

Elaboration des prévisions météorologiques  
*Focus sur l'incertitude des prévisions et les  
prévisions d'ensemble*

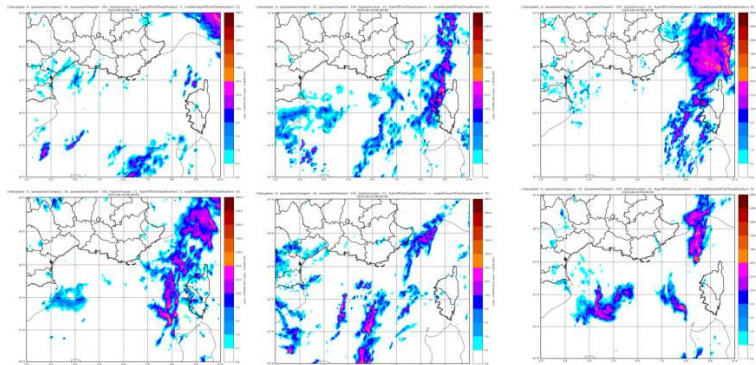
Laure RAYNAUD

Météo-France, Centre National de Recherches Météorologiques

Forum Météo et Viticulture, Cognac, 21 Janvier 2025



# L'incertitude des prévisions au quotidien



▷ 6 prévisions de précipitations, valides au même instant instant :  
*grande incertitude sur la localisation des fortes pluies en Méditerranée à courte échéance.*

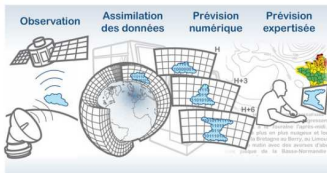
# Estimer et communiquer l'incertitude

- Les prévisions météorologiques ont beaucoup progressé, mais elles restent **imparfaites** et **incertaines**
- Le caractère incertain est désormais affiché : on communique une **confiance** (bonne ou limitée) dans les prévisions qu'on annonce, ou bien on présente **plusieurs scénarios possibles**
- D'où vient cette incertitude, est-il possible de la contrôler, ou à défaut de l'estimer ?
- Comment communiquer cette incertitude, quelle information en tirer pour la **prise de décision** ?

# 1 - Le processus de prévision

Elaborer une prévision météo c'est :

- **Connaître le temps qu'il fait aujourd'hui**, en exploitant les observations, *in-situ* et satellitaires  
⇒ **Etat initial**
- **Connaître les lois d'évolution de l'atmosphère** : un peu de maths/physique/informatique  
⇒ **Le modèle de prévision**



- **Une chaîne de valeur complexe** : transformer une prévision en prise de décision pertinente



⇒ Chacune de ces étapes est associée à des incertitudes.

# Les sources d'incertitude

- Les principales sources d'incertitude dans le calcul des prévisions
  - **l'état initial** : il est impossible de le connaître précisément en chaque point du globe et de l'atmosphère terrestre
  - **le modèle** : représentation approximative du comportement de l'atmosphère
  - **les couplages à d'autres modèles** (atmosphérique et autres compartiments du système Terre)
- **Les conditions pour une prévision parfaite n'existent pas !**

# 1 - Limites de la prévision déterministe

## Horizon de prévisibilité

- ▷ L'atmosphère est un système **chaotique**
- ▷ Des prévisions initialement voisines divergent au bout d'un certain temps, appelé **horizon de prévisibilité**
- ▷ Il dépend notamment de l'échelle du phénomène auquel on s'intéresse
- ▷ Exemples : dépression 2-3 jours, orages quelques heures

# 1 - Limites de la prévision déterministe

## Horizon de prévisibilité

- ▷ L'atmosphère est un système **chaotique**
- ▷ Des prévisions initialement voisines divergent au bout d'un certain temps, appelé **horizon de prévisibilité**
- ▷ Il dépend notamment de l'échelle du phénomène auquel on s'intéresse
- ▷ Exemples : dépression 2-3 jours, orages quelques heures

## Toute prévision au-delà de cet horizon est-elle illusoire ?

- ▷ Au-delà de cet horizon de prévisibilité la prévision météorologique n'a de sens que si l'on considère l'incertitude qui lui est associée
- ▷ L'incertitude est donc une information à part entière qu'il convient d'estimer
- ▷ Pour cela une **approche probabiliste** devient nécessaire.

