

La Prévision d'Ensemble

Ensemble Prediction

Formation OMM des prévisionnistes de la RA1
WMO training for the forecasters of AR1

David BARBARY
CMRS/RSMC La Réunion –
Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones
Novembre 2013

Plan

1. Principes généraux

- Un peu d'histoire
- Prévisibilité de l'atmosphère

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

3. Les produits d'une prévision d'ensemble

4. Evaluation des prévisions

5. Conclusion

1. General principles

- Some history
- The atmospheric predictability

2. The ingredients of an ensemble prediction

3. The outputs of an ensemble prediction

4. Evaluation of the forecasts

5. Conclusion



1. Principes généraux / General principles

- Laplace (~1800) : si on connaît l'état initial d'un système physique et les équations qui le régissent, on peut prévoir son évolution en tout instant futur

→ **Déterministe = Prévisible.**

- Poincaré (~1900) : certains systèmes déterministes ont des solutions extrêmement **sensibles aux conditions initiales**.

- Lorenz (~1960) : découverte du chaos déterministe

→ **Déterministe ≠ Prévisible.**

- Laplace (~1800) : *if the initial state of a physical system and its equations of evolution are known, then it should be possible to predict its evolution in the future*

→ **Déterministic = Predictable.**

- Poincaré (~1900) : *some deterministic systems have solutions that are extremely sensitive to the initial conditions.*
- Lorenz (~1960) : *discovery of the deterministic chaos*

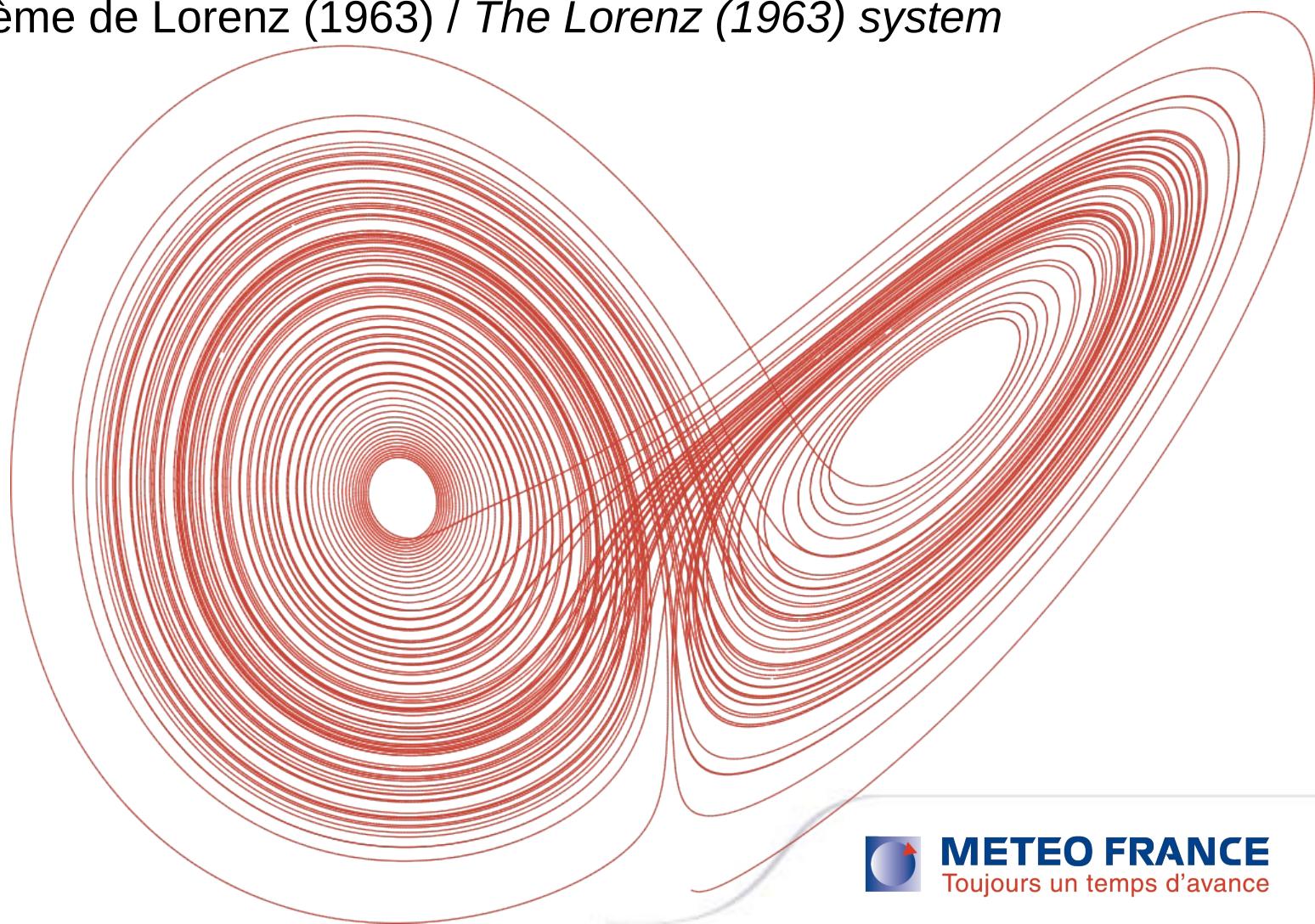
→ **Déterministic ≠ Predictable.**

Un peu d'histoire ...
Some history ...

1. Principes généraux / General principles

Un peu d'histoire ...
Some history ...

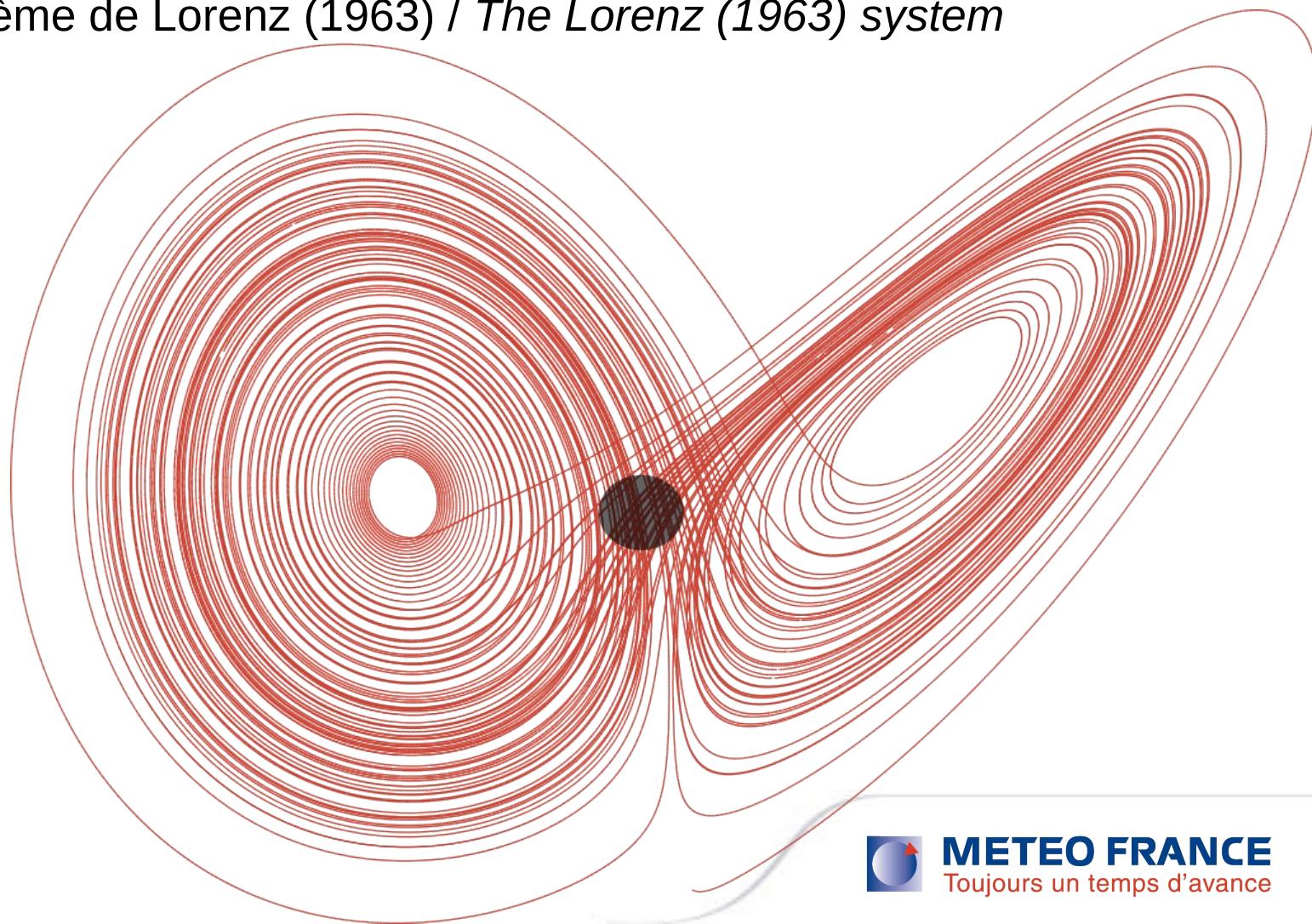
- Le système de Lorenz (1963) / *The Lorenz (1963) system*



1. Principes généraux / General principles

Un peu d'histoire ...
Some history ...

- Le système de Lorenz (1963) / *The Lorenz (1963) system*

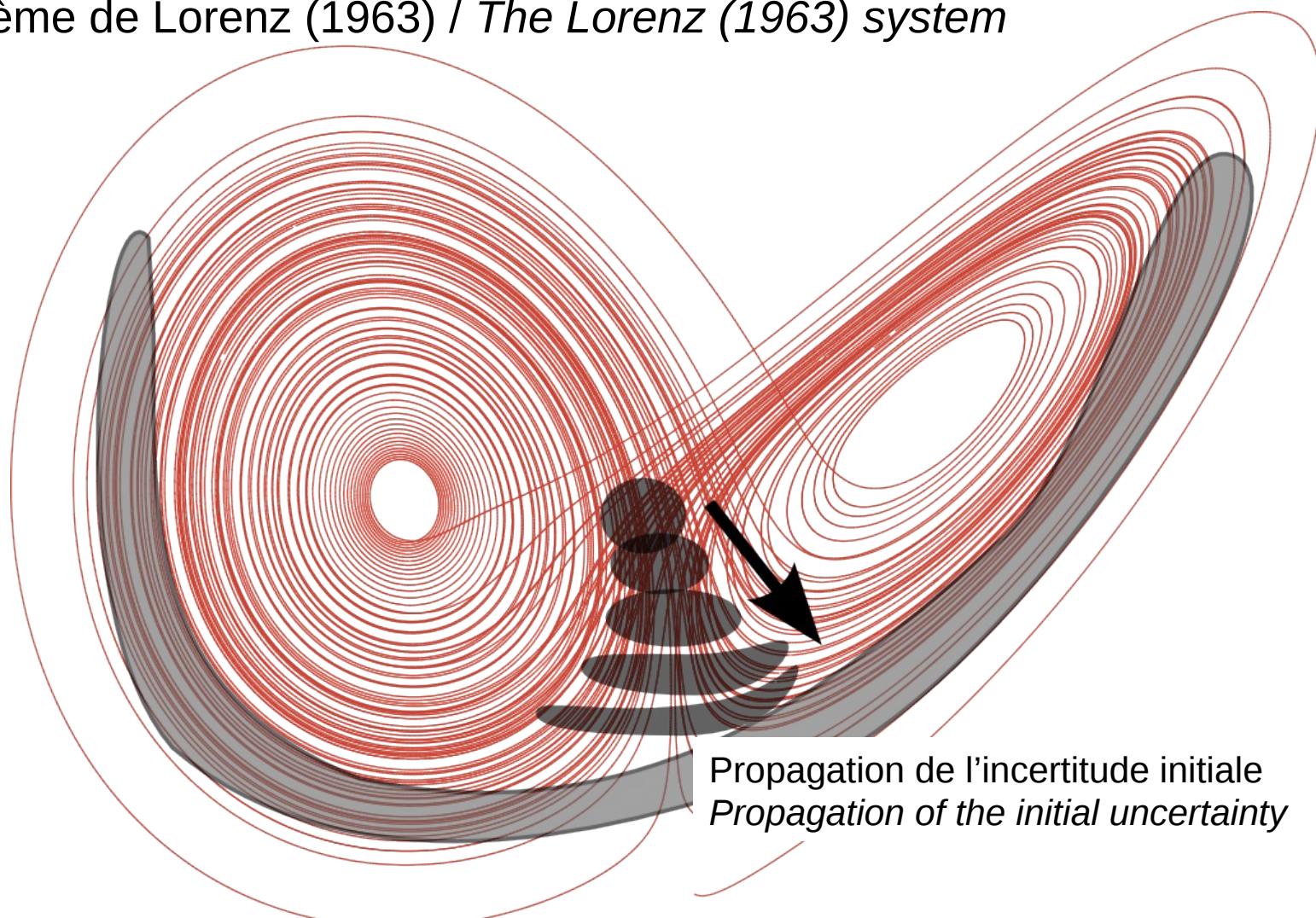


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

1. Principes généraux / General principles

Un peu d'histoire ...
Some history ...

- Le système de Lorenz (1963) / The Lorenz (1963) system



1. Principes généraux / General principles

- L'évolution de l'atmosphère présente une forte sensibilité aux conditions initiales
 - Les prévisions sont incertaines intrinsèquement
- Premier objectif de la prévision d'ensemble = estimer l'incertitude d'une prévision
 - Plusieurs prévisions sont lancées, partant de conditions initiales légèrement perturbées par rapport à l'analyse

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

- *The evolution of the atmosphere is highly sensitive to the initial conditions*
 - *The forecasts are intrinsically uncertain*
- *Ensemble prediction aims firstly at estimating the uncertainty of a forecast*
 - *Several forecasts are run, starting from initial states slightly perturbed around the analysis*



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

1. Principes généraux / General principles

- La modélisation de l'atmosphère introduit aussi des erreurs car elle repose sur des simplifications :

- Equations incomplètes
 - Discrétisations et schéma temporel
 - Paramétrisations physiques (phénomènes sous-maille)

→ Certaines prévisions d'ensemble ont pour objectif d'introduire ces sources d'erreur

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

- *The modelization of the atmosphere also introduces some errors because it relies on some simplifications :*

- *Imperfect equations*
 - *The discretization and temporal scheme*
 - *the physical parametrizations (under-mesh phenomena)*

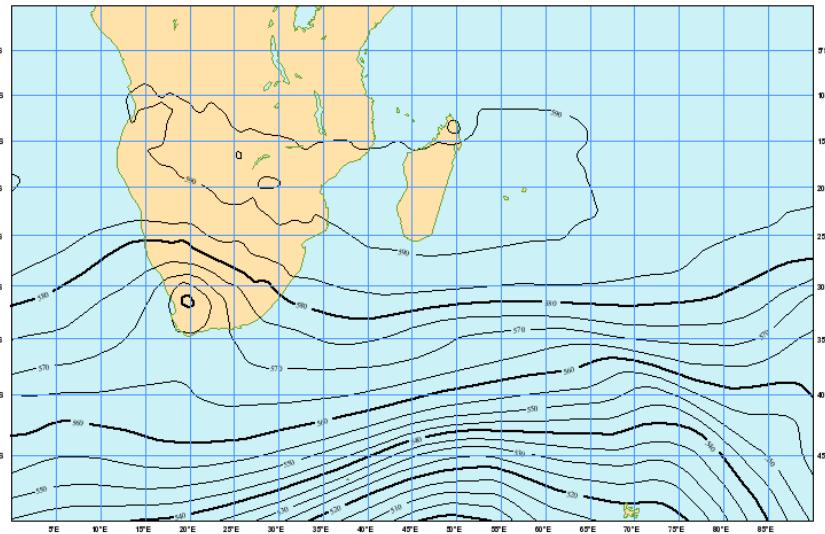
→ *Some ensemble prediction systems aim to introduce these error sources.*

