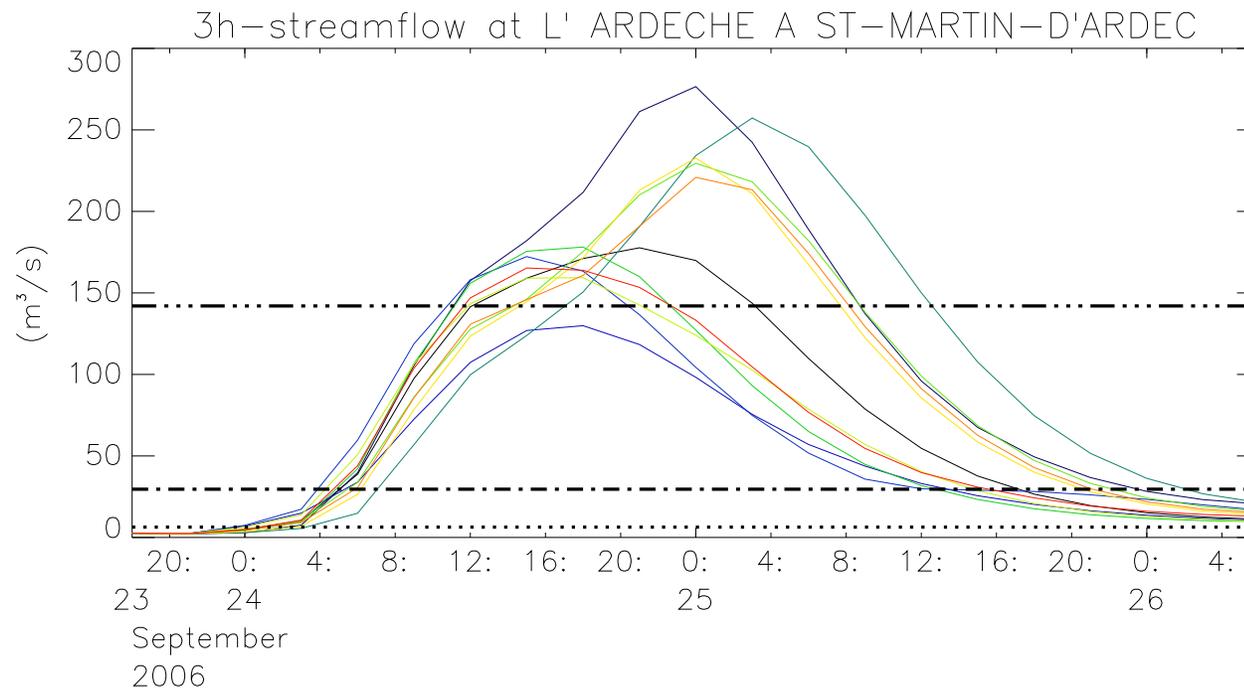
Utilisation des prévisions d'ensemble

Prévision à 60h pour le 10/03/2008
Moyenne de l'ensemble et dispersion PEARP pour la Z500