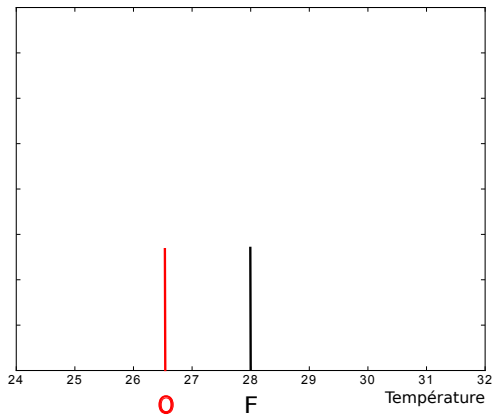
# Plan

- 1 Les prévisions du temps et leurs incertitudes
- 2 L'approche probabiliste de la prévision du temps**
- 3 La prévision d'ensemble à Météo-France



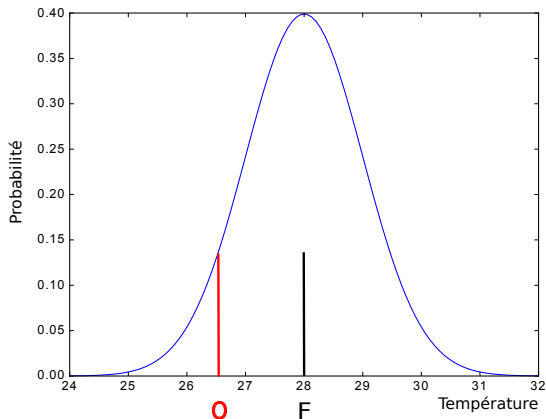
## 2 - Prédiction probabiliste

▷ La prédiction **déterministe** fournit l'état le plus probable de l'atmosphère



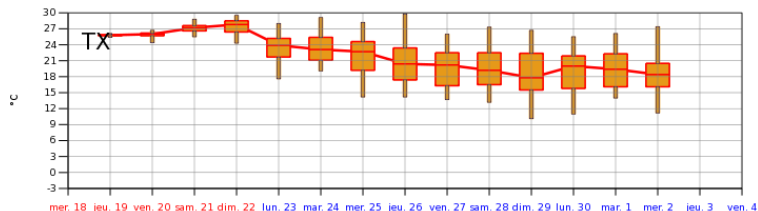
## 2 - Prédiction probabiliste

- ▷ La prédiction **déterministe** fournit l'état le plus probable de l'atmosphère
- ▷ La prédiction **probabiliste** fournit la distribution de probabilité de l'état de l'atmosphère, i.e., *les probabilités d'occurrence des différentes valeurs possibles d'une variable.*



## 2 - Prédiction probabiliste

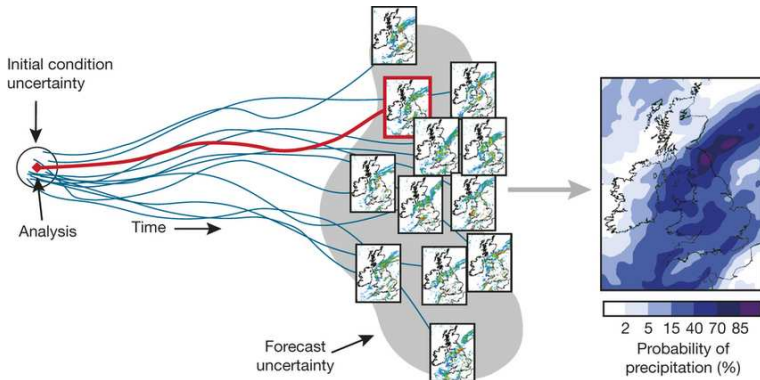
- ▷ La prédiction **déterministe** fournit l'état le plus probable de l'atmosphère
- ▷ La prédiction **probabiliste** fournit la distribution de probabilité de l'état de l'atmosphère, i.e., *les probabilités d'occurrence des différentes valeurs possibles d'une variable.*



## 2 - La prévision d'ensemble

### Comment obtenir une prévision probabiliste ?

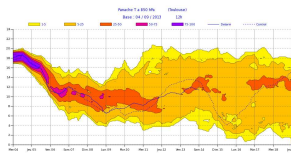
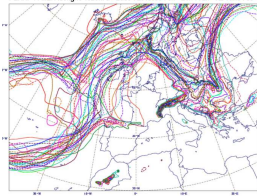
- ▷ Le modèle est lancé plusieurs fois, à partir d'états initiaux légèrement différents et, éventuellement, de configurations modèle légèrement différentes
- ▷ On ne fait plus une prévision mais **un ensemble de prévisions** (en pratique entre 10 et 50).