1. Principes généraux / General principles

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

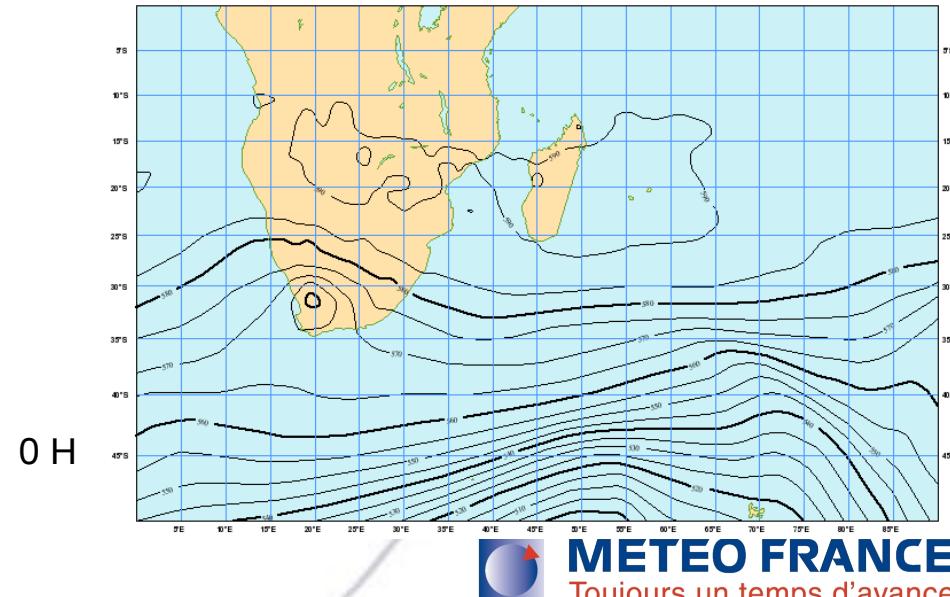
- Illustration de la divergence entre deux prévisions :

- États initiaux très proches (différence inférieure à l'erreur d'analyse moyenne)
- Même modèle, sauf paramétrisations physiques



- *Illustration of the divergence between two forecasts:*

- *The initial states are very close (difference lower than the mean analysis error)*
- *The same model, except for the physical parametrizations*



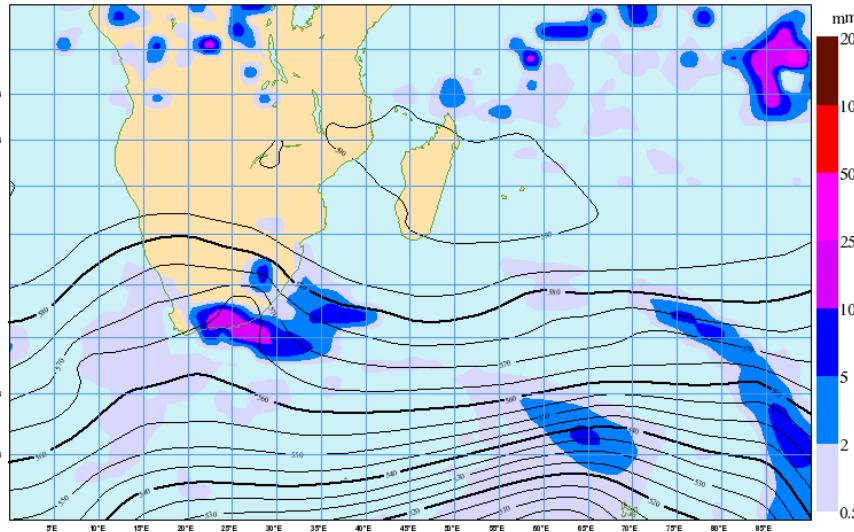
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

1. Principes généraux / General principles

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

- Illustration de la divergence entre deux prévisions :

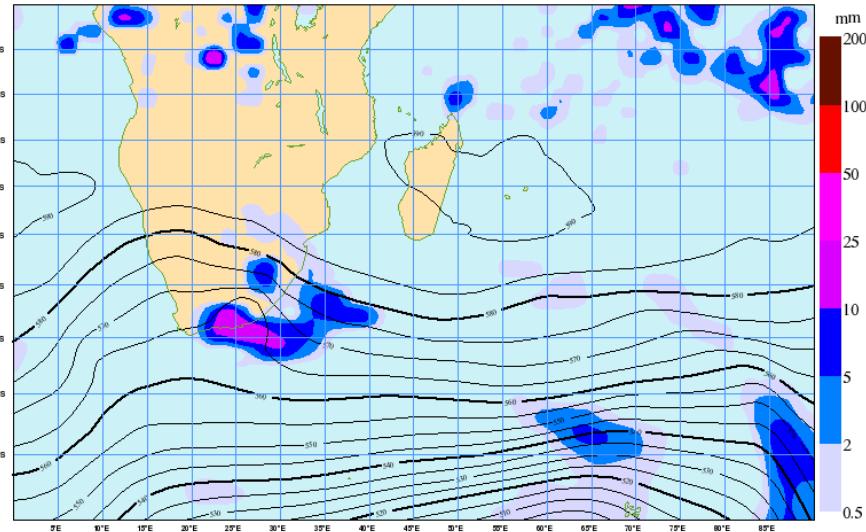
- États initiaux très proches (différence inférieure à l'erreur d'analyse moyenne)
 - Même modèle, sauf paramétrisations physiques



12 H

- *Illustration of the divergence between two forecasts:*

- *The initial states are very close (difference lower than the mean analysis error)*
 - *The same model, except for the physical parametrizations*



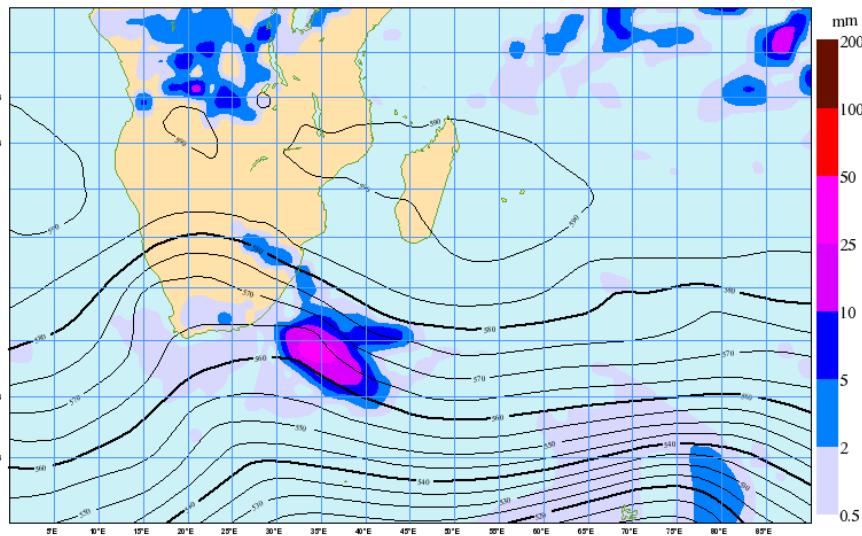
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

1. Principes généraux / General principles

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

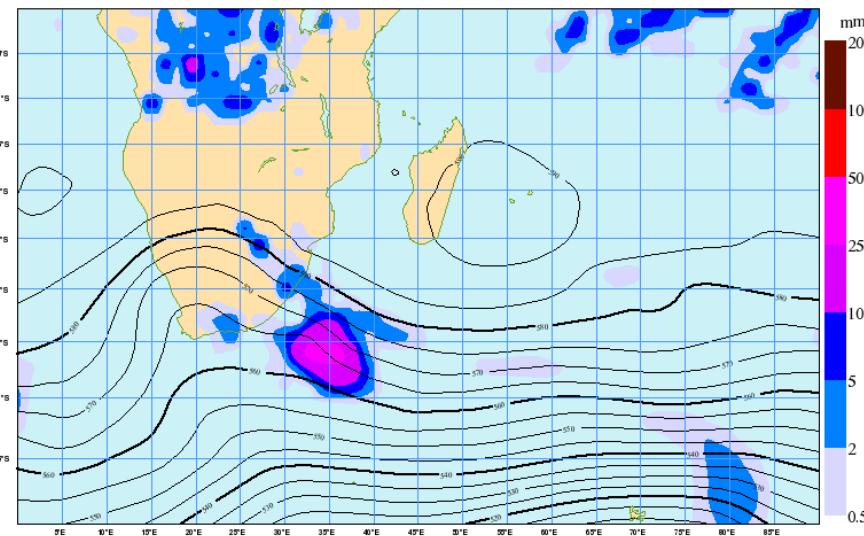
- Illustration de la divergence entre deux prévisions :

- États initiaux très proches (différence inférieure à l'erreur d'analyse moyenne)
- Même modèle, sauf paramétrisations physiques



- Illustration of the divergence between two forecasts:

- The initial states are very close (difference lower than the mean analysis error)
- The same model, except for the physical parametrizations



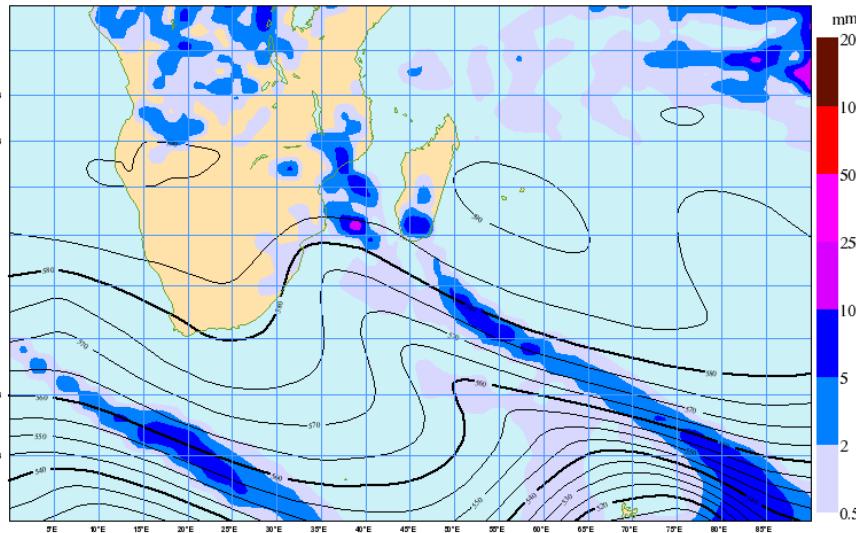
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

1. Principes généraux / General principles

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

- Illustration de la divergence entre deux prévisions :

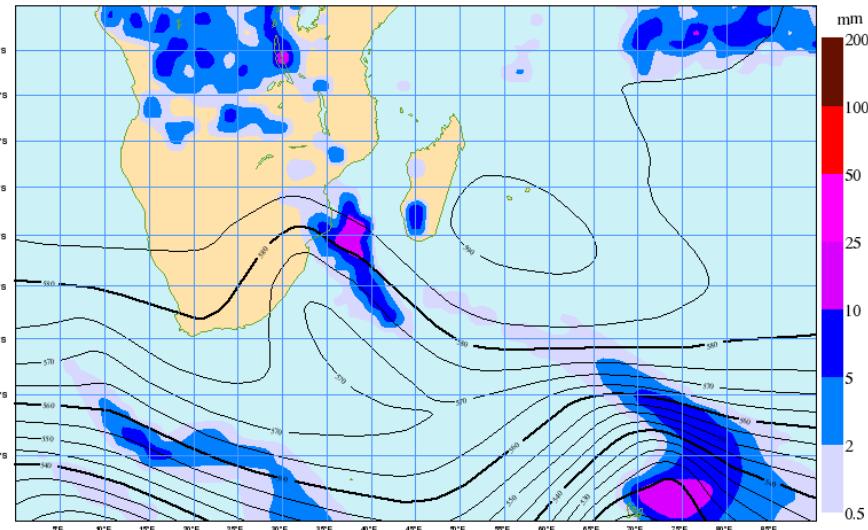
- États initiaux très proches (différence inférieure à l'erreur d'analyse moyenne)
 - Même modèle, sauf paramétrisations physiques



48 H

- *Illustration of the divergence between two forecasts:*

- *The initial states are very close (difference lower than the mean analysis error)*
 - *The same model, except for the physical parametrizations*



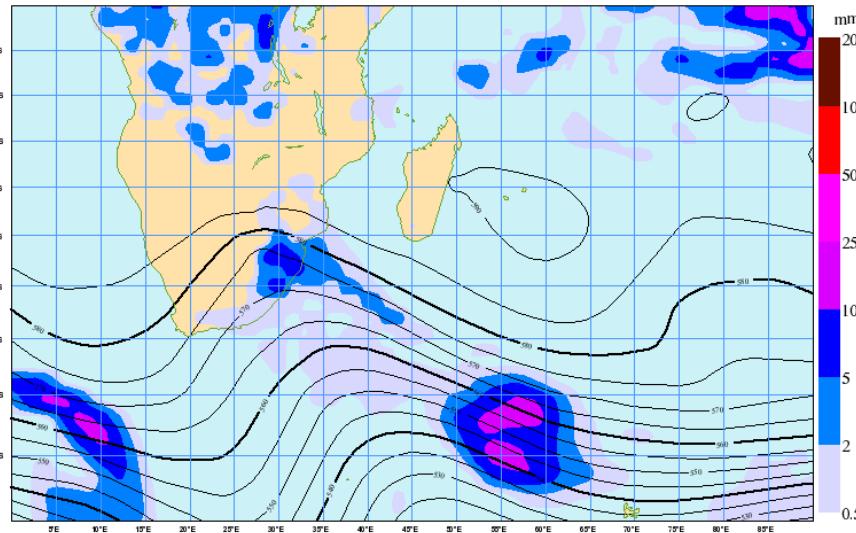
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

1. Principes généraux / General principles

La prévisibilité de l'atmosphère
The atmospheric predictability

- Illustration de la divergence entre deux prévisions :

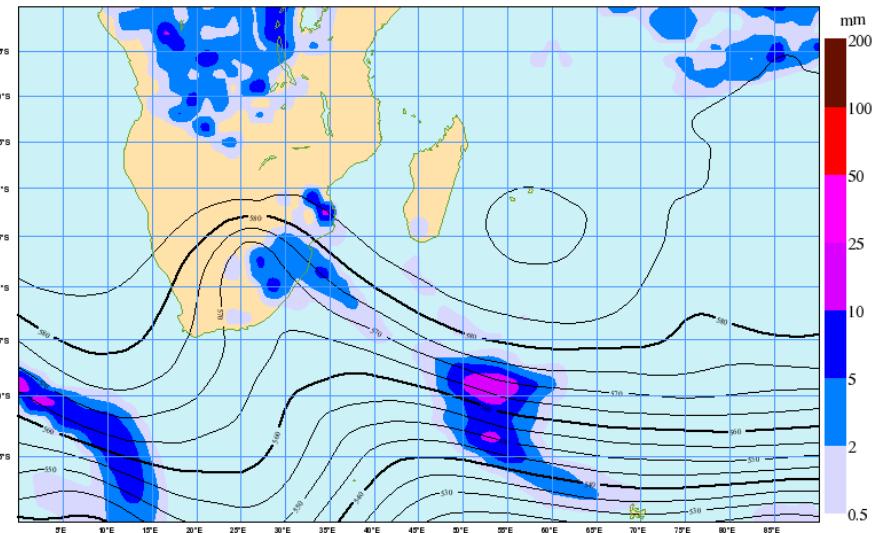
- États initiaux très proches (différence inférieure à l'erreur d'analyse moyenne)
 - Même modèle, sauf paramétrisations physiques



72 H

- *Illustration of the divergence between two forecasts:*

- *The initial states are very close (difference lower than the mean analysis error)*
 - *The same model, except for the physical parametrizations*



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Plan

1. Principes généraux
2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble
 - Le modèle numérique
 - Les perturbations initiales
 - Les perturbations du modèle
 - Les principaux systèmes de prévision d'ensemble
3. Les produits d'une prévision d'ensemble
4. Evaluation des prévisions
5. Conclusion

1. *General principles*
2. *The ingredients of an ensemble prediction*
 - *The numerical model*
 - *The initial perturbations*
 - *The model perturbations*
 - *Principal models of ensemble prediction*
3. *The outputs of an ensemble prediction*
4. *Evaluation of the forecasts*
5. *Conclusion*



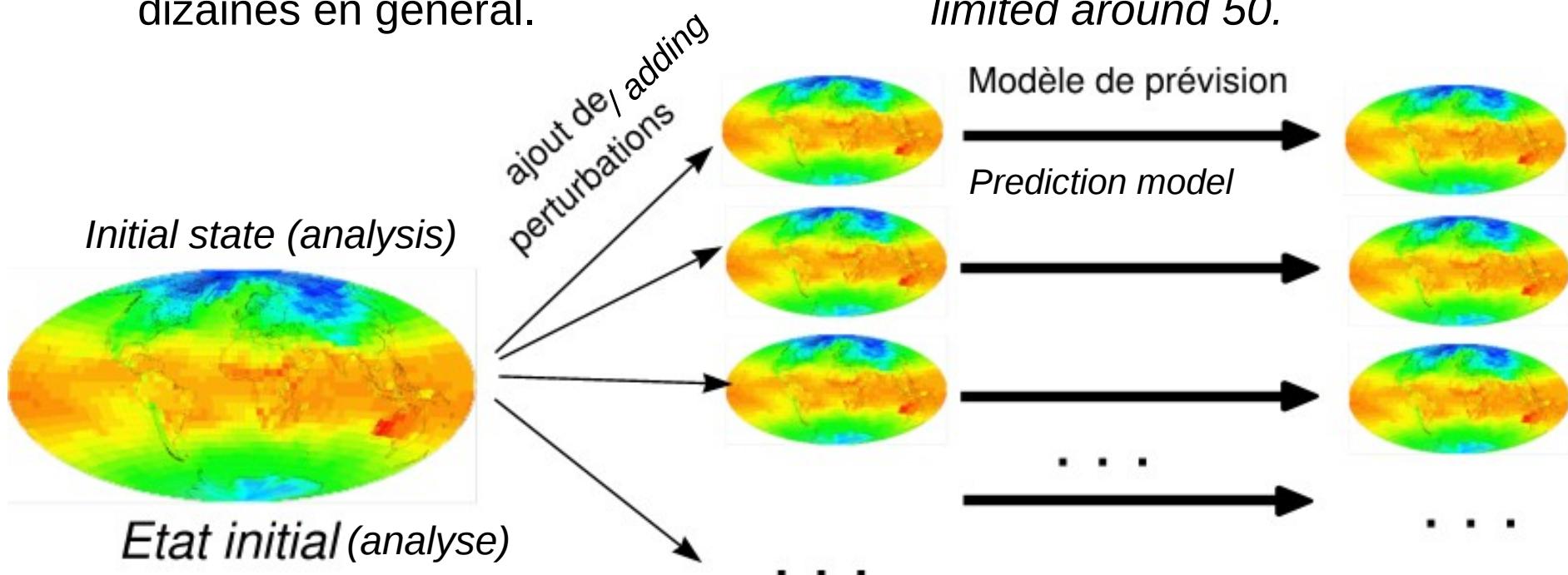
2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Le modèle numérique
The numerical model

- Un système de prévision d'ensemble consiste à simuler plusieurs évolutions possibles de l'état de l'atmosphère, les **membres**. Le nombre de membre est limité à quelques dizaines en général.