Utilisation des prévisions d'ensemble

● Les domaines connexes à la météorologie



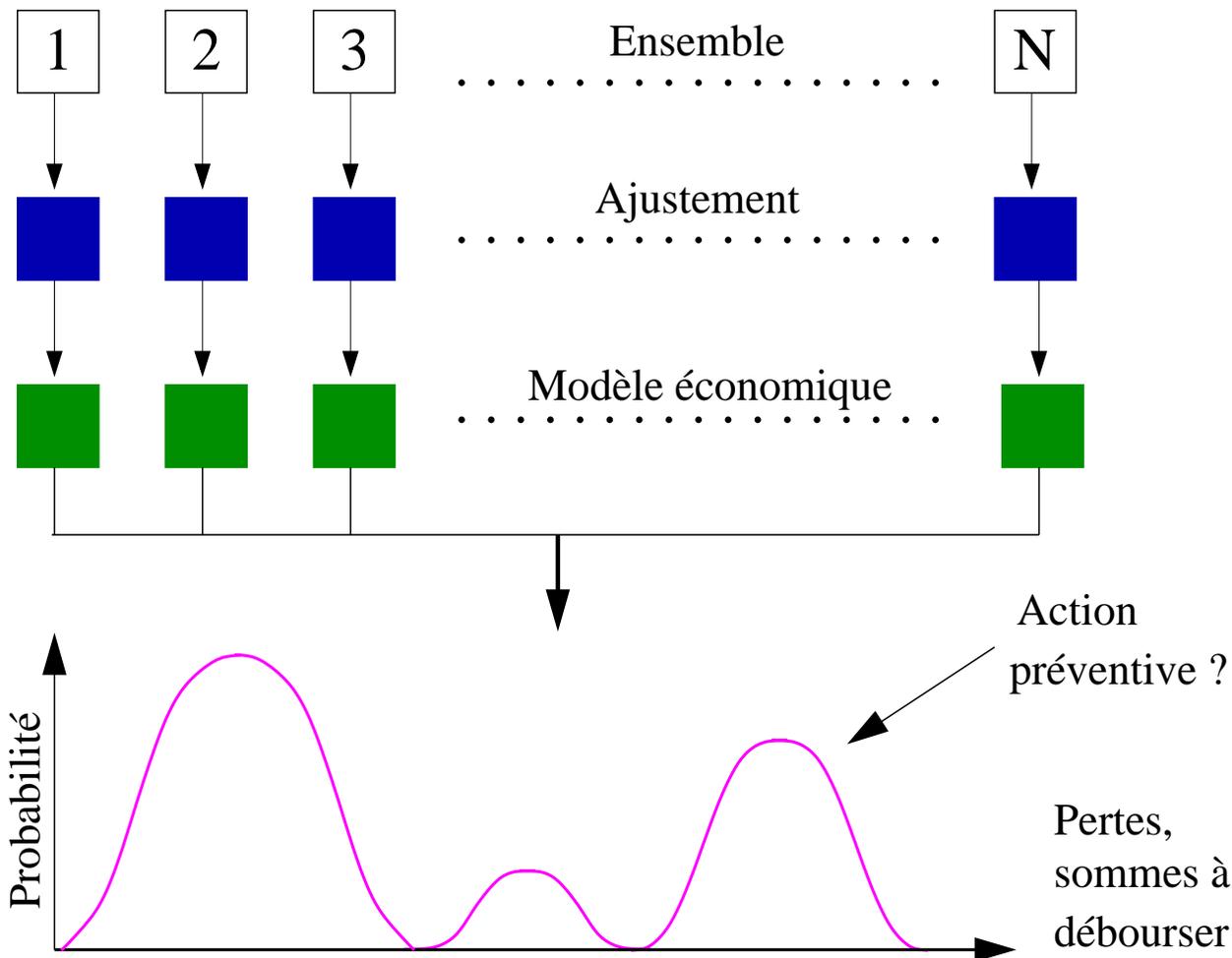
● Application à la prévision des crues: débit de l'Ardèche (G.Thirel (CNRM))

Utilisation des prévisions d'ensemble

- Les domaines "météo-sensibles"
 - Permet une gestion du risque acceptable en terme de coûts/pertes
 - La valeur économique potentielle d'une prévision d'ensemble est supérieure à celle d'une prévision déterministe

Utilisation des prévisions d'ensemble

● Les domaines "météo-sensibles"



Conclusion

- L'incertitude est associée à toute prévision météorologique
- L'approche déterministe est insuffisante
 - Aucune information sur l'incertitude

Conclusion

- L'incertitude est associée à toute prévision météorologique
- L'approche déterministe est insuffisante
 - Aucune information sur l'incertitude
- Approche ensembliste
 - Permet la gestion du risque météorologique

Conclusion

- L'incertitude est associée à toute prévision météorologique
- L'approche déterministe est insuffisante
 - Aucune information sur l'incertitude
- Approche ensembliste
 - Permet la gestion du risque météorologique
- Vers une vraie approche probabiliste ?

Conclusion

des questions ?