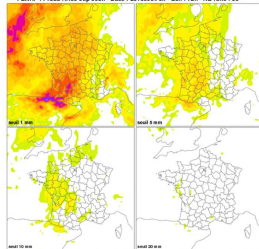
## 2 - La prévision d'ensemble en pratique

- ▷ Utiliser une prévision d'ensemble c'est :
  - Proposer de vrais scénarii alternatifs
  - Avoir une quantification de l'incertitude des prévisions  
⇒ indice de confiance
  - Avoir une quantification du risque de survenue d'un évènement météorologique donné (probabilités)
  - Mieux anticiper les phénomènes intenses

PEARP : PMER Isoligne 1020hPa - Base : 20130904 6h - Ech : 72h - NB runs : 35



PEARP : Probe PR06 sup seuil - Base : 20130904 6h - Ech : 72h - NB runs : 35

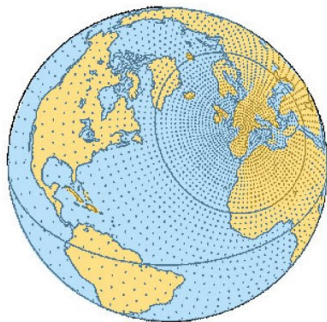


- 1 Les prévisions du temps et leurs incertitudes
- 2 L'approche probabiliste de la prévision du temps
- 3 La prévision d'ensemble à Météo-France**

## 3 - Prévision d'ensemble globale

### ▷ **Prévision d'ensemble globale (Arpège)**

- 35 prévisions
- 4 fois/jour, jusqu'à 4,5 jours d'échéance
- Résolution horizontale (variable) :  $\approx 5\text{km}$  sur la France
- Incertitude initiale
- Incertitudes de modélisation

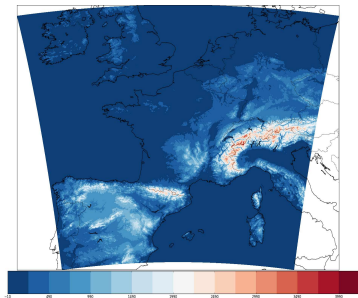


## 3 - Prédiction d'ensemble régionale

### ▷ Prédiction d'ensemble sur la France (Arome)

⇒ pour la très courte échéance et les phénomènes de fine échelle

- 25 prévisions
- 4 fois/jour, 51h d'échéance
- Résolution horizontale 1.3km
- Incertitude initiale
- Incertitude couplage latéral : perturbations de la PE globale
- Incertitude de modélisation
- Perturbations aléatoires de certains paramètres de surface



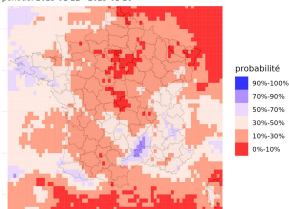


## 3 - Prédiction d'ensemble 'Européenne'

### ▷ Prédiction d'ensemble du Centre Européen (ECMWF)

- 51 prévisions
- 2 fois/jour, jusqu'à 15 jours d'échéance
- Résolution horizontale :  $\approx$  9km sur tout le globe
- Incertitude initiale
- Incertitudes de modélisation
- Utilisée par exemple pour alimenter le site <https://aleaplue.modelia.org/>

probabilité somme précipitation  $\geq$  30mm sur la semaine 2  
période: 2025-01-22 - 2025-01-28



source : ECMWF du 2025-01-14  
visualisation : Acta - Instituts techniques agricoles / Météo-France

# Conclusions

*“La prévision est un art difficile, surtout quand elle concerne l’avenir.”* Niels Bohr

- L’incertitude est un facteur inhérent au processus de prévision météorologique : l’amélioration des prévisions permet d’en réduire une petite partie mais une incertitude intrinsèque demeure.
- Une prévision n’est complète que lorsqu’elle est exprimée sous la forme d’une distribution de probabilité
- L’exploitation des prévisions d’ensemble est propre à chaque usager et peut conduire à de meilleures prises de décision que la prévision déterministe.