- An ensemble prediction system consists in running several possible evolutions of the atmospheric state, the members. The number of members is generally limited around 50.



2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Le modèle numérique
The numerical model

- Un système de prévision d'ensemble repose sur :
 - Un modèle de prévision numérique
 - Le calcul de perturbations initiales
 - Le calcul de perturbations du modèle
- *An ensemble prediction system relies on:*
 - *A numerical prediction model*
 - *The computation of initial perturbations*
 - *The computation of perturbations of the model*



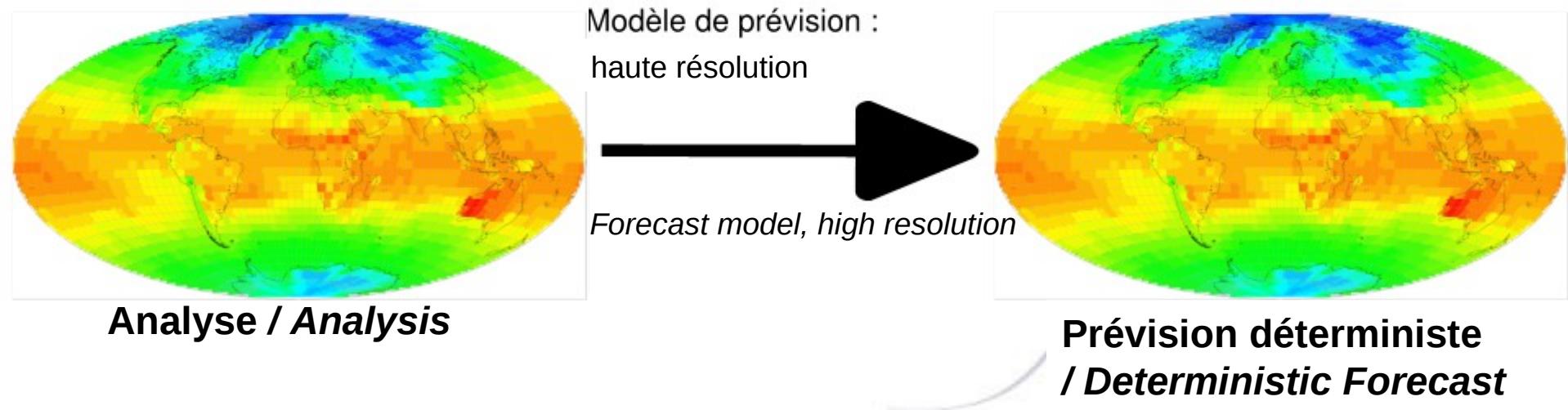
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Le modèle numérique
The numerical model

- Une prévision d'ensemble est associée à un modèle de prévision numérique. Souvent, la résolution des membres est moindre que celle du modèle déterministe.
- Le membre non-perturbée s'appelle le **contrôle** (différent de la **prévision déterministe**).
- *An ensemble forecast is associated to a numerical prediction model. The resolution of the members is generally lower than the deterministic model.*
- *The non-perturbed member is called the **control** (different to the **deterministic forecast**).*



2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The *ingredients of an ensemble prediction*

Les perturbations initiales
The *initial perturbations*

- Quelles perturbations initiales ?
Aléatoirement?
- Leur amplitude doit être inférieure à l'erreur initiale moyenne
- L'objectif est d'estimer les directions les plus probables d'évolution de l'état de l'atmosphère ; mais comment ?
- Quelques méthodes de calcul :
 - Vecteurs singuliers
 - Observations perturbées
 - *Ensemble Transform Kalman Filter (ETKF)*
- *What initial perturbations ? Randomly?*
- *Their amplitude should be lower than the mean initial error*
- *The objective is to estimate the most probable directions of evolution of the atmospheric state; but how?*
- Some calculation methods :
 - *Singular vectors*
 - *Perturbed observations*
 - *Ensemble Transform Kalman Filter (ETKF)*

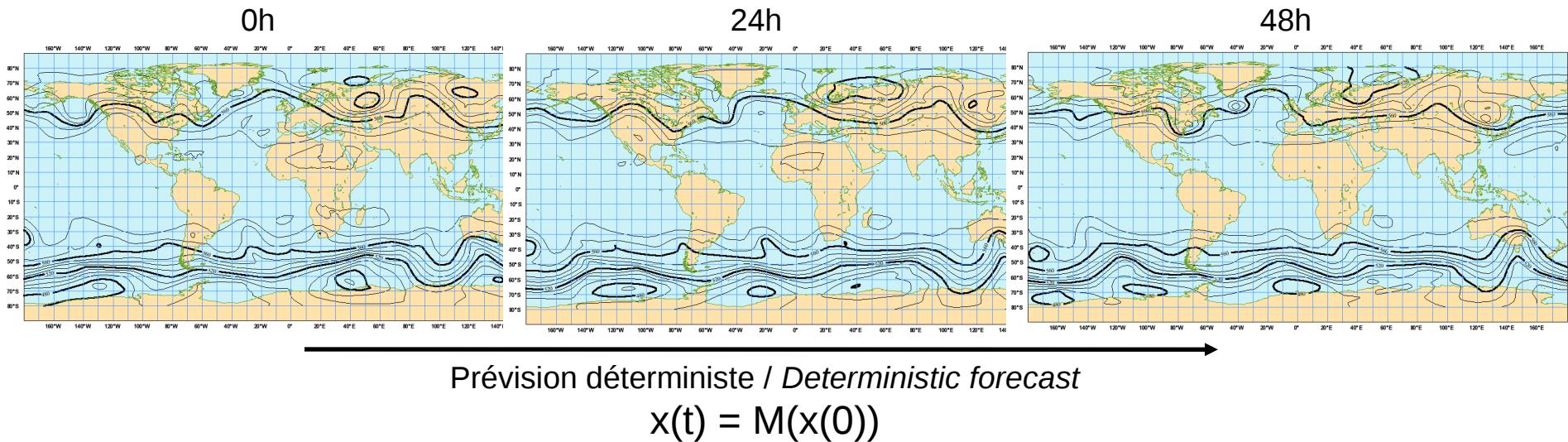


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Les vecteur singuliers
Singular vectors



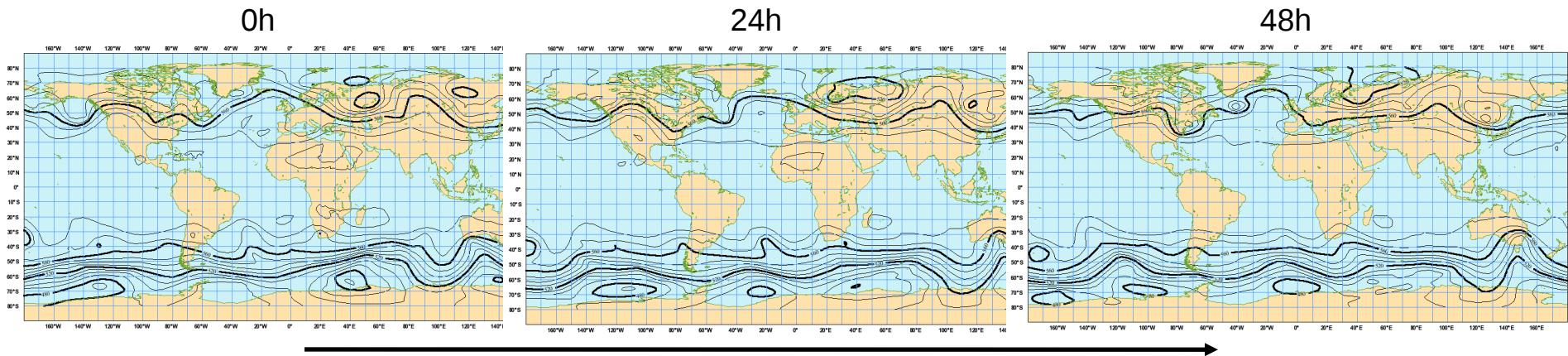
→ L'idée est de rechercher les directions privilégiées vers lesquelles la solution peut évoluer.

→ *The idea is to look for the most favorable directions towards which the solution may evolve.*

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Les vecteur singuliers
Singular vectors



Prévision déterministe / *Deterministic forecast*

$$x(t) = M(x(0))$$

Les vecteurs singuliers sont les petites perturbations instables qui croissent le plus vite

Singular vectors are the small unstable perturbations that grow the most rapidly

$$x(t) + e(t) = M'(x(0) + e(0))$$

$\|e(t)\| / \|e(0)\|$ maximal

$e(t)$ infiniment petite / *infinitely small*



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

$$x(t) + e(t) = M'(x(0) + e(0))$$

$\|e(t)\| / \|e(0)\|$ maximal

$e(t)$ infiniment petite / *infinitely small*

Les vecteur singuliers
Singular vectors

- Supposer que $e(t)$ reste “infiniment petit” permet de linéariser le modèle M autour de la prévision, et de résoudre le problème mathématique.
- Le modèle linéarisé a en général une résolution moindre que les membres ; il incorpore ou non des processus physiques.
- Les vecteurs sont calculés entre l'instant de l'analyse et un temps final, appelé **temps d'optimisation** (48h pour EPS, 18h ou 24h pour PEARP).
- Assuming that $e(t)$ remains “infinitely small” allows to **linearize the model M around the forecast**, and to resolve the mathematical problem.
- The linearized model has generally a lower resolution than the members; it incorporates some physical processes or not.
- The vectors are computed between the instant of the analysis and an final time, the **optimization time** (48h for EPS, 18h or 24h for PEARP).



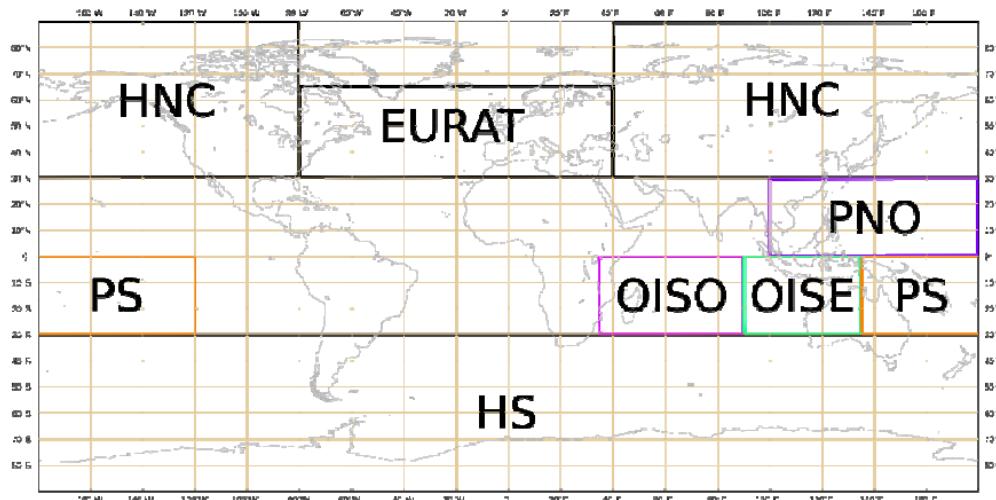
2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Les vecteur singuliers
Singular vectors

Exemple de domaines de calcul de la norme (PEARP) / Example of computation domains for the norm (PEARP):

	Temps d'optimisation <i>Optimization time</i>	Resolution	Norme norm
EURAT	18h	~200km	Energie totale Total energy
HNC, HS	24h	~200km	Energie totale Total energy
Tropiques/ tropics	18h	~200km	Energie cinétique Kinetic energy



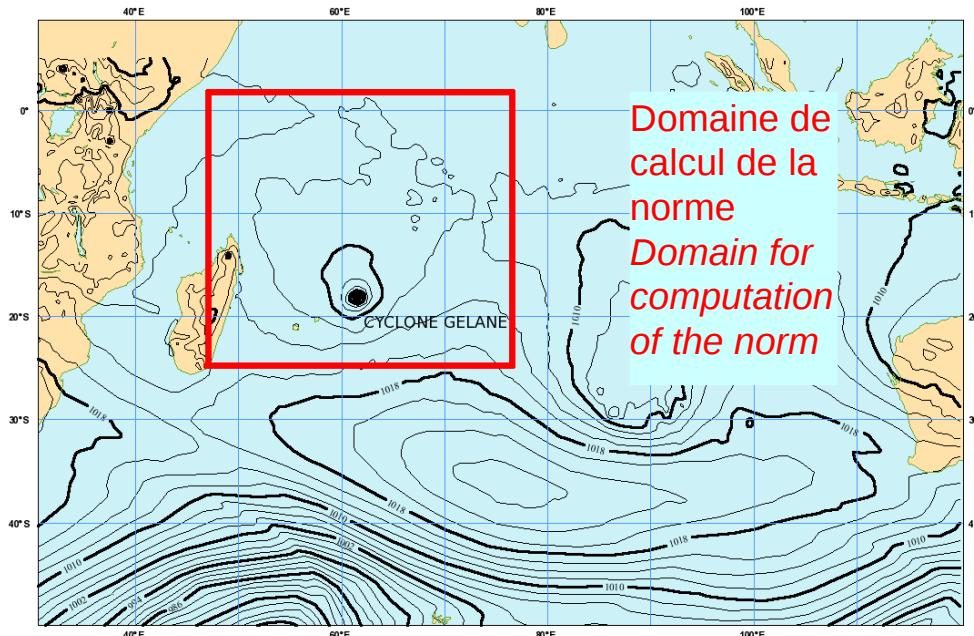
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Les vecteur singuliers
Singular vectors

- Le CEPMMT utilise des vecteurs singuliers “ciblés” autour des cyclones tropicaux
- La norme est l'énergie totale
- Le modèle linéarisé incorpore des processus physiques
- *ECMWF uses some “targeted” singular vectors around tropical cyclones*
- *Total energy norm*
- *The linearized model incorporates some physical processes*



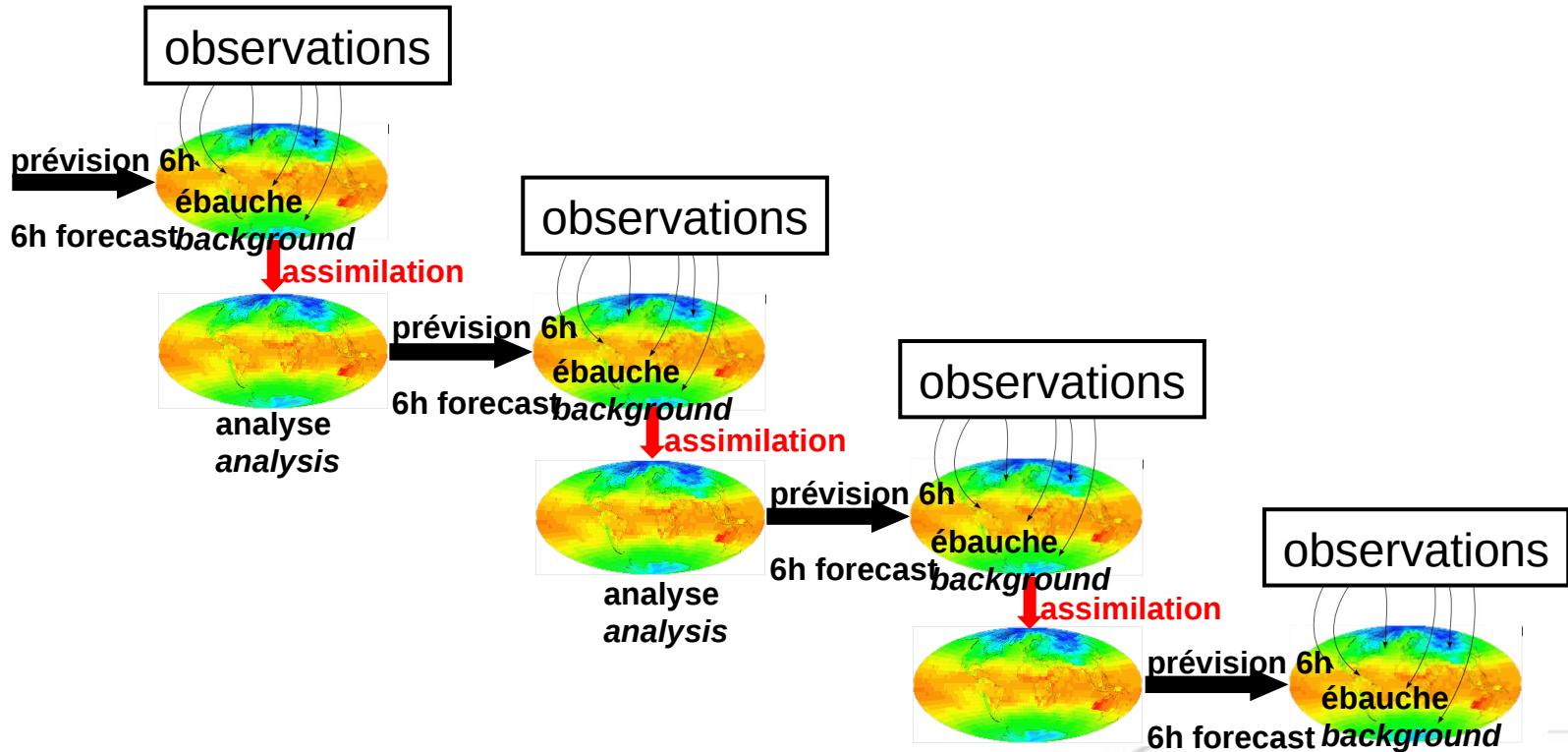
2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Observations perturbées
Perturbed observations

- Objectif : On cherche à estimer l'incertitude de l'analyse en la propageant dans le cycle d'assimilation

- Aim : The method aims at estimating the uncertainty of the analysis by propagating it in the assimilation cycle

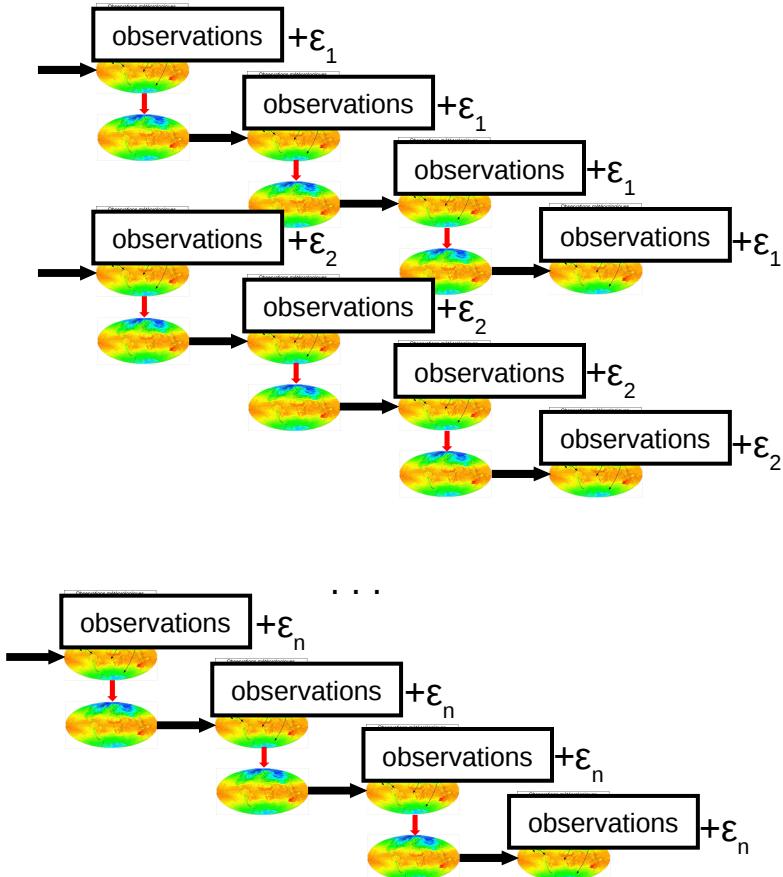


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Observations perturbées
Perturbed observations



- Méthode : On ajoute des perturbations aléatoires ε aux observations. L'écart entre les analyses perturbées est ajusté (normalisé) à une valeur fixe. On réalise un ensemble d'assimilation.
- Method : Random perturbations ε are added to the observations. The spread between the perturbed analyses is fitted (normalized) to a fixed value. We use an ensemble of assimilation.



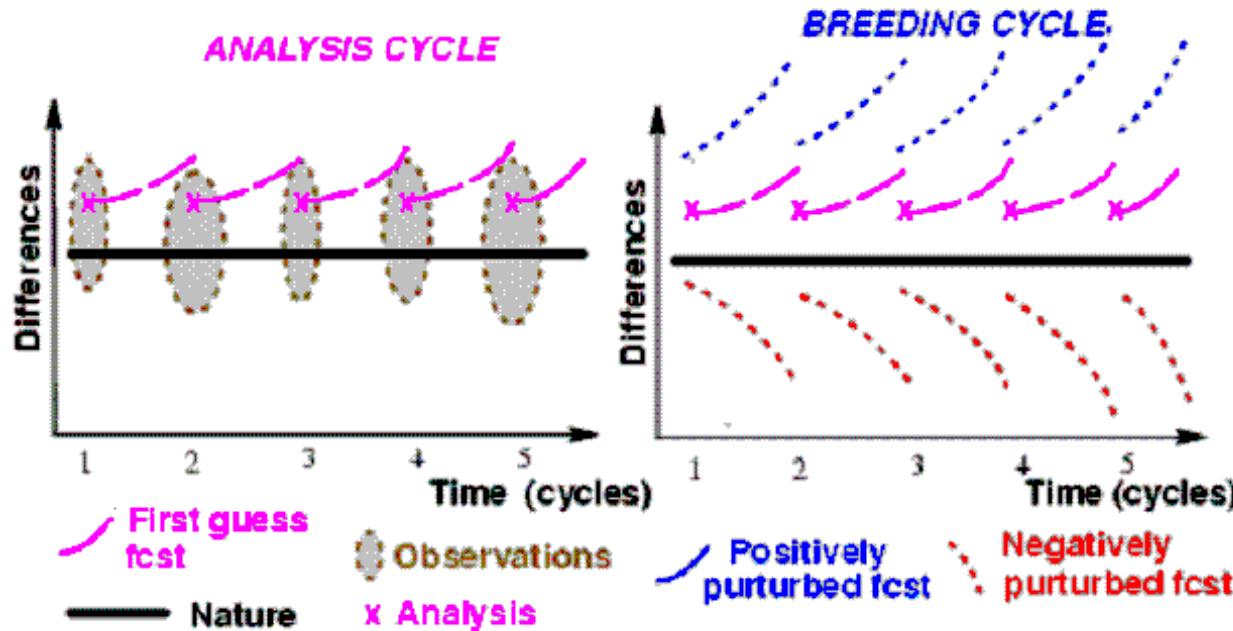
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Ensemble Transform
Kalman Filter

- Méthode basée sur la “culture” de petites perturbations
- A chaque étape d’analyse, les perturbations sont réorganisées pour coller à la variance d’erreur d’analyse
- Method based on the “breeding” of small perturbations
- At every analysis step, the perturbations are reorganized so that to fit to the variance of analysis error



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Description des principaux systèmes
Description of the main systems

- Comment prendre en compte l'incertitude due au modèle ?
 - Ensemble multi-modèle
 - Physique différente
 - Physique stochastique (perturbation aléatoire des coefficients de paramétrisation)
- La plus grande source d'incertitude provient des phénomènes sous-maille représentés par les paramétrisations physiques
- *How to take into account the model uncertainty?*
 - *Multi-model ensemble*
 - *Different physics*
 - *Stochastic physics (random disturbance of parametrization coefficients)*
- *The largest source of uncertainty comes from the under-mesh processes represented by the physical parametrizations*



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble

The ingredients of an ensemble prediction

Description des principaux systèmes
Description of the main systems

	Centre	Number of members	Resolution	Initial perturbations	Model perturbations
EPS	CEPMMT ECMWF	51	32 km	Singular vectors + perturbed observations	Physics (stochastic)
PEARP	Météo-France	35	16 km France ~50 km Océan Indien	Singular vectors + perturbed observations	Physics
MO GREPS	UK Met Office	24	~60 km	ET KF	Physics (stochastic)
	CMC (Canada)	21	~100 km	Perturbed observations	Physics
GEFS	NCEP (USA)	21	~110 km	ET Rescaled	no

Plan

1. Principes généraux
2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble
3. Les produits d'une prévision d'ensemble
 - Produits généraux
 - Produits « cyclones »
4. Evaluation des prévisions
5. Conclusion

1. *General principles*
2. *The ingredients of an ensemble prediction*
3. *The outputs of an ensemble prediction*
 - *General products*
 - *« Cyclone » products*
4. *Evaluation of the forecasts*
5. *Conclusion*

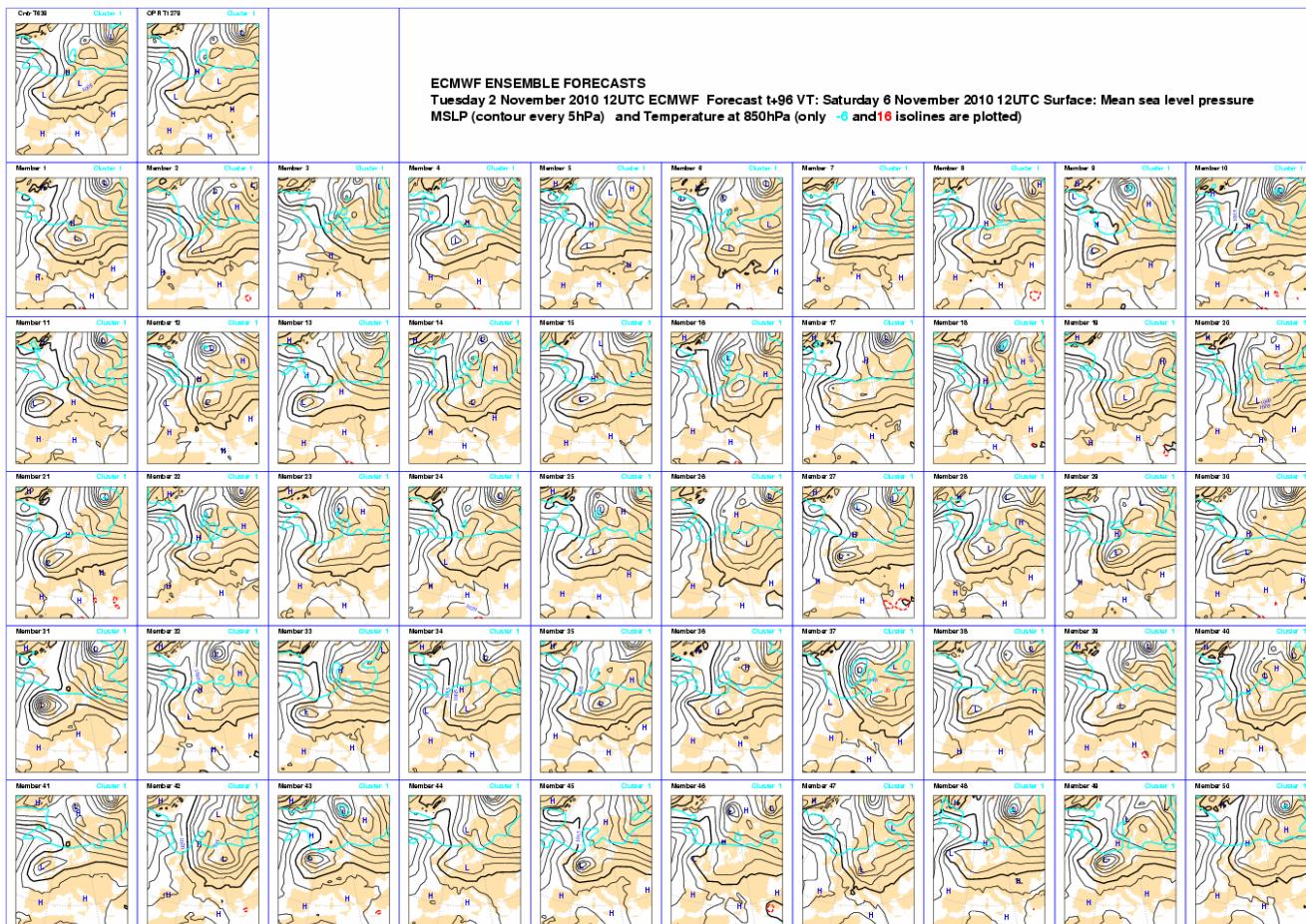


3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Les membres
The members

- Les différents membres prévus sont supposés **équiprobables**
- *The different forecast members are supposed **equiprobables***

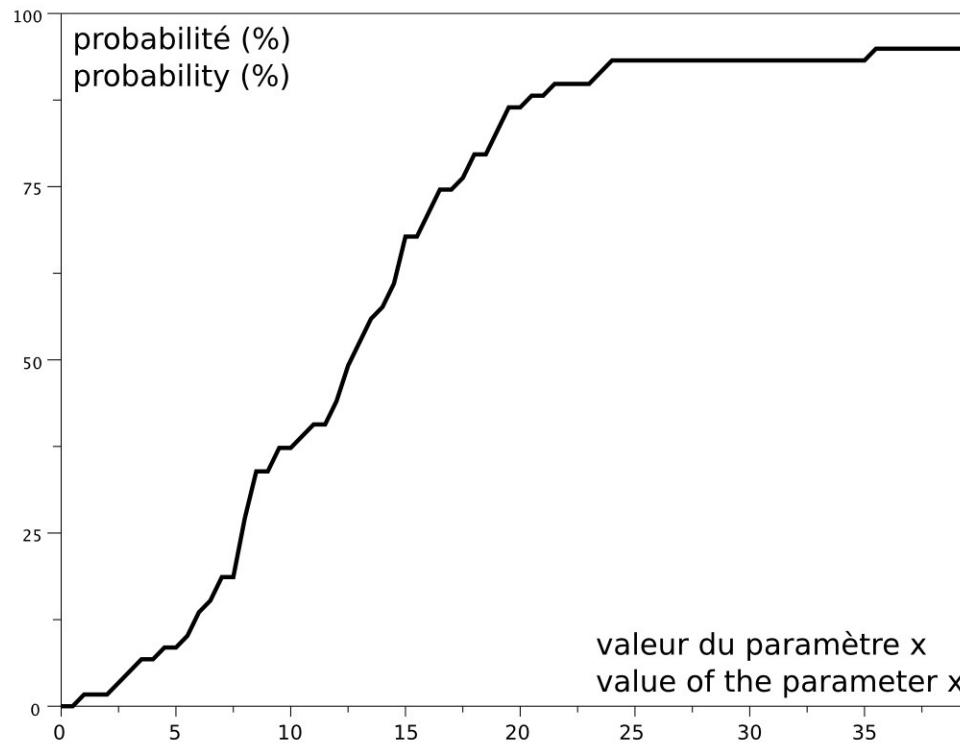


3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Les membres
The members

- En chaque point de la carte, pour chaque paramètre prévu, une **distribution de probabilité prévue** est déduite.
- At every point of the map, for every predicted parameter, a **distribution of forecast probability** is deduced.



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Dispersion
Spread

- Nécessité de mesurer l'incertitude
 - Écart-type
 - Dispersion par boite à moustache
 - Probabilité de dépassement de seuil
 - Quantiles
 - Index de prévision extrême (EPI)
- *Requirement to measure the uncertainty*
 - Standard deviation
 - Spread by box plot
 - Probability of value above a threshold
 - Quantiles
 - Extreme Forecast Index (EPI)



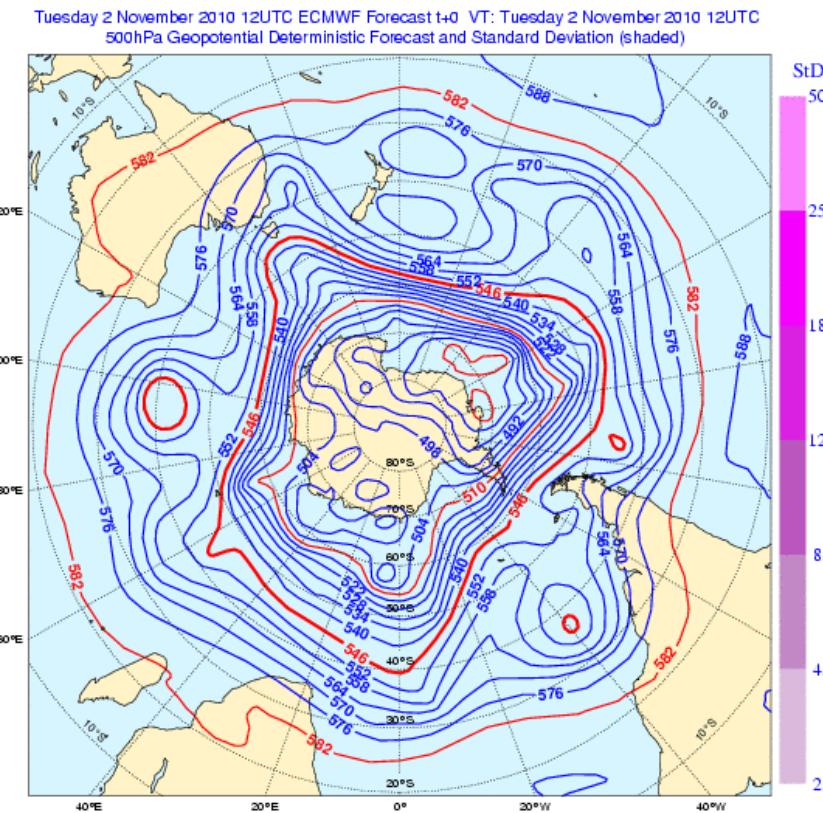
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Dispersion
Spread

- Evaluation de l'écart-type en lien avec la prévision déterministe
- Assessment of standard deviation linked with the deterministic forecast*



$$\sigma_x^2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

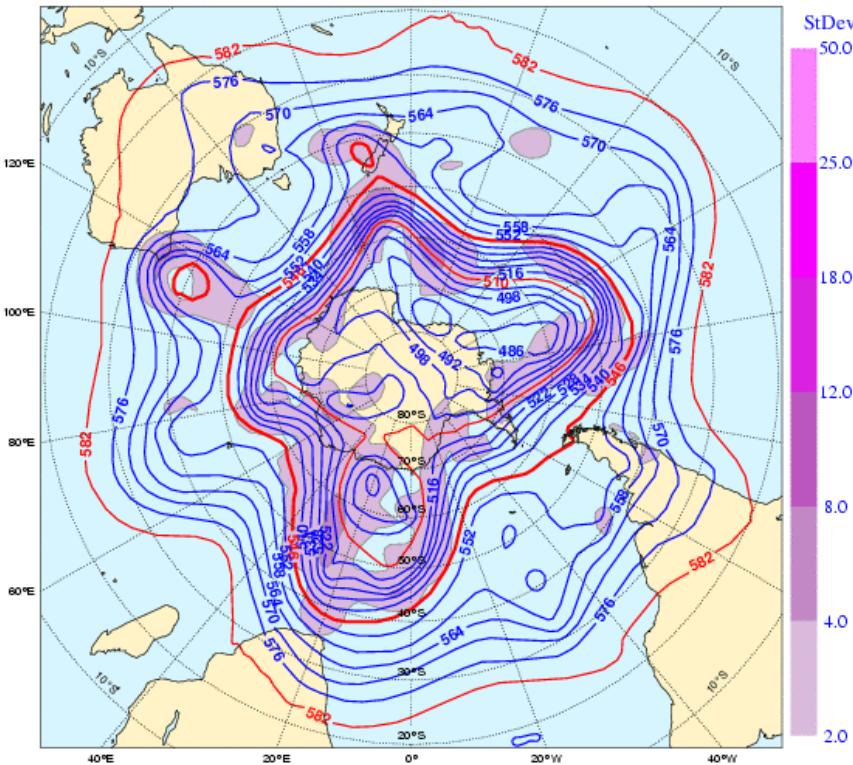
3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Dispersion
Spread

- Evaluation de l'écart-type en lien avec la prévision déterministe
- Assessment of standard deviation linked with the deterministic forecast

Tuesday 2 November 2010 12UTC ECMWF Forecast t+48 VT: Thursday 4 November 2010 12UTC 500hPa Geopotential Deterministic Forecast and Standard Deviation (shaded)



$$\sigma_x^2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

48h

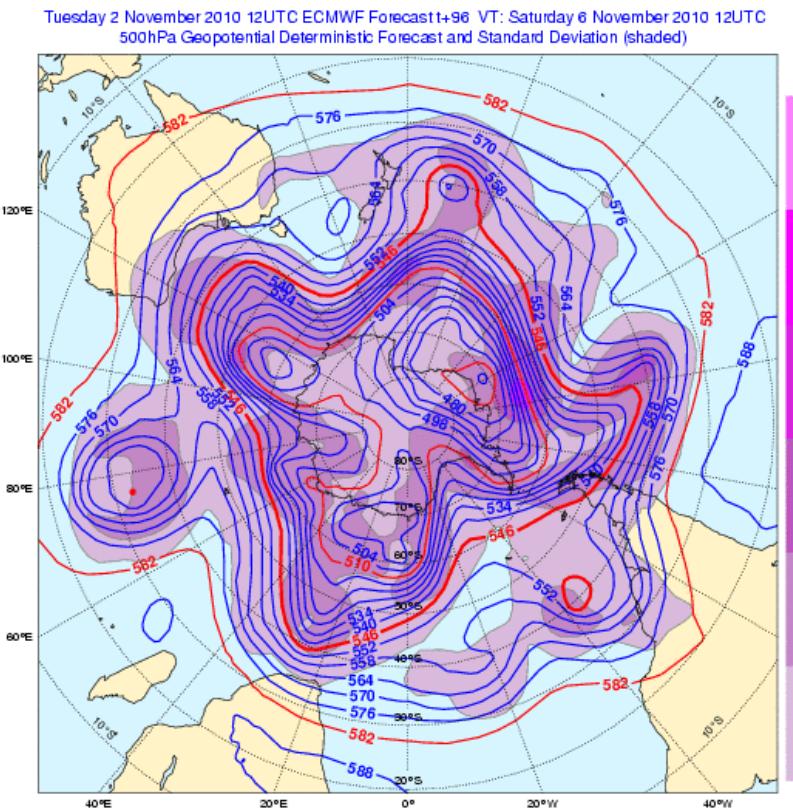


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

3. Les produits d'une prévision d'ensemble *The outputs of an ensemble prediction*

Dispersion
Spread

- Evaluation de l'écart-type en lien avec la prévision déterministe
- Assessment of standard deviation linked with the deterministic forecast



$$\sigma_x^2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

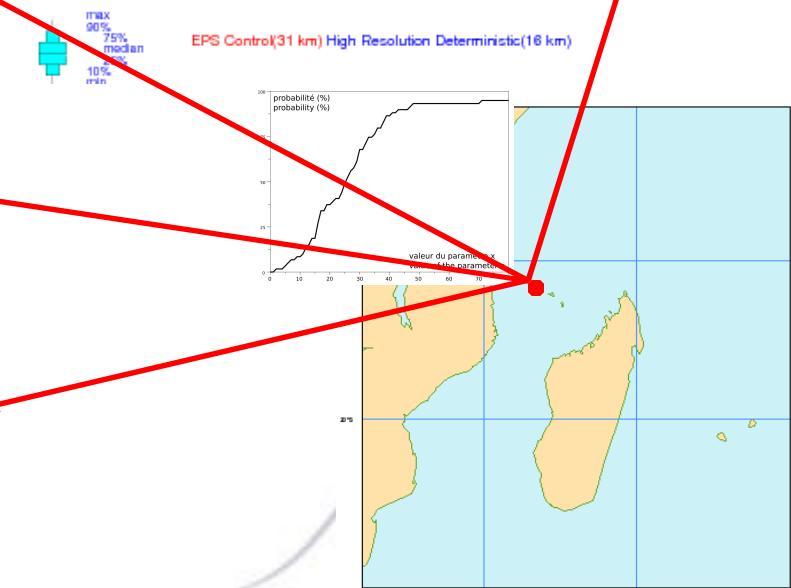
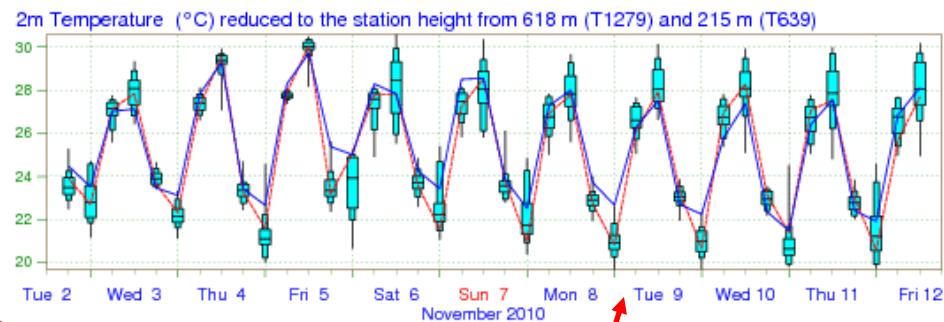
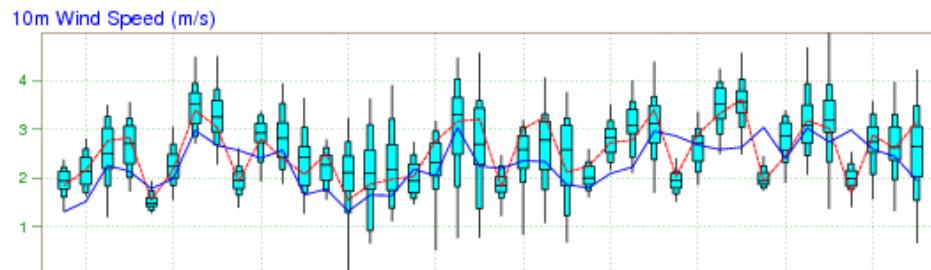
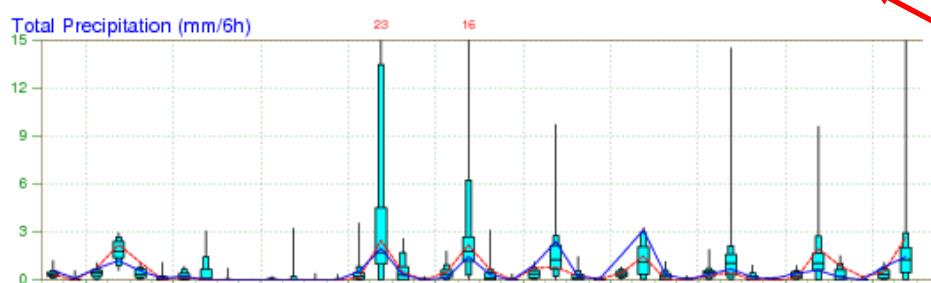
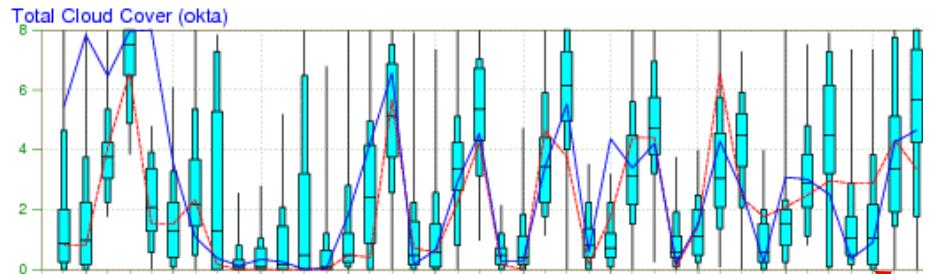
3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Dispersion
Spread

- Les EPSgrams utilisent la dispersion
- EPSgrams use spread*

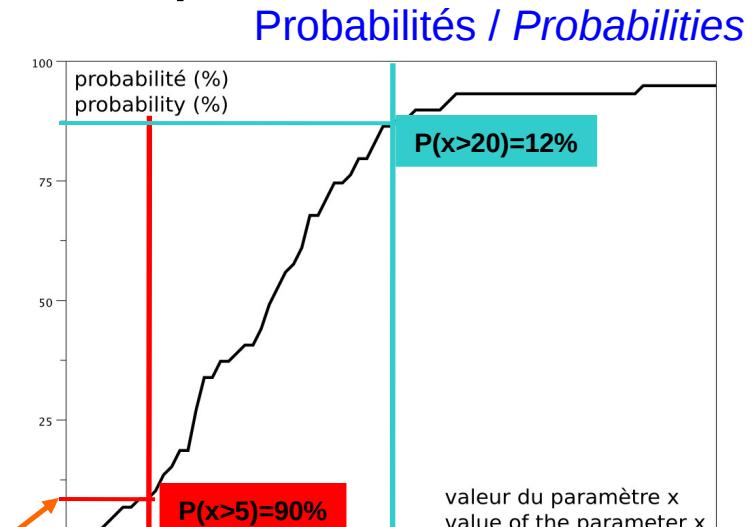
EPS Metogram
Moroni 11.66°S 43.31°E (EPS land point) 35 m
Deterministic Forecast and EPS Distribution Tuesday 2 November 2010 12 UTC



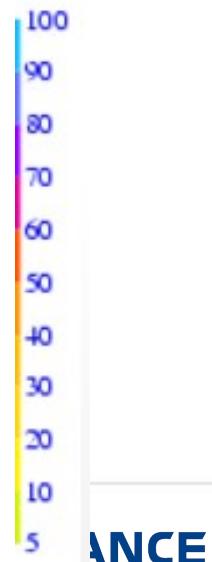
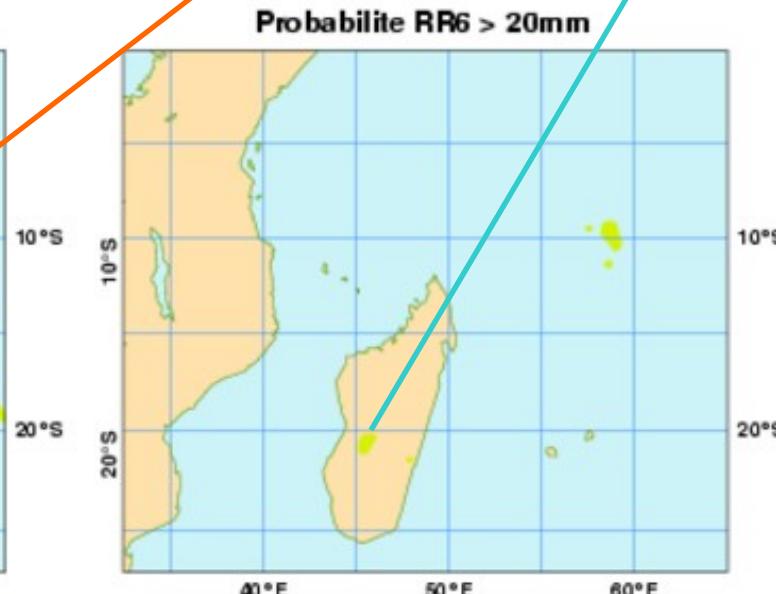
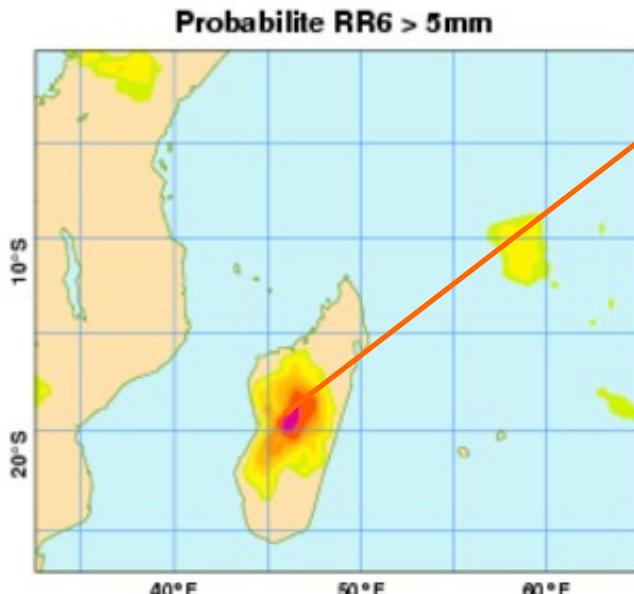
3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

- Probabilité de dépassement de seuil en un point
- *Probability of value above a threshold at a point*



EPS du 02/11/2010 0h, échéance 42h, valide le 03/11/2010 18h



3. Les produits d'une prévision d'ensemble *The outputs of an ensemble prediction*

Probabilités / Probabilities

- Quantiles en un point

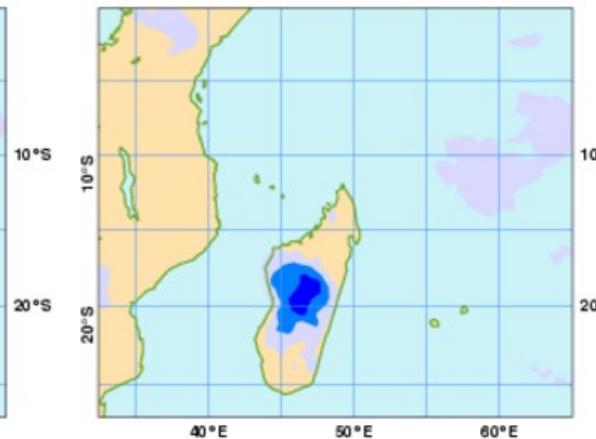
- Quantiles at a point*

EPS du 02/11/2010 0h, échéance 42h, valide le 03/11/2010 18h

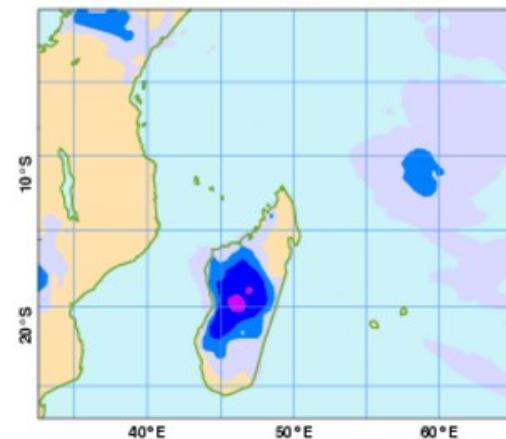
Quantile 25 - RR6 - unités : mm



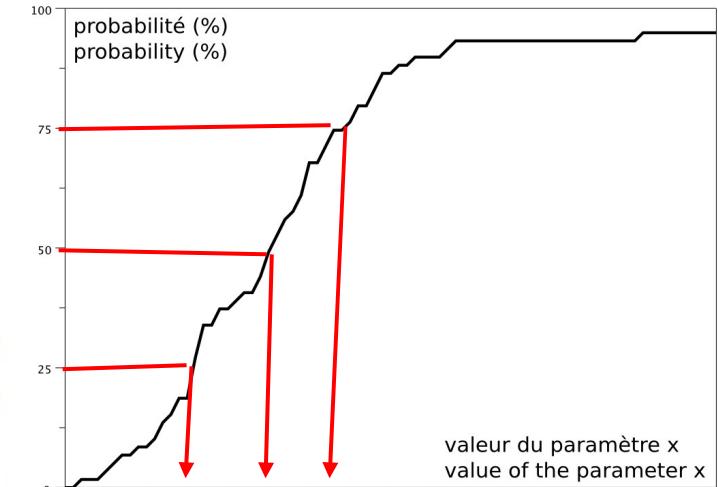
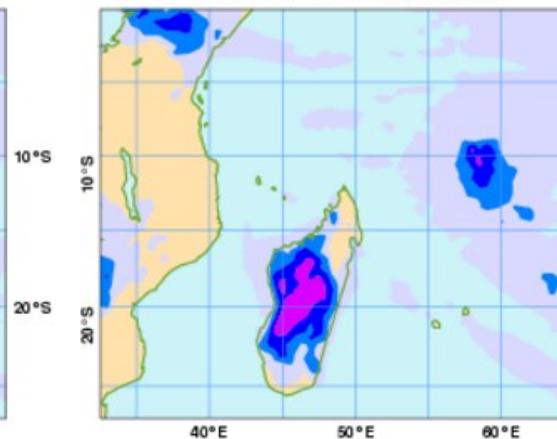
Quantile 50 - RR6 - unités : mm



Quantile 75 - RR6 - unités : mm



Quantile 90 - RR6 - unités : mm



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

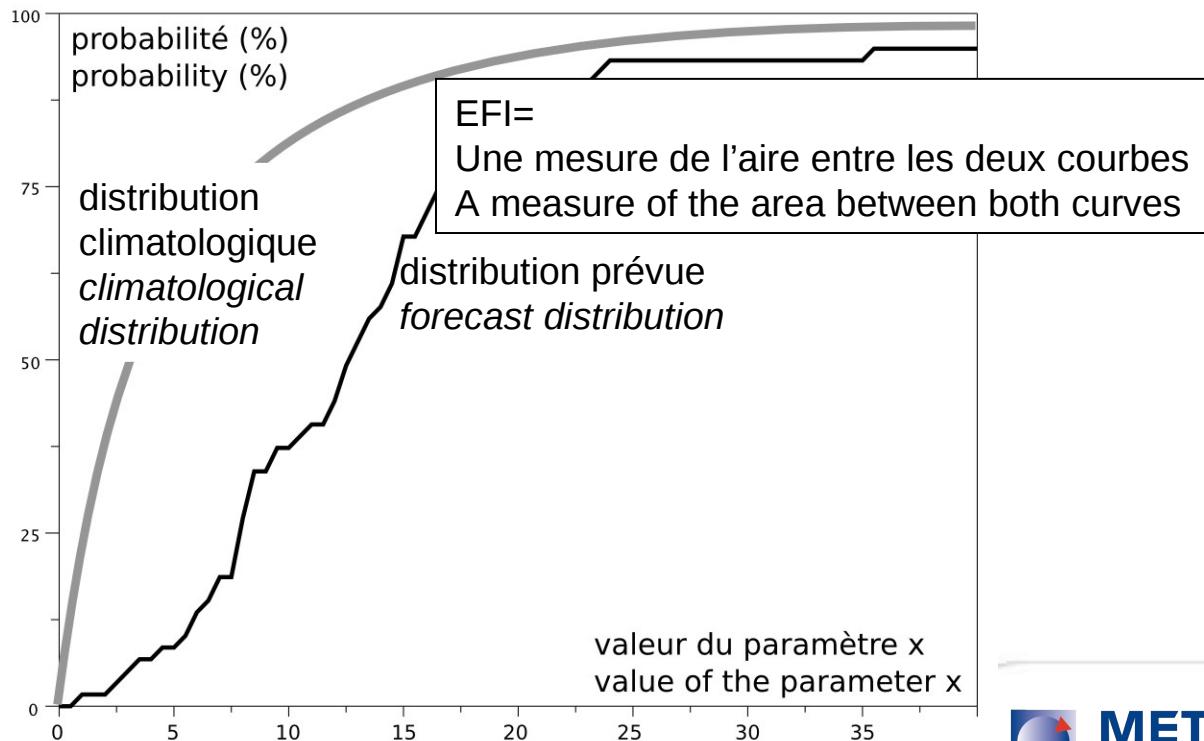
Probabilités / Probabilities

■ Extreme Forecast Index (EFI)

- Objectif: prévoir les événements extrêmes (vent, précipitations), par rapport à la climatologie du modèle
- Indique si le modèle prévoit des valeurs inhabituelles

■ Extreme Forecast Index (EFI)

- Aim: forecasting the extreme events (wind, precipitations), taking into account the model climatology
- Indicates whether the model predicts unusual values



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

3. Les produits d'une prévision d'ensemble

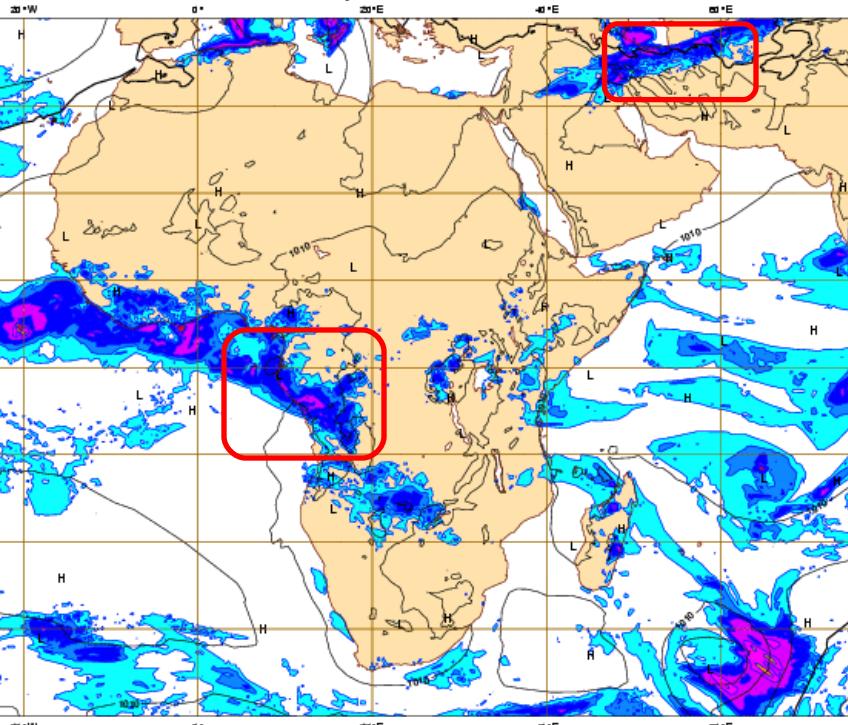
The outputs of an ensemble prediction

Probabilités / Probabilities

Extreme Forecast Index (EFI)

- Objectif: prévoir les événements extrêmes (vent, précipitations), par rapport à la climatologie du modèle
- Indique si le modèle prévoit des valeurs inhabituelles

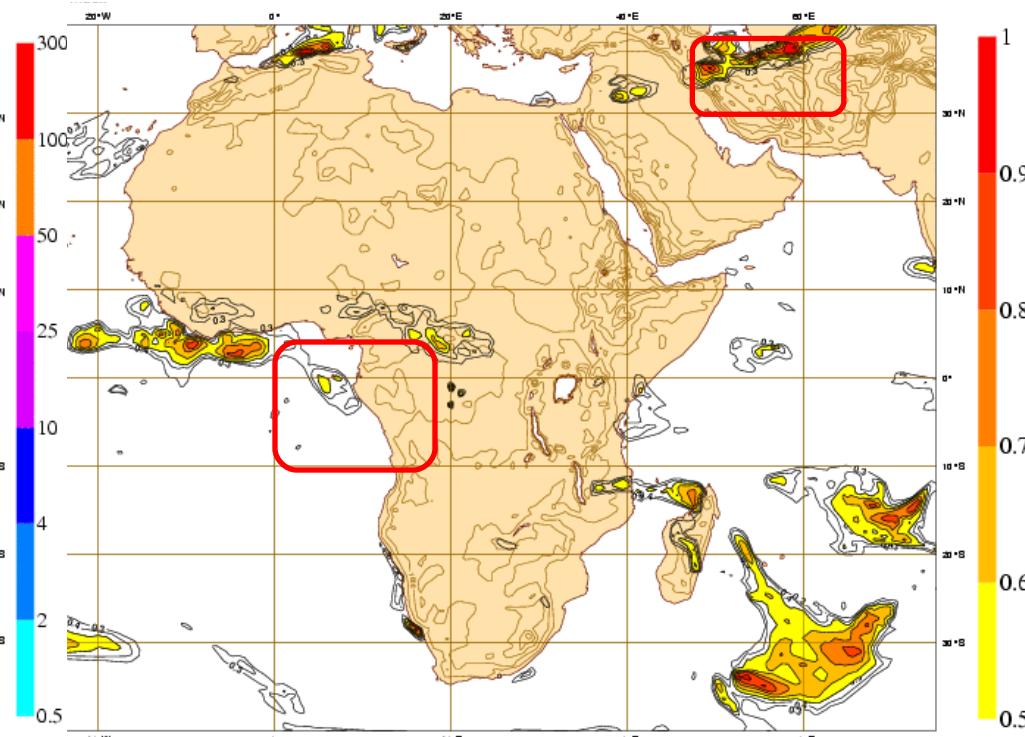
Precipitations 24h



Extreme Forecast Index (EFI)

- Aim: forecasting the extreme events (wind, precipitations), taking into account the model climatology*
- Indicates whether the model predicts unusual values*

EFI Précipitations 24h

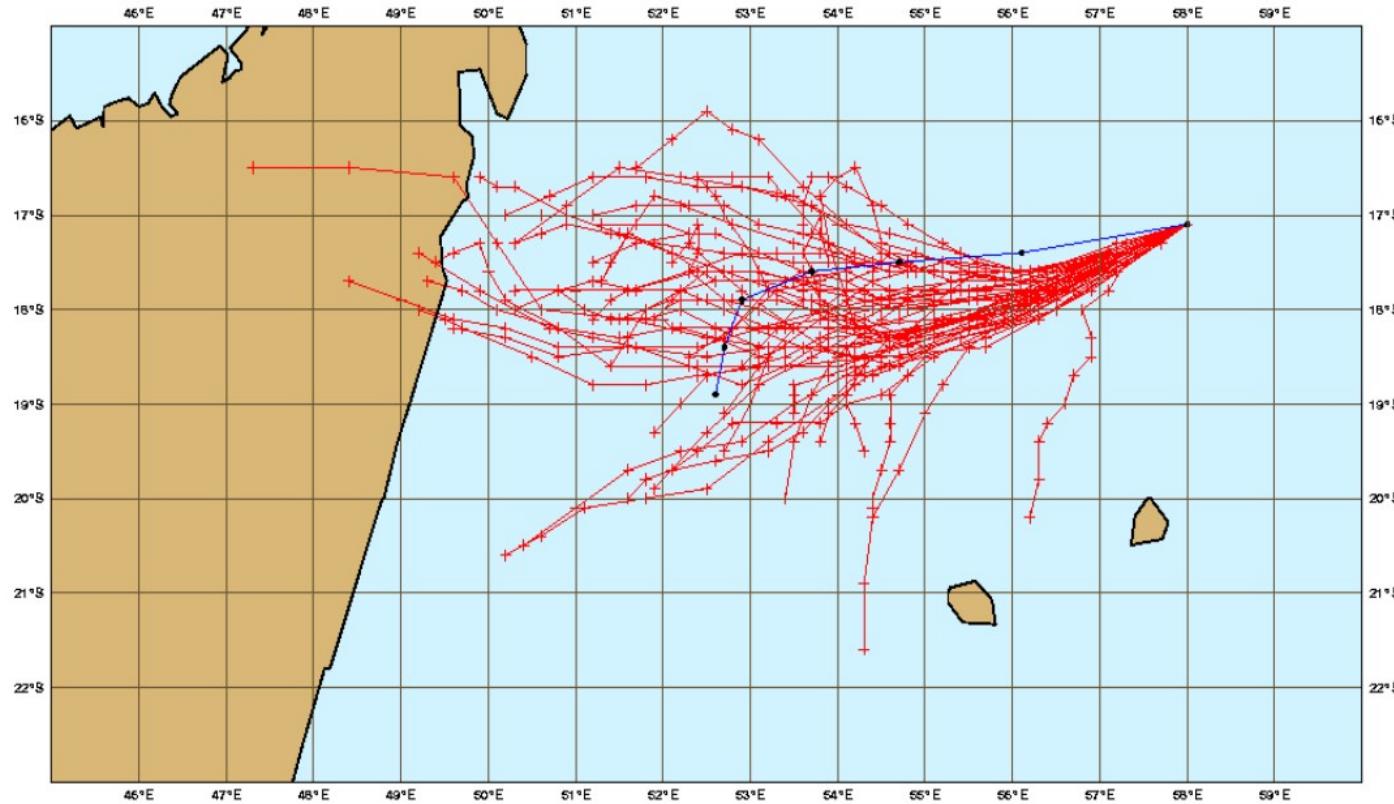


3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Produits cyclone
Cyclone products

- Trajectoires du cyclone prévues par les membres
- *Trajectories of the cyclone forecasted by the members*

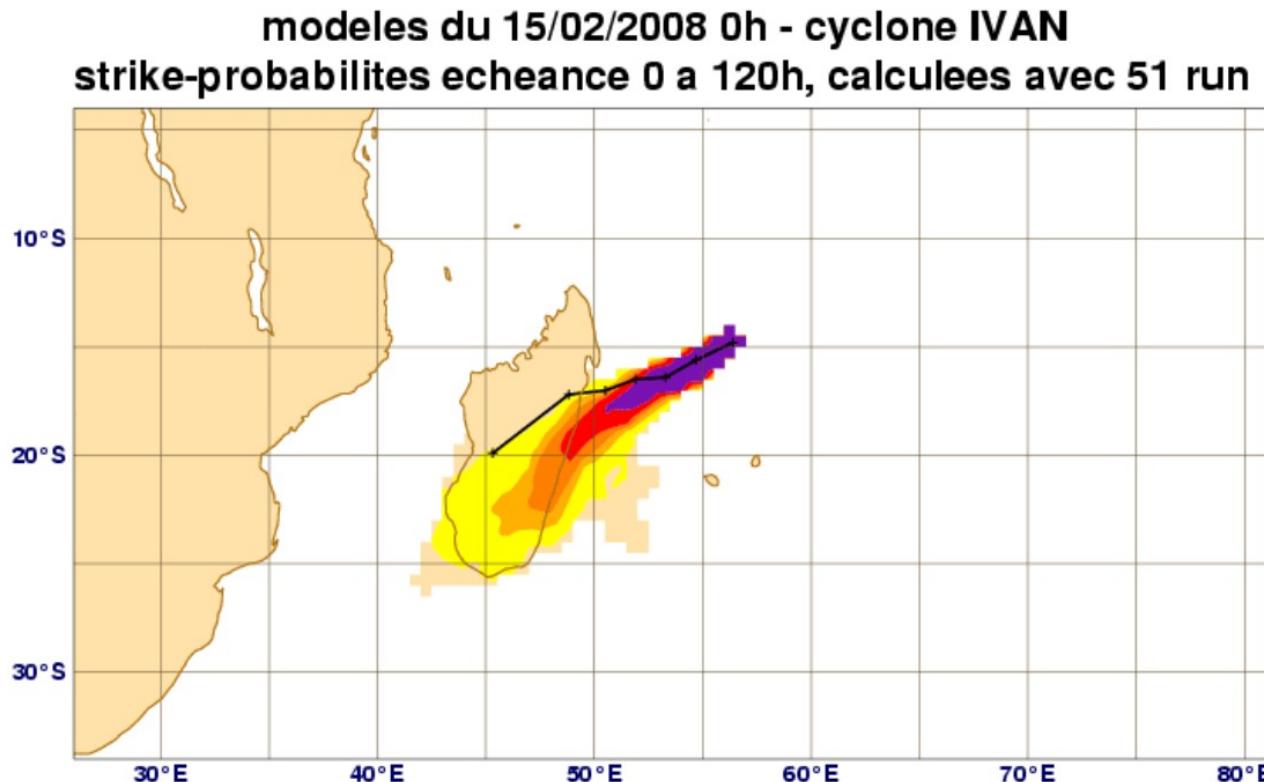


3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Produits cyclone
Cyclone products

- Strike probabilités : probabilité qu'un cyclone tropical passe dans un rayon de 120 km dans les prochaines 120 h.
- *Strike probabilities : probability that a tropical cyclone will pass within a 120km radius during the next 120h.*

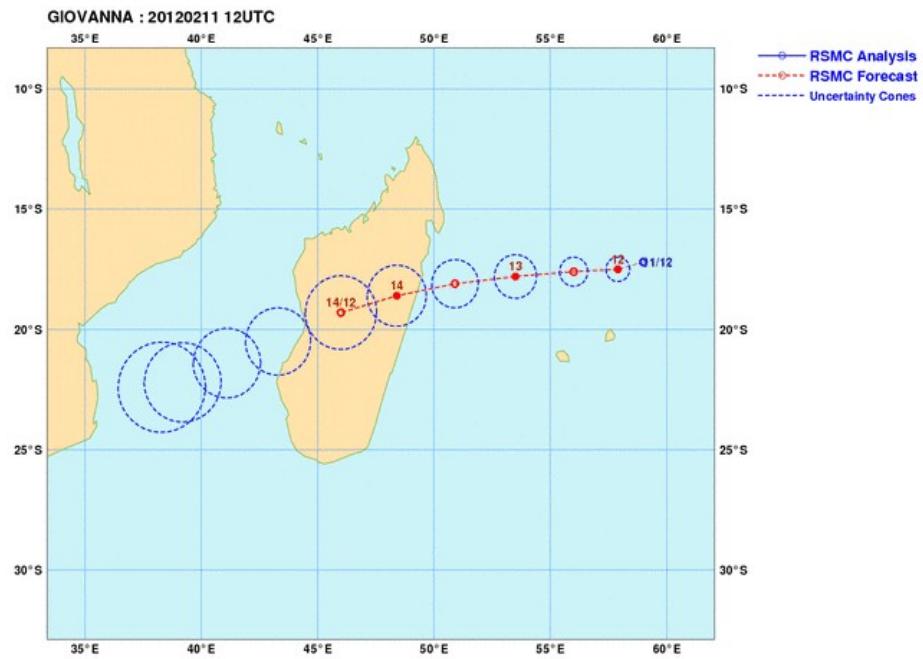
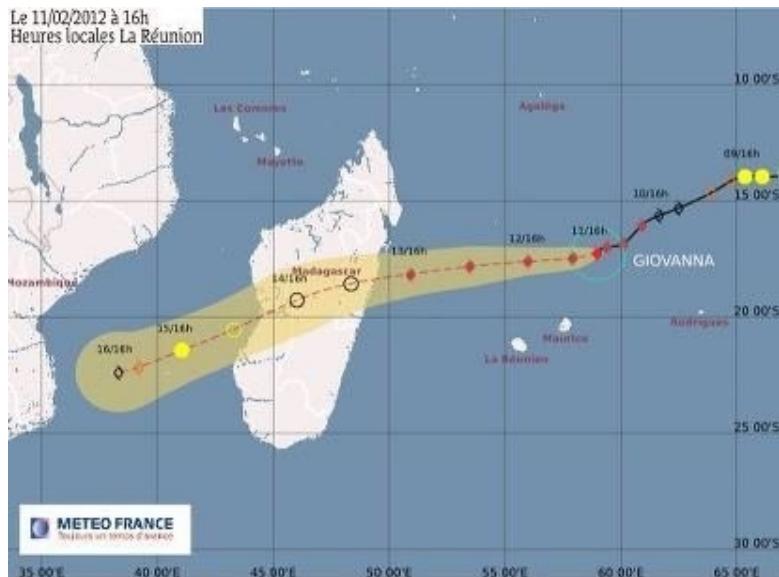


3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Produits cyclone
Cyclone products

- Cone d'incertitude de la prévision de trajectoire du CMRS
- *Uncertainty cone of the RSMC*



Site internet public du CMRS de la Réunion
Public Website of RSMC La réunion

Site internet SWFDP (accès restreint)
Southern Africa SWFDP Website
(Restricted Acces)

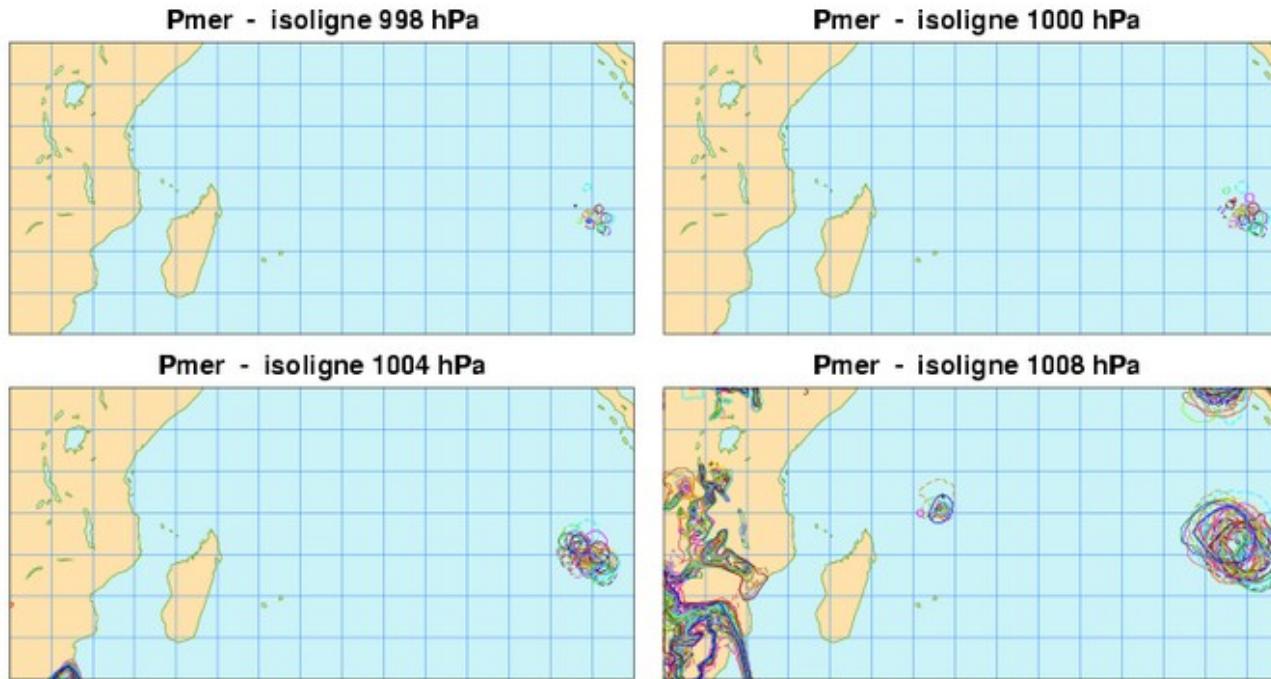
3. Les produits d'une prévision d'ensemble

The outputs of an ensemble prediction

Produits cyclone
Cyclone products

- Spaghettis Pmer pour la détection de la cyclogenèse
- MSLP spaghetti for the detection of cyclogenesis

EPS du 02/11/2010 12h, échéance 36h, valide le 04/11/2010 00h



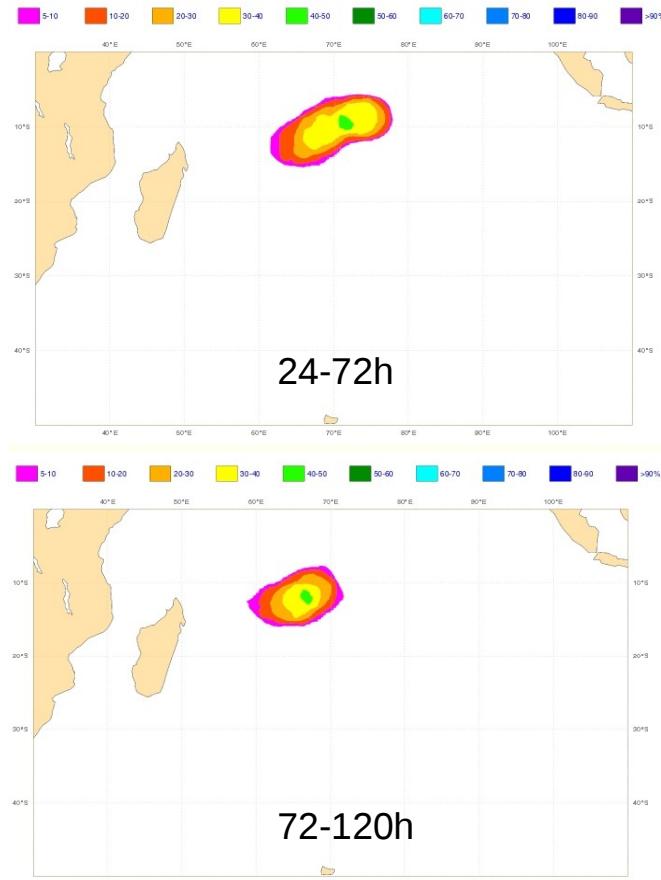
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

3. Les produits d'une prévision d'ensemble

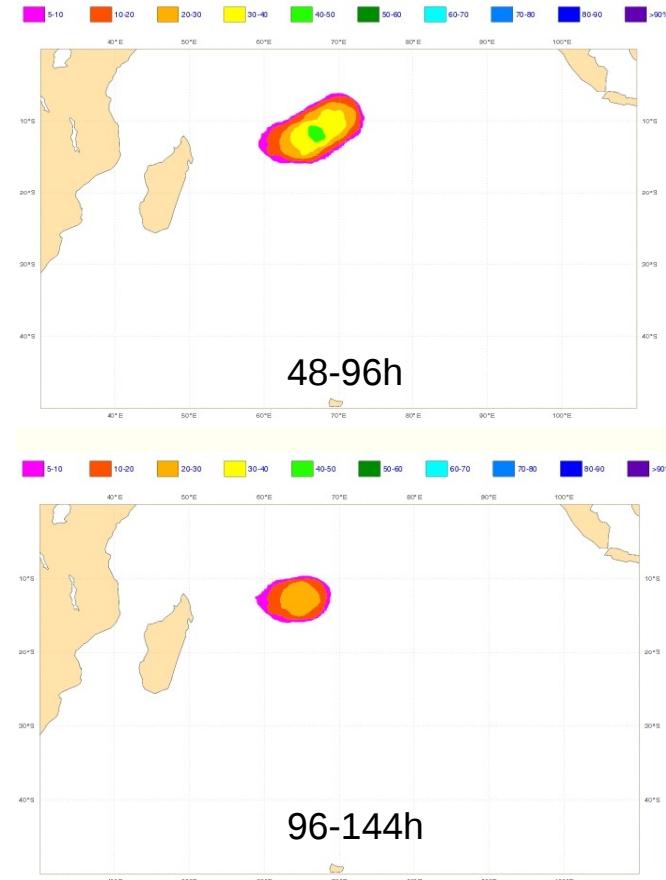
The outputs of an ensemble prediction

Produits cyclone
Cyclone products

- Strike probabilités pour la détection de la cyclogenèse



- Strike probabilities for the detection of cyclogenesis*



Plan

1. Principes généraux
2. Les ingrédients d'une prévision d'ensemble
3. Les produits d'une prévision d'ensemble
4. Evaluation des prévisions
 - Comment vérifier une prévision d'ensemble?
 - Paramètres de qualité
 - Scores
5. Conclusion

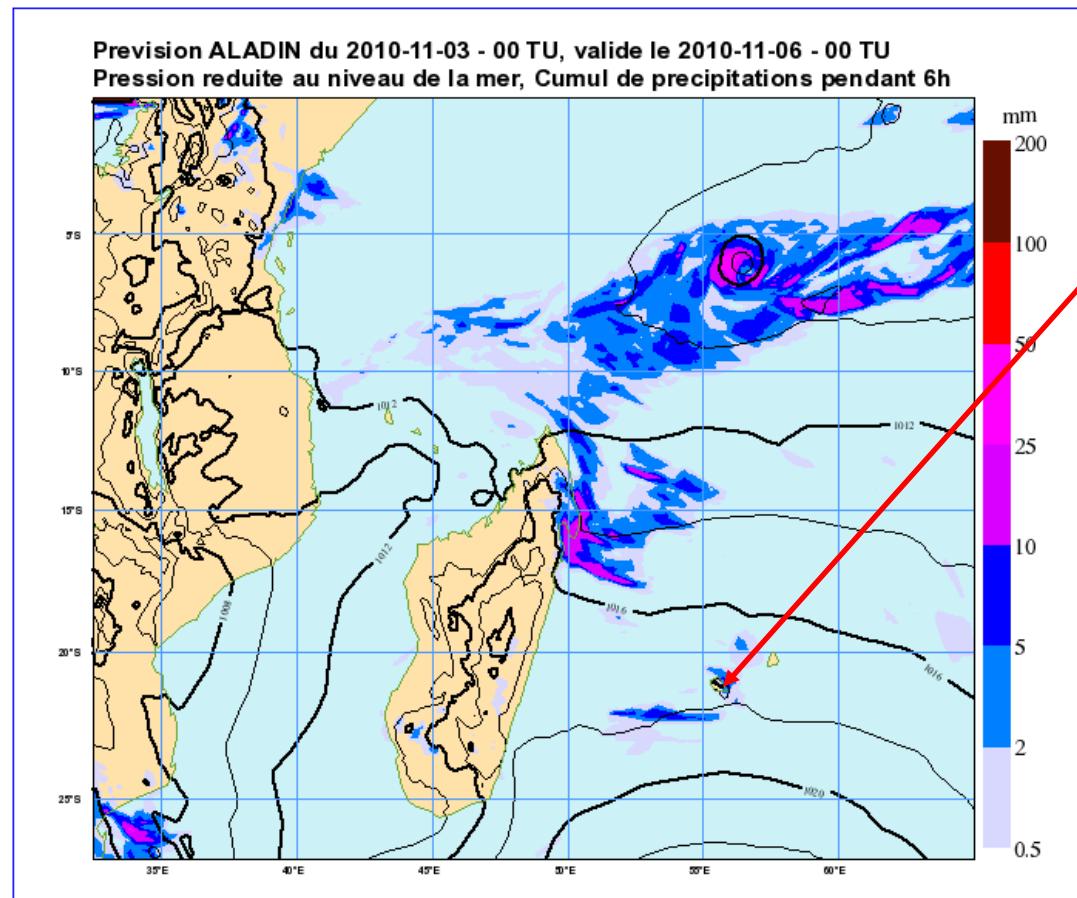
1. *General principles*
2. *The ingredients of an ensemble prediction*
3. *The outputs of an ensemble prediction*
4. *Evaluation of the forecasts*
 - *How to verify ensemble prediction?*
 - *Quality parameters*
 - *Scores*
5. *Conclusion*



4. Evaluation des prévisions

Evaluation of the forecasts

- Une prévision déterministe peut être comparée à une observation
- A deterministic forecast may be compared to an observation



Exemple :
prévision 8mm/6h
peut être comparée à l'observation

Example:
Forecast 8mm/6h
may be compared to the observation



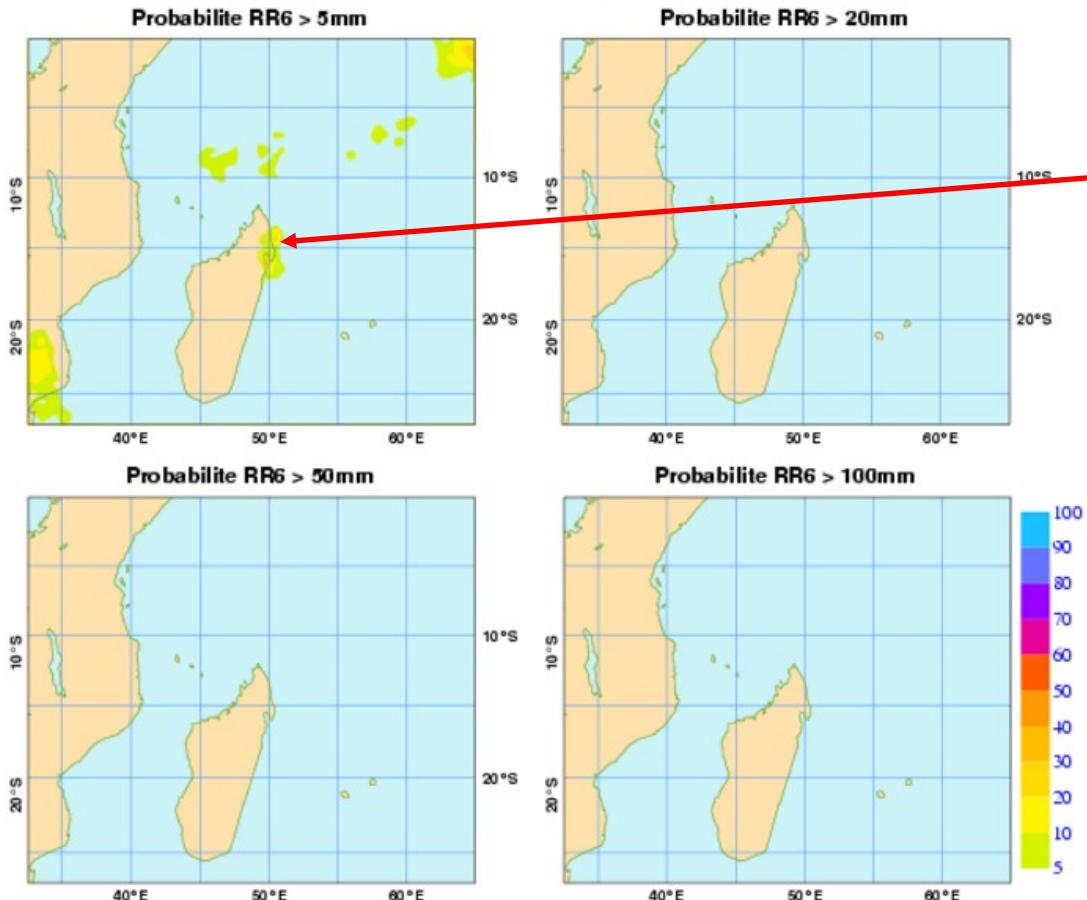
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

4. Evaluation des prévisions

Evaluation of the forecasts

- Comment vérifier et évaluer une prévision d'ensemble ?
- How to verify and evaluate an ensemble forecast?*

EPS du 02/11/2010 12h, échéance 84h, valide le 06/11/2010 00h



La probabilité qu'il pleuve au moins 5mm pendant 6h est de 20%.
S'il pleut effectivement, la prévision est-elle bonne ?
S'il ne pleut pas, la prévision est-elle bonne ?

The probability that rain is over 5mm for 6h is 20%.

*If it actually rains, is it a good forecast?
If it does not rain, is it a good forecast?*



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

4. Evaluation des prévisions

Evaluation of the forecasts

- Comment vérifier et évaluer une prévision d'ensemble ?
- How to verify and evaluate an ensemble forecast?*

EPS du 02/11/2010 12h, échéance 84h, valide le 06/11/2010 00h

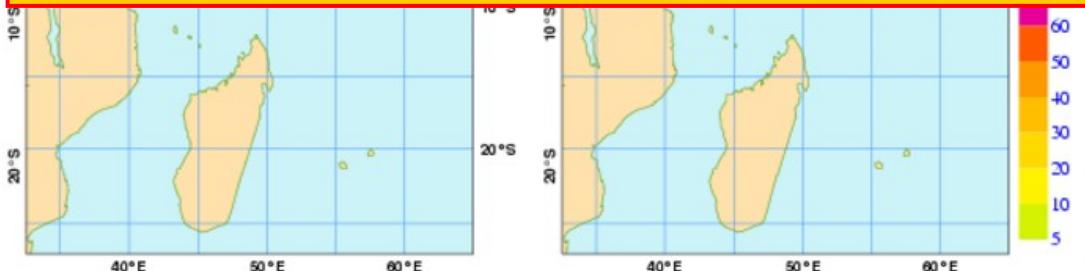
Probabilité RR6 > 5mm

Probabilité RR6 > 20mm



On ne peut pas comparer une probabilité prévue à une valeur observée → on ne peut pas mesurer la qualité d'une prévision d'ensemble sur un cas !

It is not possible to compare a predicted probability with an observed value → the quality of a single ensemble forecast cannot be assessed !



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

4. Evaluation des prévisions

Evaluation of the forecasts

Paramètres de qualité
Quality parameters

- Evaluation de la qualité globale du modèle et non en lien avec une prévision
- Besoin de grands échantillons pour avoir des scores significatifs
- Paramètres de qualité = scores
 - Fiabilité
 - Résolution
 - Score de Brier
 - Courbe ROC
- *Assessment of the overall quality of the model and not specific to a forecast*
- *Need large samples to have significant scores*
- *Quality parameters = scores*
 - *Reliability*
 - *Resolution*
 - *Brier Score*
 - *ROC plot*



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

4. Evaluation des prévisions

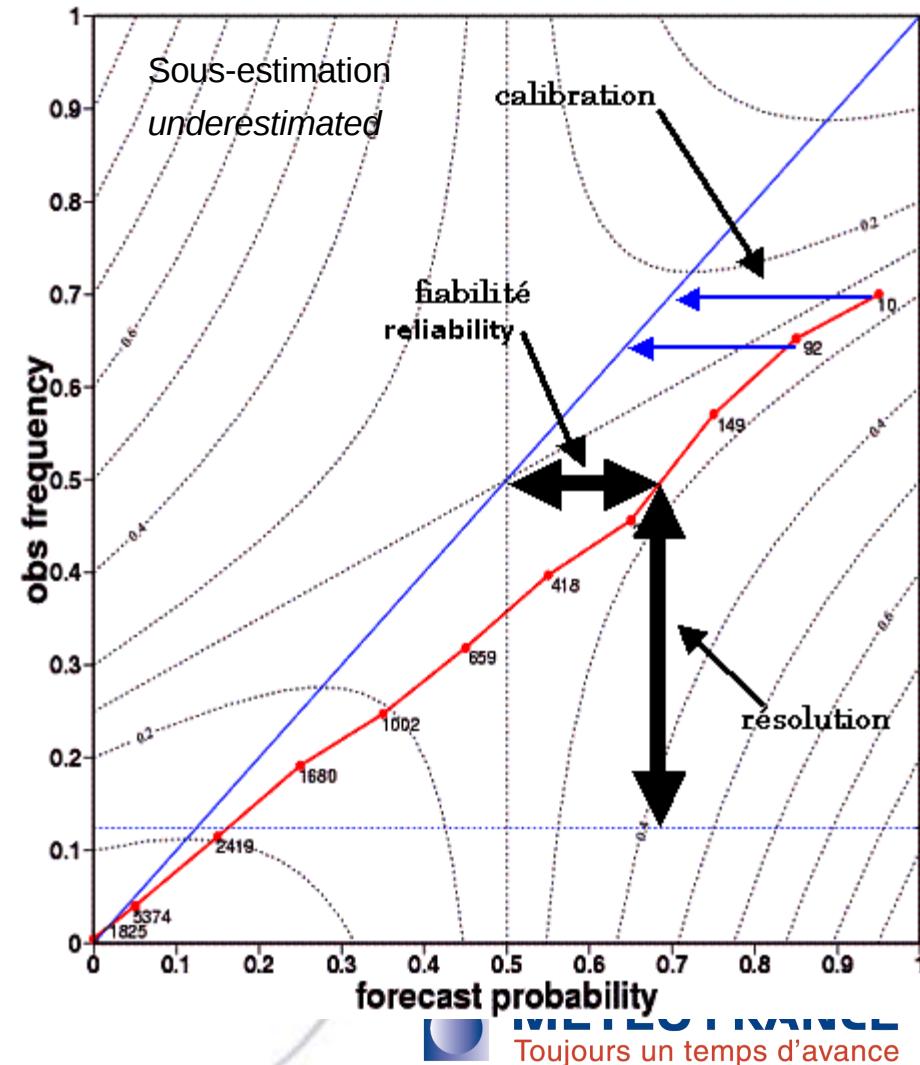
Evaluation of the forecasts

- Fiabilité : accord entre probabilités prévues et fréquences observées
- Plus la fiabilité a une valeur petite, mieux c'est
- La fiabilité peut être améliorée en **calibrant** le système.

$$\text{fiabilité / reliability} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i (p_i - o_i)^2$$

- *Reliability : agreement between predicted probabilities and observed frequencies*
- *The smaller the reliability is, the better it is.*
- *The reliability may be improved by calibrating the system*

Paramètres de qualité
Quality parameters



4. Evaluation des prévisions

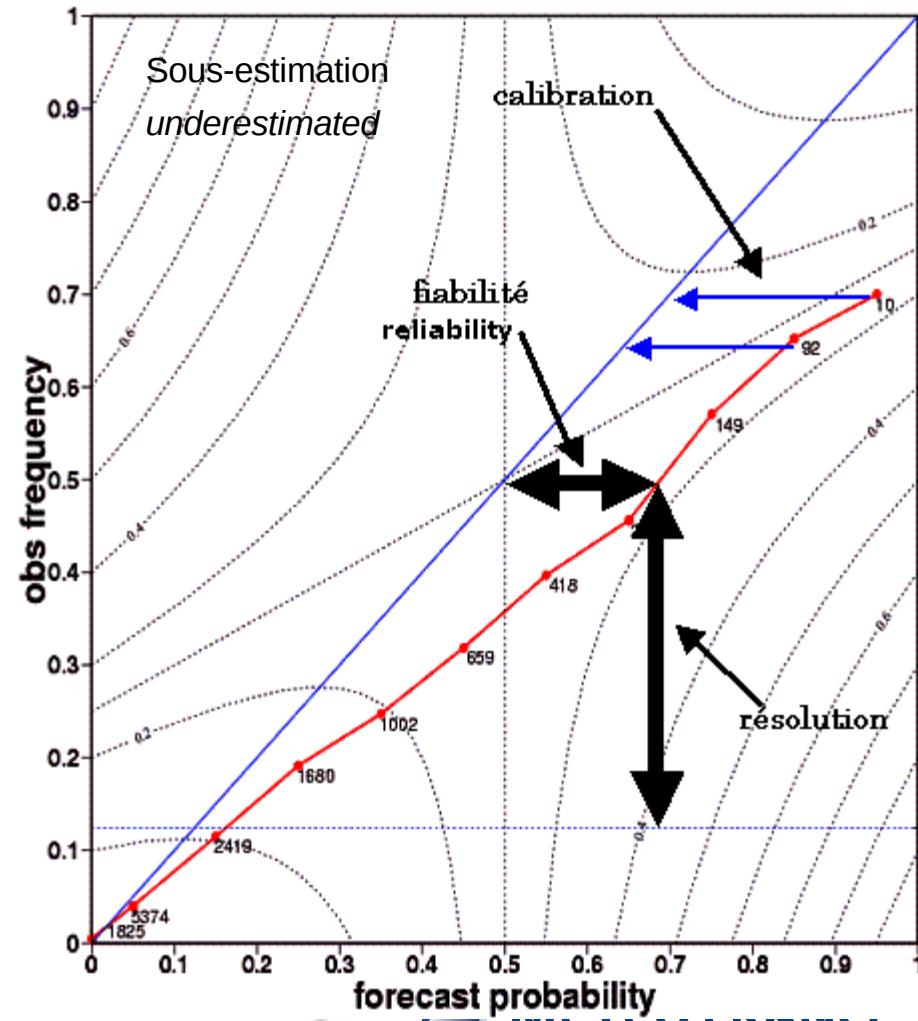
Evaluation of the forecasts

- Résolution : capacité à discriminer les situations ayant des probabilités d'occurrence du phénomène étudié différentes
- Plus la résolution a une grande valeur, mieux c'est → être loin de l'observation moyenne « c »

$$resolution = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i (o_i - c)^2$$

- Resolution : ability to discriminate situations with different probabilities of occurrence*
- The bigger the resolution is, the better it is → furthest of the mean value « c »*

Paramètres de qualité
Quality parameters



4. Evaluation des prévisions

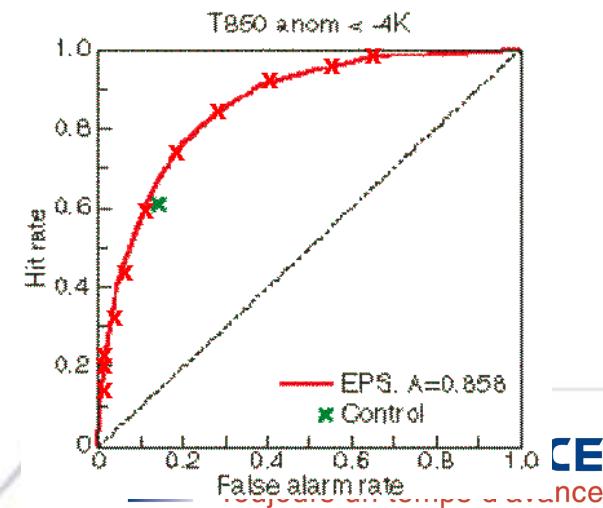
Evaluation of the forecasts

$$\text{Brier score} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2$$

Scores
Scores

- Fiabilité sans pondération
- Plus le score a une petite valeur, mieux c'est
- Courbe ROC (Caractéristiques relatives de fonctionnement) à partir de plusieurs seuils pour
 - Taux de fausses alarmes : $b/(b+d)$
 - Taux de réussite : $a/(a+c)$
- No-weighted *Fiability*
- *The smaller the brier score is, the better it is*
- ROC plot (Relative Operating Characteric) using different thresholds for
 - False alarm rate : $b/(b+d)$
 - Hit rate : $a/(a+c)$

Seuil = n%	Observé / observed	Non observé / Not observed
Prévu / Forecasted	a	b
Non prévu / Not forecasted	c	d



Conclusion

- Malgré les progrès continus de la prévision numérique et humaine, il existe une **limite indépassable** à la prévisibilité de l'atmosphère ; il est utile de prévoir l'incertitude de la prévision.
- La prévision d'ensemble est une technique assez récente (~15 ans), pour laquelle des recherches actives sont toujours en cours :
 - Comment calculer les perturbations initiales ?
 - Quelles techniques de perturbation du modèle ?
- *Despite the continuous improvements of the numerical and human prediction, there is an **impassable limit** to the atmospheric predictability ; it is useful to forecast the uncertainty of the forecast.*
- *Ensemble prediction is a quite recent technique (~15 years old), for which active research is still going on :*
 - *How to compute the initial perturbations?*
 - *What techniques for perturbing the model?*



Conclusion

- Les résultats de la prévision d'ensemble peuvent prendre plusieurs formes : dispersion, probabilités, EFI,...
- Des produits spécifiques pour les cyclones permettent de caractériser l'incertitude de la prévision de trajectoire et de la cyclogenèse.
- L'évaluation des prévisions d'ensemble nécessite d'appliquer des outils statistiques à un échantillon suffisamment grand.
- *The results from ensemble prediction may take several forms: spread, probabilities, EFI,...*
- *Some specific products for tropical cyclones allow to characterize the uncertainty of track forecast and of cyclogenesis.*
- *The evaluation of ensemble forecasts requires to apply some statistical tools to a sufficiently large sample.*



Conclusion

- La prévision d'ensemble est une aide supplémentaire permettant d'évaluer l'incertitude et quantifier les risques de phénomènes dangereux
 - Base pour les prévisions mensuelles, saisonnières et climatiques
 - Utilisation pour la prévision d'ensemble de vagues
- *Ensemble prediction is an additional help to evaluate uncertainties and quantify risks of hazards*
 - *basis of monthly, seasonal and climate predictions*
 - *Used for ensemble prediction of wave models*





METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance